

Universidade Brasil
Campus de Fernandópolis

FERNANDO KENDY AOKI RIZZATTO

SISGALE – SISTEMA DE GERENCIAMENTO AGRÍCOLA DO LODO
DE ESGOTO

SISGALE – SEWAGE SLUDGE MANAGEMENT SYSTEM

Fernandópolis, SP
2016

FERNANDO KENDY AOKI RIZZATTO

SISGALE – SISTEMA DE GERENCIAMENTO AGRÍCOLA DO LODO DE ESGOTO

Orientador: Prof. Dr. Gabriel Maurício Peruca de Melo

Coorientador: Prof. Dr. Wanderley José de Melo

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais

Fernandópolis, SP

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Rizzatto, Fernando Kendy Aoki

R534s SISGALE – Sistema de gerenciamento agrícola do lodo de esgoto / Fernando Kendy Aoki Rizzatto. -- Fernadópolis, 2016

64f. : il. ; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof^o Dr. Gabriel Maurício Peruca de Melo

Coorientador: Prof^o Dr. Wanderley José de Melo

1. Agricultura. 2. Resíduos. 3. Metais pesados. I. Título.

CDD 631.869

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respeetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

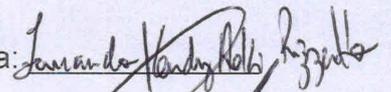
A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: **“SISGALE – SISTEMA DE GERENCIAMENTO AGRÍCOLA DO USO DO LODO DE ESGOTO”**

Autor(es):

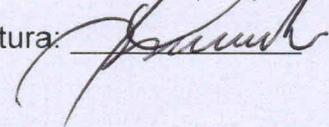
Discente: Fernando Kendy Aoky Rizzato

Assinatura:



Orientador: Gabriel Maurício Peruca de Melo

Assinatura:



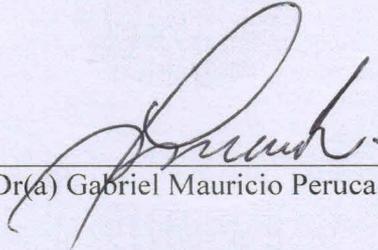
Data: 19/dezembro/2016

TERMO DE APROVAÇÃO

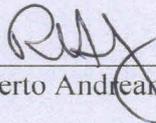
FERNANDO KENDY AOKY RIZZATTO

**SISGALE – SISTEMA DE GERENCIAMENTO AGRÍCOLA DO USO DO
LODO DE ESGOTO.**

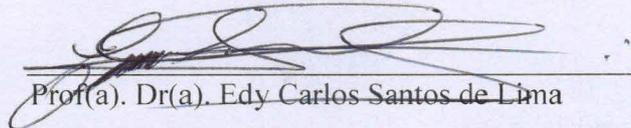
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:



Prof(a). Dr(a) Gabriel Mauricio Peruca de Melo (Presidente)



Prof(a). Dr(a). Roberto Andreani Junior



Prof(a). Dr(a). Edy Carlos Santos de Lima

São Paulo, 19 de dezembro de 2016.

Presidente da Banca Prof(a). Dr(a). Gabriel Mauricio Peruca de Melo

SISGALE – SISTEMA DE GERENCIAMENTO AGRÍCOLA DO LODO DE ESGOTO

RESUMO

Atualmente grande parte dos centros urbanos gera uma grande quantidade de resíduos denominados de lodo de esgoto (LE) durante o seu processo de tratamento de águas servidas. Em função da sua composição química e da sua origem, este resíduo pode ser utilizado na agricultura de forma segura substituindo parcial ou totalmente a fertilização química. Neste contexto, o CONAMA estabeleceu normativas descrevendo os critérios de manejo, uso e aplicação do LE para fins agrícolas, referenciado na Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. A resolução nº 375 é extremamente exigente com relação a composição química e biológica do LE, características edáficas e o tipo de cultura, sendo considerada mundialmente como uma das mais restritivas quando ao uso agrícola do LE, o que a torna segura. Como existe um grande número de variáveis a serem contempladas, o desenvolvimento de uma ferramenta computacional portátil pode trazer de imediato a possibilidade de garantir a correta aplicação do LE em solos agrícolas de forma a não descumprir a resolução do CONAMA. Assim, o *software* com base nas exigências do CONAMA, facilita os cálculos de aplicação de lodo de esgoto na agricultura. Conclui-se que a ferramenta obtém pontos positivos por ser uma ferramenta portátil, proporcionando agilidade nos cálculos com menor risco de ocorrência de erros e gera de forma agregadora uma forma de contribuir com o meio ambiente, descomplicando o grau de exigência da norma e suprimindo o conhecimento das diretivas durante os cálculos de dosagem do LE. Garante que nenhuma das exigências estabelecidas para uso agrícola do LE possa ser negligenciada.

Palavras-chave: agricultura, resíduos, metais pesados.

SISGALE – SEWAGE SLUDGE MANAGEMENT SYSTEM

ABSTRACT

Currently, most of the urban centers generate a large amount of waste called sewage sludge (LE) during its wastewater treatment process. Due to its chemical composition and origin, this residue can be safely used in agriculture by partially or totally replacing chemical fertilization. In this context, CONAMA established regulations describing the criteria for the management, use and application of LE for agricultural purposes, referenced in Resolution no. 375, of August 29, 2006. Resolution no. 375 is extremely demanding regarding the chemical and biological composition of the LE, edaphic characteristics and the type of crop, being considered worldwide as one of the most restrictive when using agricultural LE, which makes it safe. Due to the large number of variables to be contemplated, the development of a portable computational tool can immediately lead to the possibility of guaranteeing the correct application of LE in agricultural soils so as not to violate CONANA resolution. Thus, software based on CONAMA's requirements facilitates the calculation of the application of sewage sludge in agriculture. It is concluded that the tool obtains good points for being a portable tool, providing agility in the calculations with less risk of occurrence of errors and generates in an aggregating way a way to contribute with the environment, decomposing the degree of requirement of the norm and supplying the knowledge of the directives during LE dosing calculations. Ensures that none of the established LE agricultural requirements can be neglected

Keywords: agriculture, waste, heavy metals.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Geração total e per capita de resíduos sólidos urbanos no Brasil.....	15
Figura 2: RAFA (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente).....	20
Figura 3: Arquitetura do sistema operacional Android.....	34
Figura 4: Tela inicial para acesso ao sistema “Dosagem Lodo Esgoto”.....	35
Figura 5: Tela de cadastro de usuários para acesso ao sistema “Dosagem Lodo Esgoto”.....	36
Figura 6:Tela de menu do sistema para escolha de ações.	36
Figura 7: Tela de cadastro do agricultor.....	37
Figura 8:Tela de restrições locacionais e da aptidão do solo das áreas de aplicação.	40
Figura 9: Tela de Termo de Responsabilidade.....	40
Figura 10: Tela de Atribuição da Declividade – Características do Solo.	41
Figura 11: Tela de Nível de Elementos – Requisitos Mínimos de Qualidade do Lodo de Esgoto.	41
Figura 12: Tela de identificação do tipo de lodo de esgoto (A ou B).	42
Figura 13: Tela de cadastro de dosagens do sistema.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Utilização típica dos principais métodos de adensamento do lodo	21
Tabela2 - Composição química típica do lodo primário e estabilizado.....	23
Tabela 3- Cargas acumuladas teóricas permitidas de substâncias inorgânicas pela aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado (kg/ha).....	27
Tabela 4 - Tabela das restrições e da aptidão do solo das áreas aplicadas.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS

- ETA** – Estação de tratamento de água
- ETE** – Estação de tratamento de esgotos
- INPI** – Instituto Nacional de Propriedade Industrial
- IDE** – *Integrated development environment*
- LE** – Lodo de esgoto
- N** – Nitrogênio
- NH₃** – Amônia
- NO₂** – Dióxido de nitrogênio
- NO₃** – Redução de nitrato
- MOS** – Matéria orgânica no solo
- JSON** – JavaScript Object Notation
- pH** – Potencial hidrogeniônico
- RAFA** - Reator anaeróbico de fluxo ascendente e manta de lodo
- SISGALE** – Sistema de Gerenciamento Agrícola do Lodo de Esgoto
- SGBD** – Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
- TIC** – Tecnologias de Informação e Comunicação
- UASB** – Reator anaeróbico de fluxo ascendente e manta de lodo
- UGL** – Unidade de gerenciamento de lodo
- XML** – *eXtensible Markup Language*

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Objetivo Geral.....	14
1.2	Objetivo Específico.....	14
1.3	Justificativa.....	14
1.4	Tecnologia de informação no setor agrícola.....	15
2.	LODO DE ESGOTO.....	16
2.1	Aspectos físicos e químicos.....	17
2.2	Benefícios da substituição do adubo inorgânicos pelo LE na agricultura.....	18
2.3	Geração do lodo de esgoto.....	19
2.4	Adensamento do LE.....	20
2.5	Estabilização.....	22
2.6	Efeitos e viabilidade econômica e ambiental.....	23
2.7	Regulamentação do lodo de esgoto.....	24
2.7.1.	Resolução nº375 do CONAMA.....	24
	Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980.....	25
	Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004.....	25
2.8	Uso agrícola de lodo de esgoto.....	26
2.9	Culturas aplicáveis do LE.....	28
2.10	Responsabilidade de aplicação do LE.....	29
2.11	Destinação do LE.....	29
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
3.1	Android Studio.....	31
3.2	Java.....	31
3.3	XML.....	32
3.4	SQLite.....	33
3.5	Android.....	33
4.	SOFTWARE SISGALE.....	35
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

Anexo I - PEDIDO DE REGISTRO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR PROTOCOLADO	48
Anexo II – RESOLUÇÃO Nº375 DO CONAMA DE 2006.....	50

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande importador e exportador de alimentos, onde passou por um processo de avanços e conquistas. A crescente participação iniciou-se a cerca de 40 anos pela instituição Embrapa, sendo primordial para o desenvolvimento do setor. O autor define que deve ser aplicada melhoras nas pesquisas envolvendo a produção agrícola, melhorando a educação dos produtores, cooperativismo, assim explicando o que define a revolução agrícola brasileira (BOJANIC, 2015).

Segundo BASF Agro (2010), no período de 1976 a 2010, a área plantada de oleaginosas e grãos aumentou cerca de 27% e, no entanto, neste mesmo período a produção aumentou 213%, resultando em aumento de produtividade.

A agricultura é um dos setores produtivos com maior carência de ferramentas e aplicações computacionais e que possui grandes áreas que necessitam de maior atenção. As principais áreas são: Agricultura de Precisão, Bioinformática, Automação Agrícola e Sistemas de Informação. A Agricultura de Precisão agrega um conjunto de técnicas de utilizam sistemas de informação geográfica para obter melhora na produtividade agrícola. A Bioinformática é responsável por aplicar a tecnologia de informação em setores que envolvem a engenharia genética, buscando por novas ordenações de genes e descobrindo novos padrões. A Automação Agrícola envolve componentes eletrônicos e microprocessadores aplicados a equipamentos agrícolas. A área de Sistema de Informação agrupa conceitos que partem desde a aplicativos computacionais ou também denominado de softwares a gestão de informação envolvendo planilhas de cálculos (BARRIVIERA e CANTERI, 2008).

A aplicação do Lodo de Esgoto (LE) na agricultura como uma alternativa de adubação orgânica, deixa diversas dúvidas como os possíveis danos causados para com o ser humano e para com o meio ambiente.

De acordo com Barboza e Tavares (2006), o uso do LE como adubo orgânico na recuperação de solos degradados, torna-se uma alternativa para a disposição final deste resíduo sendo também recomendada sua aplicação como fertilizante e condicionador de solos, por ser rico em matéria orgânica e nutrientes. Os autores salientam a necessidade de aplicar o lodo de acordo com as normas estipuladas pelo órgão responsável, prevenindo assim possíveis contaminações.

Os benefícios resultantes da informatização no setor agrícola são frequentemente associados aos controles administrativos, a agilização dos sistemas de controle técnico, a rapidez do processamento da informação, proporcionando condições para maior racionalização das operações na propriedade e manejo das culturas, sendo, portanto, uma ferramenta de trabalho que pode gerar retornos importantes na melhoria da qualidade dos processos e de produtividade de atividades agrícolas.

1.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma ferramenta computacional (*software*) para calcular a dosagem de lodo de esgoto (LE) em culturas pré-estabelecidas pelas normativas ambientais vigentes.

1.2 Objetivo Específico

Garantir resultados com precisão e agilidade, gerenciar dosagens e limitar o uso do LE como mecanismo de adubação de acordo com os critérios estabelecidos pela Resolução nº 375 do CONAMA de 2006.

1.3 Justificativa

Com o crescente populacional urbano de forma desestruturada, a quantidade de material tratado pelas estações de tratamento de esgoto (ETE) cresce de forma

relativa e, da mesma forma, a quantidade de resíduos sólidos gerado pelo tratamento de águas, contribuindo de forma negativa para com o meio ambiente.

De acordo com a ABRELPE (2015), a população brasileira apresentou um crescimento de 0,8% entre 2014 e 2015 e a geração per capita de RSU cresceu no mesmo ritmo. A geração total, atingiu o equivalente a 218.874t/dia de RSU gerado no país, um crescimento de 1,7% em relação ao ano anterior, como demonstrado na figura 1.

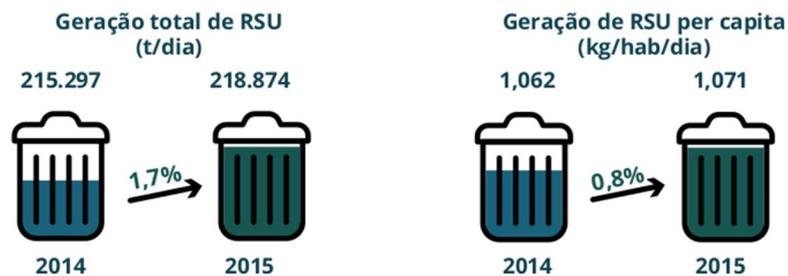


Figura 1: Geração total e per capita de resíduos sólidos urbanos no Brasil.

Fonte: ABRELPE, Panorama dos Resíduos Sólidos (2015)

Em pesquisa de registro de programas de computadores realizada no banco e dados do INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial, 2016), não há, até o presente momento, um software ou aplicação registrada para o cálculo da dosagem de lodo de esgoto para uso agrícola, favorecendo a busca por desenvolver uma ferramenta computacional que possa verificar as limitações impostas pela resolução nº375 do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

O não aproveitamento do lodo de esgoto e seu descarte em aterros causam: alto custo, que pode chegar a 50% do custo operacional de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) e a disposição de resíduos com elevada carga orgânica no aterro, agrava ainda mais o problema com o manejo do lixo urbano (BETTIOL e CAMARGO, 2006).

1.4 Tecnologia de informação no setor agrícola

De acordo com Viero e Silveira (2011), existe uma grande importância voltada a inclusão da tecnologia da informação no cotidiano urbano/rural, propondo a cidadania uma aproximação de recursos que favorecem o seu desenvolvimento. Salientam que o reconhecimento tardio da importância do tema pelas políticas públicas e pela falta

do desenvolvimento do conhecimento da junção das tecnologias prejudica de forma explícita o setor agrícola.

Desta forma o produtor rural, no período de três décadas, teve que adaptar-se aos novos conceitos e aplicações com relação a produção, comercialização e na nova definição de relações sociais com a entrada das tecnologias, promovendo uma nova visão empresarial e administrativas do agronegócio (VIERO e SILVEIRA, 2011).

De acordo com EMBRAPA (2015), para enfrentar os desafios da agricultura contemporânea, torna se cada vez mais importante a busca por maior produtividade e eficiência na agropecuária e pela otimização do uso dos recursos naturais e ambientais.

Segundo Viero e Silveira (2011), diversos estudos com objetivos de orientações acadêmicas sobre a apropriação de tecnologia da informação e comunicação (TIC) no meio rural brasileiro foram desenvolvidos nos últimos anos. Os dados analisados permitem sustentar que o crescimento da telefonia celular é um forte indicador de apropriação destas tecnologias, tanto para uso doméstico quanto para as atividades produtivas. Junto a ela, surge a possibilidade de acesso à rede mundial de computadores, ainda que em escala modesta no momento atual.

2. LODO DE ESGOTO

Como definição primária, pode-se tratar como “lodo de esgoto” todo sedimento residuário dos sistemas de tratamento de efluentes urbanos.

De Pires (2014), o “lodo de esgoto” ou biossólido pode ser definido sobre o resultado do processo de decantação do esgoto doméstico pela sedimentação em estação de tratamento de esgoto – ETE.

Os esgotos podem ser classificados como sanitários e industriais, sendo que o primeiro é constituído por despejos domésticos, uma parcela de águas pluviais e águas de infiltração, podendo eventualmente conter despejos industriais. Os esgotos domésticos provêm especialmente de residências, edifícios comerciais, instituições ou quaisquer edificações que contenham banheiros, cozinhas, lavanderias, ou qualquer outro lugar que tenha uso de água para fins domésticos. Os esgotos industriais são providos de diferentes tipos de utilização de água para fins indústrias, podendo ter

várias características dependendo da utilização da água pelos processos industriais e pelo tipo de tratamento utilizado pela indústria (METCALF e EDDY, 2016).

O despejo irregular de esgoto industrial na rede pública de esgoto e posteriormente chegando a estação de tratamento de esgoto sanitário, pode causar sérios problemas ambientais e sociais. O esgoto industrial pode conter uma grande quantidade de metais pesados poluindo e descaracterizando o resultado final do tratamento do esgoto, durante a geração de lodo de esgoto (CESAN, 2010).

Segundo Portal Brasil (2016), com o crescimento populacional urbano, as estações de tratamento obtiveram um aumento significativo de esgoto e a coleta de esgoto urbano cresceu 29,9% no período de 2004 a 2014, e cerca de R\$78,7 bilhões em investimentos oriundos de saneamento básico.

O uso de alternativas de adubações para a agricultura em geral vem acontecendo a um tempo, tendo como ferramenta o manual de manejo de resíduos sólidos. Salaria também que futuramente não será mais possível a destinação do lodo a aterros sanitários, devido ao crescente populacional e determinadamente favorecendo um aumento na quantidade de esgoto a ser tratado, podendo concluir que com este aumento populacional e com o crescimento de material a ser tratado, haverá então como consequência uma maior produção de lodo de esgoto, podendo então favorecer o uso deste como adubo, criando um ciclo de reuso (CESAN, 2013).

2.1 Aspectos físicos e químicos

O lodo de esgoto é um composto oriundo de um processo de decomposição microbiológica. Seu aspecto físico pode variar de acordo com o método utilizado para seu tratamento, apresentando-se em estado gel quando em repouso e relativamente líquido quando agitado.

Com relação as características químicas, o lodo de esgoto pode conter diversos tipos e níveis de elementos, variando de acordo com o tipo de tratamento utilizado. Os principais elementos para a formação e desenvolvimento das plantas, como o Nitrogênio (N), Potássio (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S) e micronutrientes. Além de possuir elementos importantes para o desenvolvimento das plantas, o lodo também pode apresentar metais pesados, como o Cádmi (Cd), Cromo

(Cr), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Ferro (Fe), Cobalto (Co), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Mercúrio (Hg), Seabórgio (Sg) e Zinco (Zn), microrganismo patogênicos e compostos orgânicos tóxicos (BRASIL, 2006).

2.2 Benefícios da substituição do adubo inorgânicos pelo LE na agricultura

Podem ser utilizados dois tipos de adubo ou fertilizantes, denominados de orgânicos e inorgânicos.

O uso de adubos químicos ou inorgânicos, provenientes do resultado da extração de minerais como o nitrogênio, o potássio e o fósforo. Com a utilização do adubo inorgânico, é possível saber quanto exatamente pode ser utilizado para o perfeito cultivo dos produtos (composição química estável). Outra grande vantagem do fertilizante químico é a rapidez em que os minerais são absorvidos pelas plantas, acelerando o seu processo de crescimento, no entanto, se conduzido de forma incorreta promove a contaminação ambiental. Como desvantagens do uso deste adubo pode-se citar a falta de organismos vivos, carbono orgânico oxidável, correspondente importante para a evolução dos cultivos.

O adubo orgânico é constituído de matéria orgânica ou resíduos vivos de animais e vegetais. A reposição de nutrientes ao solo é realizada pelo processo de decomposição, na qual libera, aos poucos, os nutrientes presentes na mistura de restos vegetais como folhas, galhos e cascas de arroz, além de farinha de ossos e fezes de animais como boi, cavalo, porco e galinha.

Segundo Saito (2007), os benefícios que poderiam ser obtidos com sua aplicação seriam quanto à reciclagem da matéria orgânica e o aporte de nutrientes no solo, melhorando suas propriedades físicas, químicas e biológicas e a produtividade agrícola.

O fertilizante orgânico é mais indicado por ser e ter um processo mais natural. Com seu uso, o solo é enriquecido, aumentando a resistência das plantas às doenças, pragas e aos climas adversos, além de proporcionar maior capacidade de armazenamento de água no solo.

2.3 Geração do lodo de esgoto

Segundo Hossin, Strezov e Nelson (2009) *apud* Pedroza *et al.*, (2010) a geração de lodo de esgoto em países desenvolvidos como o Reino Unido chegou a cerca de 1 milhão de m³/ano, na Alemanha são cerca de 50 milhões de m³/ano, na Suíça são cerca de 4,2 milhões de m³/ano e cerca de 170 mil m³/ano em Singapura.

De acordo com IBGE (2010), no Brasil cerca de 55% do esgoto gerado é coletado e destes apenas 28% é tratado.

O lodo de esgoto em processo de formação pode ser concebido pelo tratamento biológico aeróbico e anaeróbico. O tratamento biológico é uma das alternativas mais econômicas e eficientes para a degradação da matéria orgânica de efluentes biodegradáveis, processo de estabilização. Durante o processo, agentes biológicos como bactérias, algas e protozoários entram em ação (GRADY, DAIGGER e LIM,1999).

No tratamento aeróbico, os agentes biológicos degradam as substâncias orgânicas em um processo oxidativo, afim de transformar em energia e alimento. Para melhor condução deste processo algumas características devem estar de acordo com algumas especificações, como por exemplo a temperatura do ambiente, pH e a oxigenação. Os microrganismos responsáveis pelo processo de eliminação de matéria orgânica são por sua maioria heterótrofos aeróbios, tornando o processo mais eficaz. Neste tipo de tratamento, pode-se citar como vantagem o maior rendimento, pois alcançam maiores taxas de remoção de matéria orgânica, menor risco de emissão de odor e maior capacidade de absorção de substâncias com degradações complexas. A desvantagem deste tratamento está relacionada a necessidade de ter uma extensa área para implementação (GRADY, DAIGGER e LIM,1999).

Outro tipo de tratamento é o anaeróbio, que consiste em gerar matéria orgânica sem a presença de oxigênio. Uso de lagoas anaeróbias, tanques sépticos, filtros anaeróbios e reatores de alta taxa, capazes de receber grande quantidade de carga orgânica por unidade volumétrica, como os reatores UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) ou também denominados de RAFA (Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente), devidamente apresentado na figura 2 (GRADY, DAIGGER e LIM,1999).

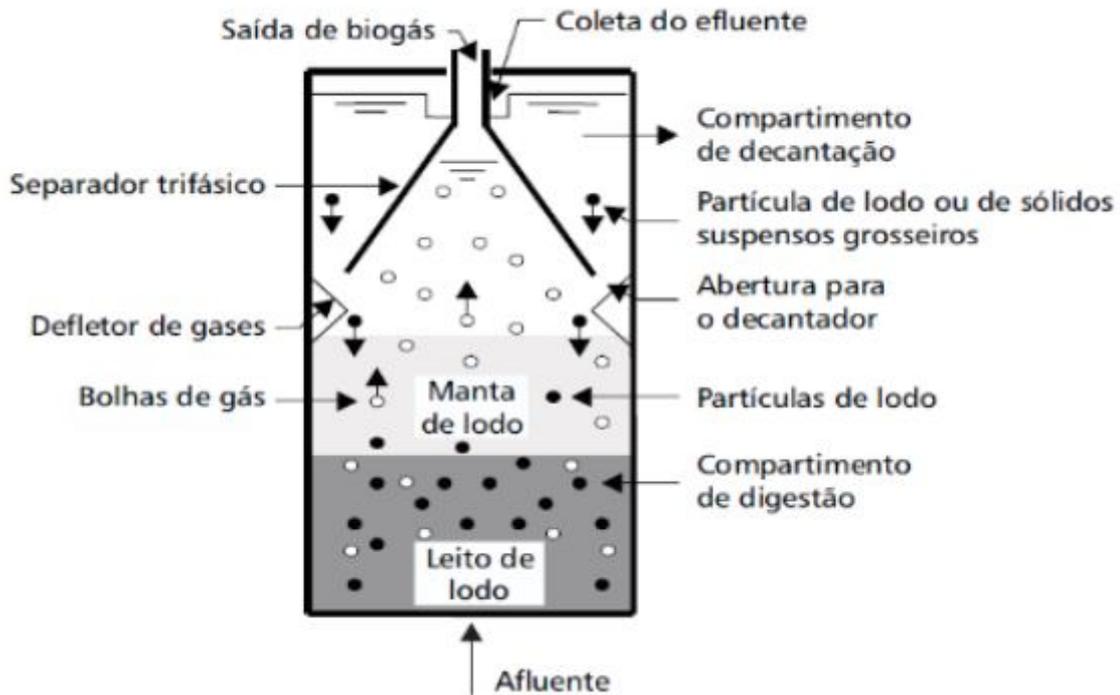


Figura 2: RAFA (Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente).
Fonte: Chernicharo et al. 1999

Esses reatores não necessitam de um decantador primário, diferentemente dos filtros anaeróbios, simplificando o projeto da estação (CHERNICHARO *et al*, 1999).

Segundo o anexo VI da Resolução nº 375 do CONAMA (BRASIL, 2006), o gerador ou Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL) e o proprietário do local onde será aplicado o LE deverá preencher e assinar a declaração, apresentá-lo ao órgão ambiental competente, informando os níveis dos compostos químicos do LE, tipificação do lodo em A ou B, nível de nitrogênio disponível, tipo da cultura e a taxa de aplicação do LE.

2.4 Adensamento do LE

De acordo com Ferreira e Andreoli (1999), o processo de produção do LE se faz durante o tratamento na fase líquida e o processo de estabilização gera um resíduo com grande percentual de umidade, o que dificultaria o transporte para a aplicação.

Seguindo uma definição, o adensamento propõe o agrupamento dos sedimentos resultantes do processo de desidratação, formando um volume.

De acordo com Sperling (2005), os principais processos de adensamento utilizados são por gravidade, flotores por ar dissolvido, centrífugas e prensas desaguadoras, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Utilização típica dos principais métodos de adensamento do lodo

Método de adensamento	Tipo de lodo	Comentário
Gravidade	Primário	Frequentemente utilizado, com ótimos resultados.
	Lodo ativado	Utilização menos frequente, devido ao reduzido incremento no teor de sólidos.
	Lodo misto (lodo primário e lodo ativado)	Frequentemente utilizado.
	Lodo misto (lodo primário e lodo de reator aeróbio com biofilme)	Frequentemente utilizado.
Flotação por ar dissolvido	Lodo misto (lodo primário e lodo ativado)	Utilização menos frequente, já que os resultados são similares aos do adensamento por gravidade.
	Lodo ativado	Frequentemente utilizado, com resultados bem superiores aos do adensamento por gravidade.
Centrífugas	Lodo ativado	Utilização crescente.
Prensas desaguadoras	Lodo ativado	Utilização crescente.

Fonte: Sperling (2005), p.368.

De acordo com Ferreira e Andreoli (1999), o processo de adensamento por flotação é utilizado no lodo ativado em excesso, concentrando um maior nível de sólidos, estipulados por cerca de 3-5%. Esta concentração é significativa para o volume final de dispostos de LE.

O adensamento do lodo proveniente das unidades de tratamento da fase líquida consiste no aumento da concentração de sólidos nele contidos, através da remoção parcial da quantidade de água que caracteriza o seu grau de umidade (FERREIRA e ANDREOLI, 1999).

Aplica-se o processo de secagem, tornando benéfico o transporte do LE disposto. O sistema de secagem pode ser mecânico ou natural, variando pela quantidade a ser aplicada a secagem, onde favorece o uso de um sistema natural para pequenas quantidades de LE, e o sistema de secagem mecânica é favorável quando existe uma quantidade grande de LE.

O processo de desidratação deverá estar adequado às condições do reaproveitamento agrícola e deverá ser especificado em função dos fatores do LE, do processo de desidratação utilizado, do local onde o lodo será destinado, o aumento do custo do transporte e as características físicas do lodo que irão definir a tecnologia de espalhamento.

Vários processos já foram utilizados na desidratação do lodo podendo-se citar a adição de calcário, prensagem com filtro prensa e, atualmente, adição de polímeros. Vale ressaltar que a adição de polímeros não reduz a umidade do produto, portanto, não seria um processo de desidratação.

2.5 Estabilização

De acordo com a Resolução nº375 de 2006 do CONAMA (BRASIL, 2006), a estabilização de lodos de esgoto está vinculada a processos físicos, químicos e biológicos, que durante o processo de reciclagem agrícola elimina algumas características negativas, podendo trazer forte odor, atração de insetos e acúmulo de patógenos.

O lodo proveniente do processo primário de tratamento, denominado de lodo bruto, é obtido por sedimentação ou flotação e tem como característica predominante a cor acinzentada, viscosidade pegajosa, odor potencialmente ofensivo e com fácil fermentação.

O lodo proveniente de processos de estabilização biológicas por biodigestores anaeróbios e aeróbios, denominado de lodo digerido, tem como característica predominante a coloração marrom-escuro. Estes processos podem garantir a redução de sólidos suspensos voláteis entre 40% a 60% e o não aparecimento de odor ofensivo.

Estão apresentadas na tabela 2, algumas características químicas da composição do lodo primário e estabilizado.

Tabela2 - Composição química típica do lodo primário e estabilizado.

Características	Lodo Primário		Lodo Estabilizado	
	Intervalo	Valor Médio	Intervalo	Valor Médio
Sólidos Totais (ST), %	2,0 - 8,0	5,0	6,0 – 12,0	10,0
Sólidos Voláteis, % de ST	60 - 80	65	30 - 60	40
Proteínas, % de ST	20 - 30	25	15 - 20	18
Nitrogênio, % de ST	1,5 - 6,0	4,0	1,6 – 6,0	4,0
Fósforo, % de ST	0,8 - 3,0	2,0	1,5 – 4,0	2,5
Potássio, % de ST	0 - 1,0	0,4	0,0 – 3,0	1,0
pH	5,0 - 8,0	6,0	6,5 – 7,5	7,0
Alcalinidade, mg CaCO ₃ /l	500 - 1500	600	2500 - 3500	3000
Ácidos orgânicos, mg/l	200 - 2000	500	100 - 600	200

Fonte: Adaptado de METCALF e EDDY (1991)

2.6 Efeitos e viabilidade econômica e ambiental

De acordo com a CESAN (2010), em 2007 a Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) e o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) se uniram para promover um estudo quantitativo e qualitativo do uso agrícola do lodo de esgoto proveniente das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), propondo o uso contínuo de lodo de esgoto tratado nas culturas de abacaxi, açaí, cana de açúcar, palmeira real, goiaba, seringueira, eucalipto, banana e café conilon e arábica.

Os resultados obtidos se mostraram satisfatórios economicamente e ambientalmente, visto que o lodo quando não utilizado para promover auxílio em agriculturas, acaba sendo destinado para aterros sanitários, favorecendo agentes contaminantes ao solo.

A viabilidade ambiental pode ser observada pelo crescimento da população de organismos vivos úteis para o ecossistema, como as minhocas, besouros, fungos e bactérias benéficas, acaba sendo outra vantagem para o equilíbrio e a saúde ecológica. Além disso, promove a reciclagem de matéria orgânica dos resíduos urbanos. O nível nutricional e de sais minerais entre o produto orgânico é maior se comparado com o convencional (adubo inorgânico).

Outro ponto favorável ocorre durante a aplicação e manejo, onde o agricultor não necessita de equipamentos complexos de proteção, facilitando a aderência do método de adubação por meio do lodo de esgoto (CESAN, 2010).

2.7 Regulamentação do lodo de esgoto

De acordo com Saito (2007), alguns países como os Estados Unidos, Canadá e parte da União Europeia como a Dinamarca e Alemanha, utilizam o LE como recurso para melhorar o proveito do solo há cerca de 20 anos, assim algumas ações preventivas contra possíveis problemas com contaminantes presentes foram aplicadas em forma de regulamento ou normas. Na Dinamarca, desde 1997, faz-se o uso do lodo no setor agrícola e é regulamentado com relação à concentração máxima de alguns metais, das concentrações de fósforo, nitrogênio e da matéria seca a ser aplicada por hectare e por ano.

Ainda segundo Saito (2007), na Alemanha existe regulamentação muito similar à da Dinamarca, sendo proibido o uso do LE para cultivo de fruteiras, hortaliças, nas pastagens e nas áreas de conservação ambiental como florestas e regiões próximas às áreas de captação de água. Já nos Estados Unidos, a regulamentação é ainda mais rigorosa, estabelecendo procedimentos para uso ou fabricação do LE.

2.7.1. Resolução nº375 do CONAMA

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente, órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA:

Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências (BRASIL, 2006).

Esta diretiva proporciona a regulamentação do uso do LE no setor agrícola, aplicando de forma a padronizar o manejo, transporte, estocagem e aplicação. A resolução foi definida baseando-se em artigos e boletins técnicos aplicados em outros países que fazem uso do LE como agente cultivador do solo.

Pires e Andrade (2014), salientam que mesmo com lacunas no conhecimento, o cálculo de dosagem indicado na Resolução nº 375 do CONAMA tem sido utilizado com sucesso e, até que novos resultados sejam gerados, recomenda-se que continue sendo adorado.

De acordo com a Agência Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10004 (ABNT, 2004), os resíduos sólidos são definidos como resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980

Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura, e dá outras providências (BRASIL, 1980).

Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004

Aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências (BRASIL, 2004).

2.8 Uso agrícola de lodo de esgoto

Desde o início do cultivo agrícola, tem-se como atividade habitual o aproveitamento de resíduos como, por exemplo, a manutenção de restos vegetais no solo e o uso de dejetos e de tortas como fonte de nutrientes.

A matéria orgânica do solo (MOS) tem grande importância no fornecimento de nutrientes para as culturas, retenção de cátions, complexação de micronutrientes, estabilidade da estrutura, a infiltração e retenção de água, a aeração e o favorecimento da biomassa microbiana.

Colodro (2005), esclarece que os métodos técnicos de tratamento de águas foram importadas de outros países, mas que não houve preocupação com o destino do resíduo gerado. Salienta que o descarte não apropriado do resíduo acaba por gerar três tipos de impactos ambientais, sendo eles: a presença de nitrato, de patógenos e de metais pesados.

O uso do lodo de esgoto (LE) está relacionado para com a destinação final do LE gerado para com o meio ambiente e a possibilidade de uso de um produto gerado pelo tratamento de água que não tem qualidade de ser consumida sem risco a saúde. Além deste, o LE pode ser reutilizado para substituir o adubo industrializado, criando uma oportunidade de solucionar problemas consequentes da demanda de resíduo gerado.

De acordo com CONAMA (Brasil, 2006), o uso do LE deve seguir critérios de aplicação correspondente à cultura agrícola específica, proibindo o uso em culturas rasteiras ou submersas ao solo, possibilitando o contato com o LE.

Conforme a Resolução nº 375 do CONAMA (Brasil, 2006), a dose de lodo a ser aplicada ou taxa de aplicação deve ser calculada da seguinte maneira simplificada:

$$TA = \frac{N \text{ Recomendado}}{N \text{ Disponível}}$$

Onde, o N recomendado é a quantidade de nitrogênio que a cultura necessita, indicada em publicações especializadas, como, por exemplo, o Boletim Técnico 100 (RAIJ et al., 1996). O N disponível, de maneira simplificada, é dado por:

$$N \text{ Disponível} = N_{\text{Inorgânico}} + (N_{\text{Orgânico}} * (\frac{FMN}{100}))$$

Levando em consideração que o N disponível (kg.t⁻¹) é igual a soma das formas inorgânicas de N e a FMN (fração de mineralização de nitrogênio) que corresponde à porcentagem do N-orgânico que passará pelo processo de mineralização durante o ciclo da cultura. O CONAMA disponibiliza a indicação de alguns valores para a FMN, de acordo com o tipo de lodo.

A seção VII da Resolução nº375 do CONAMA (BRASIL, 2006), estabelece os critérios de aplicação do lodo de esgoto na agricultura e, para tal, deve seguir as margens de cargas acumuladas permitidas de substâncias inorgânicas, definidas na tabela 3.

Tabela 3- Cargas acumuladas teóricas permitidas de substâncias inorgânicas pela aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado (kg/ha).

Substâncias inorgânicas	Carga acumulada teórica permitida de substâncias inorgânicas pela aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado (kg/ha)
Arsênico	30
Bário	265
Cádmio	4
Chumbo	41
Cobre	137
Crômio	154
Mercúrio	1,2
Molibdênio	13
Níquel	74
Selênio	13
Zinco	445

Fonte: CONAMA Nº375 (2006).

De acordo com Comparini (2001), pode-se obter dois tipos de disponibilidades de N, superficial e subsuperficial. Para aplicação superficial, a fórmula para o cálculo de uso do lodo de esgoto é contemplada em determinar o N disponível, sendo ela igual à porcentagem da fração de mineralização do nitrogênio (FM%) multiplicada pelo resultado da subtração do nitrogênio Kjeldhal (N_{KJ}) e nitrogênio amoniacal (N_{NH_3}), somado ao resultado da soma de $\frac{1}{2}$ nitrogênio amoniacal (N_{NH_3}) com a soma dos nitrogênios nitrato (NO_3) e nitrito (NO_2), seguindo a fórmula abaixo:

$$N_{Disponível} = \left(\frac{FMN}{100} \right) * (N_{KJ} - N_{NH_3}) + 0,5 * N_{NH_3} + (N_{NO_3} + N_{NO_2})$$

Ainda segundo Comparini (2001), para aplicação subsuperficial, deve-se aplicar a fórmula sendo ele igual à porcentagem da fração de mineralização do nitrogênio (FM%) multiplicado pelo resultado da subtração do nitrogênio Kjeldhal (N_{KJ}) e nitrogênio amoniacal (N_{NH_3}), somado ao resultado da somatória do nitrogênio amoniacal (N_{NH_3}) com a soma dos nitrogênios nitrato (NO_3) e nitrito (NO_2), de acordo com a fórmula abaixo:

$$N_{Disponível} = \left(\frac{FMN}{100} \right) * (N_{KJ} - N_{NH_3}) + N_{NH_3} + (N_{NO_3} + N_{NO_2})$$

Conforme definido na Resolução nº375 do CONAMA (BRASIL, 2006), todos os cálculos são realizados de acordo com o nível de nitrogênio do LE e do solo.

2.9 Culturas aplicáveis do LE

De acordo com a Resolução nº375 do CONAMA na seção IV (BRASIL, 2006), fica definido qual tipo de cultura pode receber o LE como adubo. Contida nesta relação, fica proibido o uso de LE em culturas que mantenham contato com a parte comestível submersa ou em contato com o solo, como exemplo as olerícolas, tubérculos e raízes, podendo estas serem cultivadas em locais onde receberam LE com período mínimo

de 48 meses. Define também que permite o uso do LE em pastagens, porém respeitando um período mínimo de 24 meses após a última aplicação.

Define também que podem ser cultivadas sobre o uso do LE tipo A quaisquer culturas que não desrespeite as restrições impostas com relação ao contato do lodo em partes comestíveis e locais de restrição de aplicação do LE. Já o lodo do tipo B é restrito ao cultivo de café, silvicultura, culturas para produção de fibras e óleos, com a aplicação mecanizada, em sulcos ou covas, seguida de incorporação e respeitadas as restrições previstas na seção V, onde define quais locais não podem receber o LE (BRASIL, 2006).

2.10 Responsabilidade de aplicação do LE

O exposto na seção VIII e X da Resolução 375 do CONAMA (BRASIL, 2006), define as referências de responsabilidade de produção, manejo, transporte, estocagem e aplicação do LE.

São considerados responsáveis solidários o gerador do lodo de esgoto ou produto derivado, a unidade geradora do LE (UGL) que encaminhar o lodo de esgoto ou produto derivado para aplicação no solo, o proprietário da área de aplicação, o detentor da posse efetiva, o técnico responsável, o transportador, e quem se beneficiar diretamente da aplicação. Cabendo ainda, caso ocorra qualquer acidente, o dever de comunicar imediatamente o órgão ambiental competente.

2.11 Destinação do LE

Com a implementação de estações de tratamento de esgoto (ETE) e estações de tratamento de água (ETA), há uma formação de problemas ambientais com relação ao destino do produto gerado, o lodo de esgoto (LE).

De acordo com Pires (2006), no Brasil a destinação final do LE acaba sendo disposta em aterros sanitários, gerando dificuldades agravantes com o manejo do lixo urbano. Enfatiza ainda que em alguns países da Europa e América do Norte destinam

seus resíduos para incinerações, aterros sanitários ou aplicações agrícolas, variando com as características do LE, seguindo normais de destinação, garantindo segurança no despejo.

No Brasil, a forma de regulamentação de produção, uso e aplicação do LE, se deu pela disponibilização da Resolução nº 375 de 2006. Segundo Pires (2006), até mesmo antes da resolução ser apresentada, alguns estados como São Paulo e Paraná, já utilizavam normativas para o uso, sendo definidas por órgãos competentes. Em São Paulo, a CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental), estabeleceu em 1999 normas provisórias estaduais (P4-230), onde regulamentavam o uso do LE provenientes de tratamento de esgoto. Já no estado do Paraná, a SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná) divulgou normas e manuais de produção, uso e aplicação do LE para os usuários, definindo um padrão.

Após a definição de normativas pelo CONAMA, os estados ficam permissíveis a escolha de utilização de regulamentações próprias ou a utilização das regulamentações federais, partindo do princípio de que não desrespeitem ou sobreponham as definições do órgão federal CONAMA.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia empregada consiste em métodos não empíricos, por meio de pesquisas em *websites*, livros e artigos. Também está empregado o método dedutivo, em razão de auxiliar no raciocínio lógico a partir dos fundamentos já certificados.

A produção do software agrícola como auxílio na realização dos cálculos de dosagem do lodo de esgoto aplicado em culturas agrícolas durou 12 meses aproximadamente seguindo de forma criteriosa a Resolução nº 375 do CONAMA e com o uso de uma interface de desenvolvimento para dispositivos móbile. Para o desenvolvimento dos layouts e ações do sistema foi utilizado o IDE Android Studio, baseado no desenvolvimento de softwares para smartphones e para guardar as informações geradas foi utilizado o banco de dados MySQL.

Com o uso de ferramentas abertas ou sem custo, o produto final apenas onerou tempo de desenvolvimento.

3.1 Android Studio

Android Studio é a IDE oficial para o desenvolvimento de aplicativos Android, baseado no IntelliJ IDEA. IntelliJ está no topo das mais poderosas ferramentas de edição de códigos e desenvolvimento, Android Studio oferece ainda mais recursos que melhoram sua produtividade, quanto a criação de aplicativos para Android [...] (GOOGLE INC., OPEN HANDSET ALLIANCE, 2016, tradução do autor).

Esta ferramenta de desenvolvimento também denominada como IDE, utilizará a linguagem Java, padrão de programação para Android, afim de definir os métodos de execução do sistema e para a produção visual, a ferramenta possui o auxílio da linguagem XML.

3.2 Java

A estrutura da linguagem Java é definida por ser orientada a objetos, podendo ser manipulada de forma estruturada. Desenvolvida na década de 90 pela empresa

Sun Microsystem, a linguagem Java possui um diferencial se comparada com outras linguagens, especificamente ela utiliza uma máquina virtual para executar a compilação do código, enquanto as demais linguagens são compiladas para em o código nativo.

Java é uma linguagem de programação e plataforma computacional lançada pela primeira vez pela Sun Microsystems em 1995. Existem muitas aplicações e sites que não funcionarão, a menos que você tenha o Java instalado, e mais desses são criados todos os dias. O Java é rápido, seguro e confiável. De *laptops* a *datacenters*, consoles de *games* a supercomputadores científicos, telefones celulares à Internet, o Java está em todos os lugares (ORACLE, 2016).

Em 2009, a empresa Oracle Corporation passou a ter os direitos de uso e desenvolvimento, firmando a linguagem no mercado.

3.3 XML

A linguagem XML expressa a informação utilizando marcações que permitem a descrição dos dados contidos nelas. Isso faz com a que a XML seja muito utilizada na integração de ferramentas.

Atualmente existem inúmeras soluções de integração que foram desenvolvidas ao longo dos anos baseadas em XML, como Web Services por exemplo.

A utilização do XML para integração tem algumas vantagens entre outras opções, principalmente no que se refere à validação da estrutura e de seus dados, além de ser uma solução bastante madura agregando confiabilidade à solução que o utilize como recurso.

Em se tratando de aplicações para *smartphones*, principalmente nos referindo ao Android, é bastante comum ter a preocupação com o desempenho do aplicativo durante a troca de informações por XML, seja pela web ou documento serializado, por ser um formato mais volumoso, tornando o processo de leitura e criação mais complexo computacionalmente, se comparado com JSON (Java Script Object Notation).

3.4 SQLite

O armazenamento de dados é um dos pontos principais que devem ser considerado no desenvolvimento de uma aplicação. Em sua ausência, as aplicações podem armazenar temporariamente durante a execução da aplicação e após a finalização da aplicação, os dados são eliminados. A princípio o armazenamento era realizado em arquivos do sistema, necessitando ao desenvolvedor do software criar uma interação deste para com o sistema em que está sendo agregado, colocando esta responsabilidade sobre o desenvolvedor e deixando sua produtividade baixa.

Este obstáculo foi amenizado com a criação de SGBD, que consiste em um conjunto de programas responsáveis pelo gerenciamento dos dados a serem armazenados, definindo assim seu principal objetivo de remoção da aplicação do cliente a responsabilidade de gerenciar o acesso, manipular e organizar os dados.

Os SGBD possuem interfaces de interação para que o cliente possa incluir, alterar, excluir e consultar os dados.

O SQLite é escrito em linguagem C, e de código aberto, ou seja, livre para sofrer modificações em sua estrutura. O site do SQLite, ressalta que alguns usuários devem adquirir uma permissão para o uso, como por exemplo o uso em instituições não públicas, uso em instituições que não reconhecem o autor, publicação da licença de uso em local visível mesmo sendo de código aberto ou em caso de necessidade de requerer a legalização do uso em determinados locais.

Segundo a definição dada no site da SQLite (2016):

SQLite é uma biblioteca de software que se auto implementa, sem servidor , sem configuração , o banco de dados SQL transacional de engenharia auto-suficiente. SQLite é banco de dados mais amplamente implantada no mundo. O código fonte para SQLite é de domínio público. (SQLite.org, tradução própria)

3.5 Android

A aplicação desenvolvida será executada no nível “Applications”. Vale destacar também que a aplicação é executada como um *sandbox*, ou seja, a aplicação tem acessado somente a um restrito conjunto de recursos e bibliotecas, além de restringir

também os arquivos e diretórios que a aplicação pode utilizar. Como comparação, é como se a aplicação fosse um Applet Java (LEAL, 2015).

O sistema operacional Android foi desenvolvido com base no Kernel do Linux, podendo ser detalhado na Figura 3.

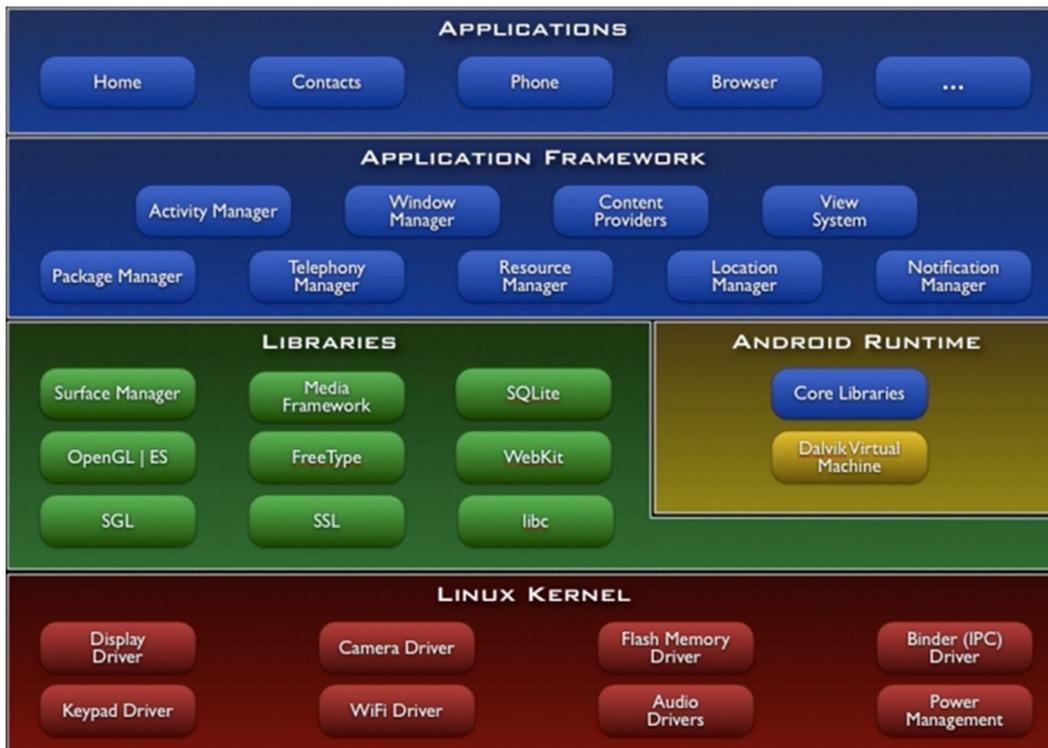


Figura 3: Arquitetura do sistema operacional Android.

Fonte: <http://developer.android.com/images/system-architecture.jpg>

Para testar sua aplicação, o Google disponibiliza um emulador do sistema Android que pode ser executado de dentro do Android Studio. Nenhuma licença especial é necessária para iniciar o desenvolvimento, nem para testar o código em um aparelho real, visto que a política adotada pela Google é a do Open Source ou código aberto.

4. SOFTWARE SISGALE

O software tem como objetivo principal desenvolver o cálculo da dosagem do lodo de esgoto com aplicação em culturas estipuladas no subcapítulo 2.8 deste documento.

Na figura 4 é apresentada a tela inicial do sistema, tendo como ação inicial o acesso ao sistema com o preenchimento do usuário e senha, garantindo assim segurança durante seu uso.



Figura 4: Tela inicial para acesso ao sistema “Dosagem Lodo Esgoto”.
Fonte: Próprio autor.

Caso não exista usuário para acesso, o mesmo deverá ser cadastrado no sistema. Este procedimento deve ser realizado na tela de cadastro de usuários apresentado na Figura 5.

Figura 5: Tela de cadastro de usuários para acesso ao sistema “Dosagem Lodo Esgoto”.

Fonte: Próprio autor.

Com o usuário já cadastrado, e o mesmo existindo no banco de dados, deve-se então preencher o campo de *login* e senha mostrados na Figura 3 e, em seguida, deve ser acionado o botão de “Entrar!”. Após esta ação, o sistema apresentará a tela de menus, obtendo opções de ações e apresentação de dados já gravados, caso exista, seguindo a Figura 6.

Figura 6:Tela de menu do sistema para escolha de ações.

Fonte: Próprio autor.

Antes de realizar o cadastro de dosagens, deve ser realizado o cadastro do agricultor, na qual haverá dados do local onde o lodo será aplicado. Para o cadastro

de agricultor, deverá ser selecionado o botão de “Cadastro de Agricultor” localizado na tela de menu do sistema. Esta ação levará para a tela de cadastro, mostrado na Figura 7.



Figura 7: Tela de cadastro do agricultor.

Fonte: Próprio autor.

Após o preenchimento dos dados e conclusão da inserção no bando de dados, o sistema direcionará para a tela de menu do sistema.

Na sequência da ação, o sistema passará por um filtro inicial, afim de qualificar a possibilidade do uso do lodo de esgoto, traçando um obstáculo de aplicação, este por sua vez fará referência a norma estipulada no Art. 15 da Resolução nº375/2006 do CONAMA. Esta filtragem de dados, está vinculada a diversas variações com relação ao lodo e ao solo. Como parte, a declividade do solo é considerada uma característica determinante, podendo estar fora dos limites de aplicação do lodo de esgoto.

Outro fator que determina a possibilidade de aplicação do lodo de esgoto está relacionado a alguns critérios determinados a partir do local de aplicação, podendo confrontar com áreas de proteção ambiental, áreas de proteção permanente, áreas de proteção aos mananciais, interior de zonas de transporte, próximos a poços rasos, distância mínima de 15 m de vias públicas, declividades superiores ao estipulado no item VII da Tabela 3, solos com espessura inferior a 50cm, áreas de aquíferos

inferiores a 1,5 m da cota mais baixa, e áreas cujas determinações são definidas pelo órgão ambiental responsável, demonstrado na Tabela 4.

Partindo do princípio das restrições, o software possui uma tela contendo as diretivas de aplicações de lodo de esgoto, apresentado na Figura 8, onde deverá ser respondido de forma positiva ou negativa a cada uma das restrições de aplicação do lodo de esgoto na agricultura, assim, caso a análise das respostas fornecidas pelo usuário satisfaçam as regras, ele terá a possibilidade de realizar o cálculo de dosagem do lodo de esgoto.

Tabela 4 - Tabela das restrições e da aptidão do solo das áreas aplicadas.

Nº	Descrição
I	Em unidades de conservação, com exceção das Áreas de Proteção Ambiental-APA;
II	Em Área de Preservação Permanente-APP;
III	Em Áreas de Proteção aos Mananciais-APMs definidas por legislações estaduais e municipais e em outras áreas de captação de água para abastecimento público, a critério do órgão ambiental competente;
IV	No interior da Zona de Transporte para fontes de águas minerais, balneários e estâncias de águas minerais e potáveis de mesa, definidos na Portaria DNPM n o 231, de 1998;
V	Num raio mínimo de 100 m de poços rasos e residências, podendo este limite ser ampliado para garantir que não ocorram incômodos à vizinhança;
VI	Numa distância mínima de 15 (quinze) metros de vias de domínio público e drenos interceptadores e divisores de águas superficiais de jusante e de trincheiras drenantes de águas subterrâneas e superficiais;
VII	Em área agrícola cuja declividade das parcelas ultrapasse: a) 10% no caso de aplicação superficial sem incorporação; b) 15% no caso de aplicação superficial com incorporação; c) 18% no caso de aplicação subsuperficial e em sulcos, e no caso de aplicação superficial sem incorporação em áreas para produção florestal; d) 25% no caso de aplicação em covas;
VIII	Em parcelas com solos com menos de 50 cm de espessura até o horizonte C;
IX	Em áreas onde a profundidade do nível do aquífero freático seja inferior a 1,5 m na cota mais baixa do terreno; e
X	Em áreas agrícolas definidas como não adequadas por decisão motivada dos órgãos ambientais e de agricultura competentes.

Fonte: CONAMA, Resolução nº375/2006

Restrições Locacionais e da Aptidão do Solo das Áreas de Aplicação

I - Será aplicada em unidades de conservação, com exceção das Áreas de Proteção Ambiental - APA?
 Sim
 Não

II - Será aplicada em Área de Preservação Permanente - APP?
 Sim
 Não

III - Será aplicada em Áreas de Proteção aos Mananciais - APMs definidas por legislações estaduais e municipais e em outras áreas de captação de água para abastecimento público, a critério do órgão ambiental competente?
 Sim
 Não

IV - Será aplicada no interior da Zona de Transporte para fontes de águas minerais, balneários e estâncias de águas minerais e potáveis de mesa, definidas na Portaria DNPM nº 231, de 1998?
 Sim
 Não

V - Será aplicada a um raio mínimo de 100m de poços rasos e residências, podendo este limite ser ampliado para garantir que não ocorram incômodos à vizinhança?
 Sim
 Não

VI - Será aplicada a uma distância mínima de 15 (quinze) metros de vias de domínio público e drenos interceptadores e divisores de águas superficiais de jusante e de trincheiras drenantes de águas subterrâneas e superficiais?
 Sim
 Não

VII - Será aplicada em áreas agrícolas definidas como não adequadas por decisão motivada dos órgãos ambientais e de agricultura competentes?
 Sim
 Não

VIII - Será aplicada em parcelas com solos com menos de 50cm de espessura até o horizonte C?
 Sim
 Não

IX - Aplicada em áreas onde a profundidade do nível do aquífero freático seja inferior a 1,5 m na cota mais baixa do terreno?
 Sim
 Não

X - Aplicada em áreas agrícolas definidas como não adequadas por decisão motivada dos órgãos ambientais e de agricultura competentes?
 Sim
 Não

VERIFICAR REQUISITOS PARA O CÁLCULO

Figura 8:Tela de restrições locacionais e da aptidão do solo das áreas de aplicação.
Fonte: Próprio autor.

Após a verificação dos itens, o software apresenta um termo de responsabilidade, possibilitando o usuário a confirmar que os itens das restrições de aplicabilidade do lodo de esgoto foram atendidos de acordo com a resolução do CONAMA, como pode-se identificar na Figura 9.

Não

Termo de Responsabilidade!

Declaro que respondi os itens de aplicação do lodo de esgoto conforme está definida na resolução do CONAMA nº375 de 2006. Concorda?

NÃO SIM

Figura 9: Tela de Termo de Responsabilidade
Fonte: Próprio autor.

A Figura 10 correlaciona a característica do local de aplicação, visto que a define de acordo com a declividade do solo, proporcionando segurança durante a aplicação do lodo de esgoto, assim não possibilitando o seu deslocamento mediante as precipitações pluviométricas. O usuário deve selecionar o tipo de aplicação envolvida e declarar a porcentagem de declividade, desta forma o software pode confrontar o valor declarado com o valor estipulado pela resolução do CONAMA.

Caso o valor ultrapasse o estipulado pela resolução, uma mensagem aparecerá para confirmando que o valor declarado não corresponde.

Figura 10: Tela de Atribuição da Declividade – Características do Solo.

Fonte: Próprio autor.

Em caso afirmativo, o software abrirá a próxima tela, correspondente aos requisitos mínimos de qualidade do lodo de esgoto, envolvendo valores quantitativos de elementos como arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, molibdênio, níquel, selênio e zinco, todos em base seca, como pode-se observar na Figura 11.

Figura 11: Tela de Nível de Elementos – Requisitos Mínimos de Qualidade do Lodo de Esgoto.

Fonte: Próprio autor.

Na Figura 12, está determinada a identificação do tipo de lodo de esgoto que será aplicada e o CONAMA define 2 tipos de lodo de esgoto, A e B. O lodo do tipo A está caracterizado por haver 4 tipos de classificação de restrição, como coliformes termotolerantes, ovos de helmintos, salmonela e vírus. Já o lodo de tipo B, apenas é classificado por coliformes termotolerantes, ovos de helmintos.

Item	Unidade	Status (Tipo A)	Status (Tipo B)
Coliformes Termotolerantes	0 NMP/g de ST	✓	✓
Ovos Viáveis de Helmintos	0 Ovo/g de ST	✓	✓
Salmonela (Ausência)	0 g de ST	✓	✗
Vírus	0 UFP ou UFF/g de ST	✓	✗

Legenda:
 ST - Sólidos Totais
 NMP - Núcleo Mais Provável
 UFF - Unidade Formadora de Foco
 UFP - Unidade Formadora de Placa

Figura 12: Tela de identificação do tipo de lodo de esgoto (A ou B).
Fonte: Próprio autor.

Na Figura 13, pode-se observar o formulário do cálculo de dosagem, onde deverá ser preenchido inicialmente os campos de aplicação, definição do fator de mineralização, porcentagem de N total do lodo utilizado e, após o preenchimento, deve ser clicado no botão “Calcular N Disponível”, onde será apresentado o valor de N disponível pela multiplicação do N total com o fator de mineralização.

Por fim, deve ser preenchido o campo da cultura agrícola, definindo o N recomendado e assim acionar o botão “Calcular Dose”, trazendo o resultado da taxa de aplicação do lodo em tonelada por 1 hectare, sendo o estado físico do lodo como sendo seco. Para finalizar o cálculo e, assim, salvar os dados no banco de dados, deve-se então prescrever o percentual de umidade do lodo e caso não tenha umidade, deve ser colocado o valor 1.

The figure displays three sequential screenshots of a mobile application interface for calculating fertilizer doses. The interface is titled "Calcular Dosagem" and is divided into three main sections:

- Cadastro de Novo Cálculo de Dosagem:** This section contains registration fields for "Data" (1/12/2016), "Nome do Agricultor" (aoki), and "Local / Sitio". It also includes radio buttons for "Superficial" and "Subsuperficial" application types, and a section for "Cálculo N Disponível" with a dropdown for "Fator de Mineralização".
- Cálculo da Dosagem:** This section shows the calculation results, including the "Resultado do Cálculo" (0 kg(N)/ton(Lodo)) and the "N Disponível" (0 kg(N)/ton(Lodo)). It also includes a "CALCULAR DOSE" button.
- Resultado do Cálculo:** This section displays the final results, including the "Resultado do Cálculo" (0 kg ha⁻¹) and the "Lodo Úmido" (0 t ha⁻¹). It includes a "CALCULAR DOSAGEM LODO ÚMIDO" button and a "SALVAR" button.

Figura 13: Tela de cadastro de dosagens do sistema.
Fonte: Próprio autor.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *software* atendeu de forma esperada, coletando informações e realizando as análises primárias para a realização do cálculo de dosagem, seguindo o manual de aplicação e cálculo estipulado pela Resolução nº375 do CONAMA. A ferramenta propôs ao usuário final o retorno dos dados processados e, desta forma, pode-se então garantir que métodos de aplicações do lodo de esgoto na agricultura ocorram de forma simplificada e com base nas determinações do Conselho Nacional do Meio Ambiente. O *software* já está em processo de registro junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) conforme o Anexo I, e poderá ser utilizado de forma acadêmica ou profissional.

REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015**. Disponível em: www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf. (acesso em: 08 ago 2016)

BARRIVIERA, R., CANTERI, M. G. **Informática Básica aplicada às ciências agrárias**. Londrina: EDUEL, 2008.182p.

BARBOZA, G. M. C., TAVARES, J. **Uso agrícola do lodo de esgoto: influência nas propriedades químicas e físicas do solo, produtividade e recuperação de áreas degradadas**. **Semina: Ciências Agrárias**, v.27, p.565-580, 2006. Disponível em: www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/2534/2171 .(acessado em: 01 set 2016).

BASFAGRO – **Brasil: Um planeta faminto e a Agricultura Brasileira**. [Internet]. Disponível em: www.youtube.com/watch?v=hBvDfQn-5Cs. (acesso em: 04 jul 2016).

BETTIOL, W., CAMARGO, O. A. **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna/SP, Brasil: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

BOEIRA, R. C. **Uso de lodo de esgoto**. Embrapa – AGEITEC – Agencia Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CONTA_G01_2_1211200710211.html (acessado em 20 out 2016).

BOJANIC, A. **Portal Brasil – A revolução agrícola brasileira**. Disponível em www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/07/a-revolucao-agricola-brasileira. (acessado em: 22 jun 2016).

BRASIL. Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. **Aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências**. Brasília. Diário Oficial da União - Seção 1 - 15/1/2004, Página 2.

BRASIL. Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980. **Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura, e dá outras providências**. Brasília. Diário Oficial da União. Este texto não substitui o publicado no DOU de 17.12.1980.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2006) **Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos,**

para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Brasília. Diário Oficial da União , n. 167, p. 141-146.

CESAN. **Estudo comprova viabilidade do uso do lodo de esgoto na agricultura.** [Internet]. [Local desconhecido]:Revista Tae – Tratamento de Água e Efluentes. 2010. Disponível em: www.revistatae.com.br/noticialnt.asp?id=1077 (acessado em: 28 jun 2016).

CHERNICHARO, C. A. L, *et al.* **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.** Rio de Janeiro, PROSAB: ABES, Cap. 7, 1999.

COLODRO, G. **Recuperação de solo de área de empréstimo com lodo de esgoto.** (Tese de Doutorado). Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas; 2005. 82 p.

COMPARINI, J. B. **Engenharia de aplicação dos biossólidos - Biossólidos na Agricultura.** São Paulo: SABESP, 2001.

EMBRAPA. **Pesquisa agropecuária aposta no uso intensivo das TIC.** Portal Campinas: Portal Embrapa ;2015. Disponível em www.embrapa.br/informatica-agropecuaria/busca-de-noticias/-/noticia/6091149/pesquisa-agropecuaria-aposta-no-uso-intensivo-das-tic (acessado em 29 nov 2016).

FERREIRA, A. C., ANDREOLI, C. V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura.** Curitiba/PR: SANEPAR-PROSAB, 1999. 98p.

GOOGLE INC., OPEN HANDSET ALLIANCE. **Android Studio. Guia do Usuário – Visão Geral.** Disponível em: developer.android.com/intl/pt-br/tools/studio/index.html (acessado em 01 abr 2016).

GRADY, L. , DAIGGER, G. T., LIM, H. C. **Biological wastewater treatment : theory and applications.** Marcel Dekker, New York, 1999.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: 2008.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

LEAL, N. G. V. **Dominando o Android do básico ao avançado.** São Paulo: Novatec; 2015.

METCALF, L., EDDY, H. P. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos.** 2008p. Amgh (Edição Digital), Brasil: 2016.

ORACLE. **JAVA.** Disponível em: www.java.com/pt_BR/download/faq/whatis_java.xml(acessado em: 01 abr 2016).

PEDROZA, M. M., VIEIRA, G. E. G., SOUZA, J. F., PICKLER, A. C., LEAL, E. R. M., MILHOMEN, C. C. **Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão.** Disponível em:<

[www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2011,%20n.%2016%20\(2010\)/5.%20Produ%20E7%E3o%20e%20Tratamento%20de%20Lodo%20de%20Esgoto.pdf](http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2011,%20n.%2016%20(2010)/5.%20Produ%20E7%E3o%20e%20Tratamento%20de%20Lodo%20de%20Esgoto.pdf)>. (acessado em 22 jun 2016).

PIRES, A. M. M., ANDRADE, C. A. **Comunicado Técnico. Recomendações de dose de lodo de esgoto: a questão do nitrogênio**. Jaguariúna: Embrapa, 2014.

PIRES, A. M. M. **Comunicado Técnico. Uso agrícola do lodo de esgoto: aspectos legais**. Jaguariúna: Embrapa, 2006.

PORTAL BRASIL – **Coleta de esgoto cresce 30% no Brasil em uma década**. Disponível em: www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/02/rede-de-coleta-de-esgoto-cresceu-30-no-brasil-em-dez-anos (acessado em 21 jun 2016).

RAIJ, B. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas. 2.ed. Instituto Agrônomo de Campinas & Fundação-IAC, 1996. 285p.(Boletim Técnico 100).

SAITO, M. L. **Documentos 64 – O Uso do Lodo de Esgoto na Agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna/SP: 2007.

SOARES, M. R. **Coeficiente de distribuição (T) de metais pesados em solos do estado de São Paulo**. Dissertação (Doutorado). São Paulo: Universidade de São Paulo; 2004. 202p.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3a. ed. Belo Horizonte: Imprensa Universitária UFMG; 2005. 443p.

SQLITE. **About SQLite**. Disponível em: www.sqlite.org/about.html (acessado em 19 abr 2016).

VIERO, V. C., SILVEIRA, A. C. M. **Apropriação de tecnologias de informação e comunicação no meio rural brasileiro**. Brasília: Cadernos de Ciência & Tecnologia. v. 28, p. 257-277, 2011.

Anexo I - PEDIDO DE REGISTRO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR PROTOCOLADO



PEDIDO DE REGISTRO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR

protocolo

INPI INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
PROTOCOLADO

29/11/2016 014160000819
VP25/11/2016



BR 51 2016 001634 5

IDENTIFICAÇÃO DO PEDIDO (Para uso do INPI)

Número do Pedido

Protocolo, Data e Hora

DADOS DO AUTOR DO PROGRAMA

Nº de Autores | 1 | Se mais de um, preencha a "Continuação", com todos os dados solicitados neste Quadro. Date e assine.

CPF* | 353.727.978-78

Nome | FERNANDO KENDY AOKI RIZZATTO

Nome Abreviado, pseudônimo ou sinal convencional (se houver) | FKAR

Data de Nascimento | 29/08/1986

Nacionalidade | BRASILEIRO

Endereço | RUA PONTES GESTAL, 5068

Cidade | VOTUPORANGA

UF | SP

País | BRASIL

CEP | 15.502-010

Telefone | 1734224821

FAX |

E-mail | fkendy86@gmail.com

DADOS DO TITULAR DOS DIREITOS PATRIMONIAIS

Nº de Titulares | 1 | Se mais de um, preencha a "Continuação", com todos os dados solicitados neste Quadro. Date e assine.

CPF/CNPJ* | 35372797878

Nome/Razão Social | FERNANDO KENDY AOKI RIZZATTO

Nome abreviado, pseudônimo ou sinal convencional (se houver) | FKAR

Data de Nascimento | 29/08/1986

Nacionalidade/Origem | BRASILEIRO

Endereço | RUA PONTES GESTAL, 5068

Cidade | VOTUPORANGA

UF | SP

País | BRASIL

CEP | 15.502-010

Telefone | 1734224821

FAX |

E-mail | fkendy86@gmail.com

SIM, este Titular é Pessoa Jurídica. Caso afirmativo, assinale a melhor classificação:

- Órgão Público
 Sociedade com Intuito não Econômico
 Microempresa
 Software House
 Instituição Pública de Ensino ou Pesquisa
 Instituição Privada de Ensino ou Pesquisa
 Outras

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA E CONTATO (Preencha apenas o necessário)

Toda correspondência será enviada para:

 O Procurador ou O Titular acima ou Escaninho nº | Representação INPI em: | O Endereço abaixo:

Nome | FERNANDO KENDY AOKI RIZZATTO

Endereço | RUA PONTES GESTAL, 5068

Cidade | VOTUPORANGA

UF | SP

País | BRASIL

CEP | 15.502-010

Telefone | 1734224821

FAX |

INPI INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
PROTOCOLADO

29/11/2016 014160000819

E-mail **DADOS DO PROGRAMA**Título Data de Criação do Programa Regime de Guarda COM SIGILO SEM SIGILOLinguagens Classificação do Campo de Aplicação Classificação do Tipo de Programa

SIM, este Programa é Modificação Tecnológica ou Derivação. Caso afirmativo, informe Título do Programa Original e (se houver) Número de Registro:

Título do Programa Original

SIM, este Registro é composto por obra(s) de outra(s) natureza(s) de ordem intelectual. Caso afirmativo assinale-a(s) abaixo:

Literária Musical Artes Plásticas Áudio-Visual Arquitetura Engenharia

DOCUMENTOS ANEXADOS (Informe as quantidades de documentos, não o número de páginas)

Quant	Nome	Quant	Nome
<input type="text" value="1"/>	Guia de Recolhimento	<input type="text"/>	Contrato de Trabalho/Prestação de Serviço
<input type="text" value="1"/>	Procuração	<input type="text" value="1"/>	Involucros/mídia eletrônica Utilizados
<input type="text"/>	Termo de Cessão	<input type="text"/>	Contrato/Estatuto Social e Alterações (ou equivalente)
<input type="text"/>	Termo de Autorização para Modificações Tecnológicas ou Derivações	<input type="text"/>	Autorização para Cópia do CD
		<input type="text"/>	Outros(especificar)

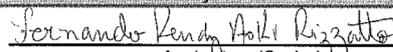
DECLARAÇÕES**DECLARO, PARA TODOS OS FINS DE DIREITO:**

- A) que estou ciente de **TODAS AS RECOMENDAÇÕES** constantes do "Manual do Usuário de Registro de Programas de Computador", **ESPECIALMENTE NO QUE TANGE AO TÍTULO E AOS DOCUMENTOS DO PROGRAMA**, bem como da legislação pertinente ao assunto, constante dos anexos "A", "B", "C", "E" e "F", do referido Manual;
- B) que se deixar de solicitar a prorrogação do sigilo, nos casos necessários, estarei desistindo desse caráter de guarda dos documentos de programa do presente depósito, na forma do art. 3º, § 2º, da Lei 9.609, de 12 de fevereiro de 1998;
- C) que, se devido à qualidade do papel ou à qualidade gráfica dos documentos sigilosos anexos ao presente, houver deterioração ou perda de seu conteúdo, nenhuma responsabilidade caberá ao INPI, desde que mantida a inviolabilidade dos involucros (ressalvadas as hipóteses de serem abertos por ordem judicial ou motivo de força maior);
- D) que em caso de perda do SIGILO ou dos documentos, por culpa exclusiva do INPI, a indenização por perdas e danos, porventura cabível, estará limitada a 20 (vinte) salários mínimos;
- E) que devo manter guardado, em segurança e inviolado, o COMPARTIMENTO "3" do involucro especial para depósito, que é restituído pelo INPI, para fins de recomposição do arquivo do Instituto, no caso de sua destruição total ou parcial por algum tipo de sinistro;
- F) que deverei manter endereço atualizado junto à Divisão de Registro de Programa de Computador, a fim de garantir o recebimento das comunicações relativas ao andamento do meu pedido/registro, ressalvando o INPI de qualquer responsabilidade decorrente da não observação deste preceito.

DADOS DO PROCURADORCPF/CNPJ* Código do Procurador (se houver) Nome Endereço Cidade UF País CEP Telefone FAX E-mail **DECLARO, SOB AS PENAS DA LEI, SEREM VERDADEIRAS AS INFORMAÇÕES PRESTADAS**

VOTUPORANGA-SP/ 22 DE NOVEMBRO DE 2016

Local/Data


 Assinatura/Carimbo

Anexo II – RESOLUÇÃO Nº375 DO CONAMA DE 2006.

Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.

(Publicação - Diário Oficial da União 30/08/2006)

O **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA**, no uso das competências que lhe são conferidas pelos arts. 6o, inciso II e 8o, inciso VII, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto no 99.274, de 6 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e considerando que a produção de lodos de esgoto é uma característica intrínseca dos processos de tratamento de esgotos e tende a um crescimento no mínimo proporcional ao crescimento da população humana e a solução para sua disposição é medida que se impõe com urgência;

Considerando que os lodos de esgoto correspondem a uma fonte potencial de riscos à saúde pública e ao ambiente e potencializam a proliferação de vetores de moléstias e organismos nocivos;

Considerando que devido a fatores naturais e acidentais os lodos de esgotos são resíduos que podem conter metais pesados, compostos orgânicos persistentes e patógenos em concentrações nocivas à saúde e ao meio ambiente;

Considerando a necessidade de dispor os lodos de esgoto provenientes das estações de tratamento de esgoto sanitário de forma adequada à proteção do meio ambiente e da saúde da população;

Considerando que o lodo de esgoto sanitário constitui fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as plantas e que sua aplicação no solo pode trazer benefícios à agricultura;

Considerando que o lodo de esgoto é um resíduo que pode conter elementos químicos e patógenos danosos à saúde e ao meio ambiente;

Considerando que o uso agrícola do lodo de esgoto é uma alternativa que apresenta vantagens ambientais quando comparado a outras práticas de destinação final; e

Considerando que a aplicação do lodo de esgoto na agricultura se enquadra nos princípios de reutilização de resíduos de forma ambientalmente adequada, resolve:

Seção I

Das Disposições Preliminares

Art. 1º Esta Resolução estabelece critérios e procedimentos para o uso, em áreas agrícolas, de lodo de esgoto gerado em estação de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, visando benefícios à agricultura e evitando riscos à saúde pública e ao ambiente.

Parágrafo único. Para a produção, compra, venda, cessão, empréstimo ou permuta do lodo de esgoto e seus produtos derivados, além do previsto nesta Resolução, deverá ser observado o disposto no Decreto no 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que regulamenta a Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura.

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - agentes patogênicos: bactérias, protozoários, fungos, vírus, helmintos, capazes de provocar doenças ao hospedeiro;

II - aplicação no solo: ação de aplicar o lodo de esgoto sanitário ou produto derivado uniformemente:

a) sobre a superfície do terreno (seguida ou não de incorporação);

b) em sulcos;

c) em covas;

d) por injeção subsuperficial;

III - áreas agrícolas: áreas destinadas à produção agrícola e silvicultura;

IV - áreas de aplicação do lodo de esgoto: áreas agrícolas em que o lodo de esgoto ou produto derivado é aplicado;

V - atratividade de vetores: característica do lodo de esgoto ou produto derivado, não tratado ou tratado inadequadamente, de atrair roedores, insetos ou outros vetores de agentes patogênicos;

VI - carga acumulada teórica de uma substância inorgânica:

a) somatório das cargas aplicadas;

b) somatório (taxa de aplicação X concentração da substância inorgânica no lodo de esgoto ou produto derivado aplicado);

VII - concentração de microrganismos: número de microrganismos presentes no lodo de esgoto ou produto derivado por unidade de massa dos sólidos totais (base seca);

VIII - esgoto sanitário: despejo líquido constituído de esgotos predominantemente domésticos, água de infiltração e contribuição pluvial parasitária;

IX - estabilização: processo que leva os lodos de esgoto destinados para o uso agrícola a não apresentarem potencial de geração de odores e de atratividade de vetores, mesmo quando reumidificados;

X - Estação de Tratamento de Esgotos-ETE: estrutura de propriedade pública ou privada utilizada para o tratamento de esgoto sanitário;

XI - fração de mineralização do nitrogênio do lodo de esgoto ou produto derivado: fração do nitrogênio total nos lodos de esgoto ou produto derivado, que, por meio do processo de mineralização, será transformada em nitrogênio inorgânico disponível para as plantas;

XII - lodo de esgoto: resíduo gerado nos processos de tratamento de esgoto sanitário;

XIII - lodo de esgoto ou produto derivado estabilizado: lodo de esgoto ou produto derivado que não apresenta potencial de geração de odores e atração de vetores de acordo com os níveis estabelecidos nesta norma;

XIV - lodo de esgoto ou produto derivado higienizado: lodo de esgoto ou produto derivado submetido a processo de tratamento de redução de patógenos de acordo com os níveis estabelecidos nesta norma;

XV - lote de lodo de esgoto ou produto derivado: quantidade de lodo de esgoto ou produto derivado destinado para uso agrícola, gerada por uma Estação de Tratamento de Esgoto-ETE ou Unidade de Gerenciamento de Lodo-UGL no período compreendido entre duas amostragens subsequentes, caracterizada físico-química e microbiologicamente;

XVI - manipulador: pessoa física ou jurídica que se dedique à atividade de aplicação, manipulação ou armazenagem de lodo de esgoto ou produto derivado;

XVII - parcela: área homogênea, definida para fins de monitoramento, com base nos critérios definidos no Anexo IV desta Resolução;

XVIII - produto derivado: produto destinado a uso agrícola que contenha lodo de esgoto em sua composição;

XIX - projeto agrônômico: projeto elaborado por profissional habilitado visando a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado em determinada área agrícola, observando os critérios e procedimentos estabelecidos nesta Resolução;

XX - taxa de aplicação: quantidade de lodo de esgoto ou produto derivado aplicada em toneladas (base seca) por hectare, calculada com base nos critérios definidos nesta Resolução;

XXI - transportador de lodo de esgoto: pessoa física ou jurídica que se dedique à movimentação de lodo de esgoto ou produto derivado, da ETE à UGL e desta às áreas de aplicação agrícola, mediante veículo apropriado ou tubulação; e

XXII - Unidade de Gerenciamento de Lodo-UGL: unidade responsável pelo recebimento, processamento, caracterização, transporte, destinação do lodo de esgoto produzido por uma ou mais estações de tratamento de esgoto sanitário e monitoramento dos efeitos ambientais, agrônômicos e sanitários de sua aplicação em área agrícola.

Art 3º Os lodos gerados em sistemas de tratamento de esgoto, para terem aplicação agrícola, deverão ser submetidos a processo de redução de patógenos e da atratividade de vetores, de acordo com o Anexo I desta Resolução.

§ 1º Esta Resolução não se aplica a lodo de estação de tratamento de efluentes de processos industriais.

§ 2º Esta Resolução veta a utilização agrícola de:

I - lodo de estação de tratamento de efluentes de instalações hospitalares;

II - lodo de estação de tratamento de efluentes de portos e aeroportos;

III - resíduos de gradeamento;

IV - resíduos de desarenador;

V - material lipídico sobrenadante de decantadores primários, das caixas de gordura e dos reatores anaeróbicos;

VI - lodos provenientes de sistema de tratamento individual, coletados por veículos, antes de seu tratamento por uma estação de tratamento de esgoto;

VII - lodo de esgoto não estabilizado; e

VIII - lodos classificados como perigosos de acordo com as normas brasileiras vigentes.

Art. 4º Os lotes de lodo de esgoto e de produtos derivados, para o uso agrícola, devem respeitar os limites estabelecidos no art. 11, Tabelas 2 e 3, desta Resolução.

Parágrafo único. Não poderão ser misturados lodos de esgoto que não atendam as características definidas no art. 11, Tabelas 2 e 3, desta Resolução.

Art. 5º Para o uso de lodo de esgoto como componente de produtos derivados destinados para uso agrícola, o lote deverá atender aos limites para as substâncias potencialmente tóxicas, definidos no art. 11, Tabela 2, desta Resolução.

Art. 6º É proibida a importação de lodo de esgoto ou produto derivado.

Art. 7º A caracterização do lodo de esgoto ou produto derivado a ser aplicado deve incluir os seguintes aspectos:

- I - potencial agrônômico;
- II - substâncias inorgânicas e orgânicas potencialmente tóxicas;
- III - indicadores bacteriológicos e agentes patogênicos; e
- IV - estabilidade.

§ 1º Para a caracterização do potencial agrônômico do lodo de esgoto ou produto derivado deverão ser determinados, de acordo com os Anexos II, III e IV desta Resolução, os seguintes parâmetros:

- I - carbono orgânico;
- II - fósforo total;
- III - nitrogênio Kjeldahl;
- IV - nitrogênio amoniacal;
- V - nitrogênio nitrato/nitrito;
- VI - pH em água (1:10);
- VII - potássio total;
- VIII - sódio total;
- IX - enxofre total;
- X - cálcio total;
- XI - magnésio total;
- XII - umidade; e
- XIII - sólidos voláteis e totais.

§ 2º Para a caracterização química do lodo de esgoto ou produto derivado quanto à presença de substâncias inorgânicas, deverão ser determinadas, de acordo com os Anexos II e IV desta Resolução, as seguintes substâncias:

- I - Arsênio;
- II - Bário;
- III - Cádmiu;
- IV - Chumbo;
- V - Cobre;
- VI - Cromo;
- VII - Mercúrio;
- VIII - Molibdênio;
- IX - Níquel;
- X - Selênio; e
- XI - Zinco.

§ 3º Para a caracterização química do lodo de esgoto ou produto derivado quanto à presença de substâncias orgânicas, deverão ser determinadas, de acordo com os Anexos II e IV desta Resolução, as substâncias indicadas na Tabela 1 do Anexo V desta Resolução, inclusive quantitativamente.

§ 4º Em função das características específicas da bacia de esgotamento sanitário e dos efluentes recebidos, as UGLs poderão requerer, junto ao órgão ambiental competente, dispensa ou alteração da lista de substâncias orgânicas a serem analisadas nos lotes de lodo de esgoto ou produto derivado.

§ 5º Para a caracterização do lodo de esgoto ou produto derivado quanto à presença de agentes patogênicos e indicadores bacteriológicos, deverão ser determinadas, de acordo com os Anexos II e IV desta Resolução, e as concentrações de:

- I - coliformes termotolerantes;
- II - ovos viáveis de helmintos;
- III - *Salmonella*; e
- IV - vírus entéricos.

§ 6º Para fins de utilização agrícola, o lodo de esgoto ou produto derivado será considerado estável se a relação entre sólidos voláteis e sólidos totais for inferior a 0,70.

Art. 8º O órgão ambiental competente poderá solicitar, mediante motivação, outros ensaios e análises não listados nesta Resolução.

Parágrafo único. Em função das características específicas da bacia de esgotamento sanitário e dos efluentes recebidos, as UGLs poderão requerer, junto ao órgão ambiental competente, dispensa ou alteração da lista de substâncias a serem analisadas nos lotes de lodo de esgoto ou produto derivado.

Art. 9º A aplicação de lodo de esgoto e produtos derivados no solo agrícola somente poderá ocorrer mediante a existência de uma UGL devidamente licenciada pelo órgão ambiental competente.

§ 1º O licenciamento ambiental da UGL deve obedecer aos mesmos procedimentos adotados para as atividades potencialmente poluidoras e/ou modificadoras do meio ambiente, exigidos pelos órgãos ambientais competentes.

§ 2º O licenciamento ambiental da UGL contemplará obrigatoriamente as áreas de aplicação.

§ 3º O processo de licenciamento deve prever mecanismos de prestação de informações à população da localidade em que será utilizado o lodo de esgoto ou produto derivado sobre:

- I - os benefícios;
- II - riscos;
- III - tipo e classe de lodo de esgoto ou produto derivado empregado;
- IV - critérios de aplicação;
- V - procedimentos para evitar a contaminação do meio ambiente e do homem por organismos patogênicos; e
- IV - o controle de proliferação de animais vetores.

Seção II

Da Frequência de Monitoramento do Lodo de Esgoto ou Produto Derivado

Art. 10. O monitoramento das características do lodo de esgoto ou produto derivado deverá ser implementado de acordo com os critérios de frequência definidos na Tabela 1.

Tabela 1. Frequência de monitoramento

Quantidade de lodo de esgoto ou produto derivado destinado para aplicação na agricultura em toneladas/ano (base seca)	Frequência de monitoramento
até 60	Anual, preferencialmente anterior ao período de maior demanda pelo lodo de esgoto ou produto derivado
de 60 a 240	Semestral, preferencialmente anterior aos períodos de maior demanda pelo lodo de esgoto ou produto derivado
de 240 a 1.500	Trimestral
de 1.500 a 15.000	Bimestral
acima de 15.000	Mensal

§ 1º A caracterização do lodo de esgoto ou produto derivado, representada por amostragem, é válida exclusivamente para o lote gerado no período compreendido entre esta amostragem e a subsequente.

§ 2º Caso os valores para substâncias potencialmente tóxicas alcancem 80% dos limites estabelecidos por esta Resolução, a frequência de monitoramento deverá ser aumentada, segundo parâmetros definidos pelo órgão ambiental competente, e a UGL deverá implementar as medidas adequadas para reduzir estes valores.

§ 3º A critério do órgão ambiental licenciador, em conjunto com os órgãos de saúde e de agricultura competentes, as frequências de amostragem podem ser aumentadas, devidamente justificadas.

§ 4º As análises químicas e biológicas previstas nesta Resolução devem ser realizadas em laboratórios que adotem os procedimentos de controle de qualidade analítica necessários ao atendimento das condições exigíveis.

§ 5º Os lotes de lodo de esgoto ou produto derivado, para uso agrícola que não se enquadrarem nos limites e critérios definidos nesta resolução deverão receber outra forma de destinação final, devidamente detalhada no processo de licenciamento ambiental e aprovada pelo órgão ambiental licenciador.

Seção III

Requisitos Mínimos de Qualidade do Lodo de Esgoto ou Produto Derivado Destinado a Agricultura

Art. 11. Os lotes de lodo de esgoto e de produtos derivados, para o uso agrícola, devem respeitar os limites máximos de concentração das Tabelas 2 e 3, a seguir especificadas:

Tabela 2. Lodos de esgoto ou produto derivado - substâncias inorgânicas

Substâncias Inorgânicas	Concentração Máxima permitida no lodo de esgoto ou produto derivado (mg/kg, base seca)
Arsênio	41
Bário	1300
Cádmio	39
Chumbo	300
Cobre	1500
Crômio	1000
Merúrio	17
Molibdênio	50
Níquel	420
Selênio	100
Zinco	2800

Tabela 3. Classes de lodo de esgoto ou produto derivado - agentes patogênicos

Tipo de lodo de esgoto ou produto derivado	Concentração de patógenos
A	Coliformes Termotolerantes < 103 NMP / g de ST Ovos viáveis de helmintos < 0,25 ovo / g de ST <i>Salmonella</i> ausência em 10 g de ST Vírus < 0,25 UFP ou UFF / g de ST
B	Coliformes Termotolerantes < 106 NMP / g de ST Ovos viáveis de helmintos < 10 ovos / g de ST ST: Sólidos Totais NMP: Número Mais Provável UFF: Unidade Formadora de Foco UFP: Unidade Formadora de Placa

§ 1º Decorridos 5 anos a partir da data de publicação desta Resolução, somente será permitida a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado classe A, exceto sejam propostos novos critérios ou limites baseados em estudos de avaliação de risco e dados epidemiológicos nacionais, que demonstrem a segurança do uso do lodo de esgoto Classe B.

§ 2º As UGLs terão, após a data de publicação desta Resolução, 18 meses para se adequarem a esta Resolução.

Seção IV

Das Culturas Aptas a Receberem Lodo de Esgoto ou Produto Derivado

Art 12. É proibida a utilização de qualquer classe de lodo de esgoto ou produto derivado em pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo.

§ 1º Em solos onde for aplicado lodo de esgoto ou produto derivado, as pastagens poderão ser implantadas após um período mínimo de 24 meses da última aplicação.

§ 2º Em solos onde for aplicado lodo de esgoto ou produto derivado, somente poderão ser cultivadas olerícolas, tubérculos, raízes e demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo bem como cultivos inundáveis, após um período mínimo de 48 meses da última aplicação.

Art. 13. Lodos de esgoto ou produto derivado enquadrados como classe A poderão ser utilizados para quaisquer culturas, respeitadas as restrições previstas nos arts. 12 e 15 desta Resolução.

Art. 14. A utilização de lodo de esgoto ou produto derivado enquadrado como classe B é restrita ao cultivo de café, silvicultura, culturas para produção de fibras e óleos, com a aplicação mecanizada, em sulcos ou covas, seguida de incorporação, respeitadas as restrições previstas no art. 15 e no inciso XI, do art. 18 desta Resolução.

Seção V

Das Restrições Locacionais e da Aptidão do Solo das Áreas de Aplicação

Art. 15. Não será permitida a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado:

- I - em unidades de conservação, com exceção das Áreas de Proteção Ambiental-APA;
- II - em Área de Preservação Permanente-APP;
- III - em Áreas de Proteção aos Mananciais-APMs definidas por legislações estaduais e municipais e em outras áreas de captação de água para abastecimento público, a critério do órgão ambiental competente;
- IV - no interior da Zona de Transporte para fontes de águas minerais, balneários e estâncias de águas minerais e potáveis de mesa, definidos na Portaria DNPM no 231, de 1998;
- V - num raio mínimo de 100 m de poços rasos e residências, podendo este limite ser ampliado para garantir que não ocorram incômodos à vizinhança;
- VI - numa distância mínima de 15 (quinze) metros de vias de domínio público e drenos interceptadores e divisores de águas superficiais de jusante e de trincheiras drenantes de águas subterrâneas e superficiais;
- VII - em área agrícola cuja declividade das parcelas ultrapasse:
 - a) 10% no caso de aplicação superficial sem incorporação;
 - b) 15% no caso de aplicação superficial com incorporação;
 - c) 18% no caso de aplicação subsuperficial e em sulcos, e no caso de aplicação superficial sem incorporação em áreas para produção florestal;
 - d) 25% no caso de aplicação em covas;
- VIII - em parcelas com solos com menos de 50 cm de espessura até o horizonte C;
- IX - em áreas onde a profundidade do nível do aquífero freático seja inferior a 1,5 m na cota mais baixa do terreno; e
- X - em áreas agrícolas definidas como não adequadas por decisão motivada dos órgãos ambientais e de agricultura competentes.

§ 1º O lodo de esgoto ou produto derivado poderão ser utilizados na zona de amortecimento de unidades de conservação, desde que sejam respeitadas as restrições e os cuidados de aplicação previstas nesta Resolução, bem como restrições previstas no Plano de Manejo, mediante prévia autorização do órgão responsável pela administração da unidade de conservação.

§ 2º No caso da identificação de qualquer efeito adverso decorrente da aplicação de lodos de esgoto ou produto derivado realizada em conformidade com esta Resolução, e com vistas a proteger a saúde humana e o ambiente, as autoridades competentes deverão estabelecer, imediatamente após a mencionada identificação, requisitos complementares aos padrões e critérios insertos nesta Resolução.

Seção VI

Do Projeto Agronômico e das Condições de Uso

Art. 16. Toda aplicação de lodo de esgoto e produtos derivados em solos agrícolas deve ser obrigatoriamente condicionada à elaboração de um projeto agronômico para as áreas de aplicação, conforme roteiro constante do Anexo VIII desta Resolução, firmado por profissional devidamente habilitado, que atenda aos critérios e procedimentos ora estabelecidos.

Parágrafo único. A UGL deverá encaminhar ao proprietário e ao arrendatário ou administrador da área, declaração baseada no modelo constante do Anexo VI desta Resolução, contendo informações sobre as características do lodo de esgoto ou produto derivado, em especial quanto ao tratamento adotado para redução de patógenos e vetores, e orientações quanto à aplicação, baseadas no projeto agronômico, para aprovação e consentimento dos mesmos.

Seção VII

Da Aplicação

Art 17. Deverá ser adotado, para a taxa de aplicação máxima em base seca, o menor valor calculado de acordo com os seguintes critérios:

I - a aplicação máxima anual de lodo de esgoto e produtos derivados em toneladas por hectare não deverá exceder o quociente entre a quantidade de nitrogênio recomendada para a cultura (em kg/ha), segundo a recomendação agronômica oficial do Estado, e o teor de nitrogênio disponível no lodo de esgoto ou produto derivado (N_{disp} em kg/t), calculado de acordo com o Anexo III desta Resolução;

$$\frac{N \text{ recomendado (kg/ha)}}{\text{Taxa de aplicação (t/ha)} = N_{disp} \text{ (kg/t)}}$$

II - o cálculo da taxa de aplicação máxima anual deverá levar em conta os resultados dos ensaios de elevação de pH provocado pelo lodo de esgoto ou produto derivado constantes do Anexo II desta Resolução, no solo predominante na região de modo a garantir que o pH final da mistura solo-lodo de esgoto ou produto derivado não ultrapasse o limite de 7,0; e

III - observância dos limites de carga total acumulada teórica no solo quanto à aplicação de substâncias inorgânicas, considerando a Tabela 4, a seguir:

Tabela 4. Cargas acumuladas teóricas permitidas de substâncias inorgânicas pela aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado em solos agrícolas.

Substâncias inorgânicas	Carga acumulada teórica permitida de substâncias inorgânicas pela aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado (kg/ha)
Arsênio	30
Bário	265
Cádmio	4
Chumbo	41
Cobre	137
Cromio	154
Mercúrio	1,2
Molibdênio	13
Níquel	74
Selênio	13
Zinco	445

Art. 18. Para o manuseio e a aplicação do lodo de esgoto e seus produtos derivados, a UGL deverá informar ao proprietário, arrendatário, operadores e transportadores as seguintes exigências:

- I - restrições de uso da área e do lodo de esgoto ou produto derivado;
- II - limites da área de aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado estabelecidos no projeto agrônomico;
- III - técnicas e práticas adequadas de conservação de solo e água;
- IV - não aplicar lodo de esgoto ou produto derivado em condições de chuvas;
- V - evitar a aplicação manual de lodo de esgoto ou produto derivado classe A;
- VI - para o lodo de esgoto ou produto derivado classe B fazer obrigatoriamente a aplicação mecanizada, em sulcos ou covas, com incorporação do lodo de esgoto ou produto derivado logo após a aplicação;
- VII - orientar os operadores quanto aos procedimentos de higiene e segurança e ao uso de equipamentos de proteção individual conforme legislação trabalhista;
- VIII - usar equipamento adequado e regulado de forma a garantir a taxa de aplicação prevista no projeto;
- IX - evitar a realização de cultivo ou outro trabalho manual na área que recebeu o lodo de esgoto ou produto derivado, por um período de 30 dias após a aplicação;
- X - em caso de colheita manual, a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado classe B deverá ser feita no mínimo 6 meses antes da colheita;
- XI - para o lodo de esgoto ou produto derivado classe B, tomar medidas adequadas para restringir o acesso do público às áreas de aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado, durante um período de 12 meses após a última aplicação. Estas medidas devem, necessariamente, incluir a colocação de sinalização indicando as atividades que estão sendo realizadas em cada local; e
- XII - o proprietário ou arrendatário deve notificar quaisquer situações de desconformidade com a execução do projeto agrônomico à UGL que deverá informar imediatamente aos órgãos competentes.

Seção VIII

Do Carregamento, Transporte e Estocagem

Art. 19. A UGL é responsável pelo procedimento de carregamento e transporte do lodo de esgoto ou produto derivado, devendo respeitar o disposto no Anexo VII desta Resolução.

Art. 20. A estocagem do lodo de esgoto ou produto derivado na propriedade deve se restringir a um período máximo de 15 dias, devendo atender aos seguintes critérios:

I - a declividade da área de estocagem não pode ser superior a 5%; e

II - a distância mínima do local de estocagem a rios, poços, minas e cursos d'água, canais, lagos e residências deverá respeitar o disposto no art. 15 desta Resolução.

Parágrafo único. É proibida a estocagem diretamente sobre o solo de lodo de esgoto ou produto derivado contendo líquidos livres, cuja identificação deverá ser feita pela norma brasileira vigente.

Seção IX

Do Monitoramento das Áreas de Aplicação do Lodo de Esgoto ou Produto Derivado

Art. 21. A UGL caracterizará o solo agrícola deverá ser caracterizado pela UGL, antes da primeira aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado, observando o constante nos Anexos II e IV, quanto:

I - aos parâmetros de fertilidade;

II - sódio trocável;

III - condutividade elétrica; e

IV - substâncias inorgânicas.

§ 1º A utilização da área proposta para aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado dependerá da avaliação da qualidade do solo, realizada mediante a comparação dos resultados analíticos com valores orientadores de qualidade de solo, a critério do órgão ambiental competente.

§ 2º Para substâncias orgânicas, as concentrações permitidas no solo são as constantes na Tabela 2 do Anexo V desta Resolução.

§ 3º O monitoramento dos parâmetros de fertilidade do solo deve ser realizado, no mínimo a cada 3 anos, quando houver aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado na área em questão.

§ 4º O monitoramento dos parâmetros de fertilidade do solo deverá ser realizado antes de cada aplicação, no caso de lodo de esgoto ou produto derivado com estabilização alcalina.

§ 5º O monitoramento de substâncias inorgânicas no solo deverá ser realizado nos seguintes casos:

I - a cada aplicação, sempre que estas substâncias inorgânicas forem consideradas poluentes limitantes da taxa de aplicação;

II - quando a carga acumulada teórica adicionada para qualquer uma das substâncias inorgânicas monitoradas alcançar 80% da carga acumulada teórica permitida estabelecida na Tabela 4, do art. 17 desta Resolução, para verificar se as aplicações subseqüentes são apropriadas; e

III - a cada 5 aplicações, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade do solo.

§ 6º O monitoramento de substâncias orgânicas no solo deverá ser realizado sempre que estas substâncias forem detectadas na caracterização do lote de lodo de esgoto ou produto derivado, devendo ser observadas as concentrações constantes da Tabela 2, do Anexo V, e os Anexos II e IV desta Resolução, sendo que a frequência deste monitoramento deve ser estabelecida pelo órgão ambiental competente.

§ 7º A critério do órgão ambiental competente, podem ser requeridos monitoramentos adicionais, incluindo-se o monitoramento das águas subterrâneas ou de cursos d'água superficiais.

Art. 22. A aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado na agricultura deve ser interrompida nos locais em que forem verificados danos ambientais ou à saúde pública.

Seção X

Das Responsabilidades

Art. 23. São de responsabilidade do gerador e da UGL o gerenciamento e o monitoramento do uso agrícola do lodo de esgoto ou produto derivado.

§ 1º Os resultados dos monitoramentos previstos nesta Resolução poderão a qualquer momento, ser auditados pelo órgão ambiental.

§ 2º Quando comprovado o uso do lodo de esgoto ou produto com negligência, imprudência, má-fé ou inobservância dos critérios e procedimentos previstos nesta Resolução, a responsabilidade será de seu autor.

Art. 24. São considerados responsáveis solidários pela qualidade do solo e das águas em áreas onde será aplicado o lodo de esgoto ou produto derivado:

I - o gerador do lodo de esgoto ou produto derivado;

II - a UGL que encaminhar o lodo de esgoto ou produto derivado para aplicação no solo;

III - o proprietário da área de aplicação;

IV - o detentor da posse efetiva;

V - o técnico responsável;

VI - o transportador; e

VII - quem se beneficiar diretamente da aplicação.

Art. 25. O produtor, o manipulador, o transportador e o responsável técnico pelas áreas licenciadas, que irão receber aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado, deverão informar imediatamente ao órgão ambiental competente qualquer acidente ou fato potencialmente gerador de um acidente ocorrido nos processos de produção, manipulação, transporte e aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado, que importem em despejo acidental de lodo de esgoto ou produto derivado no meio ambiente.

Capítulo XI

Das Disposições Finais

Art 26. Para fins de fiscalização, a UGL deverá manter em arquivo todos os documentos referidos nesta Resolução, em especial os projetos agronômicos, relatórios e resultados de análises e monitoramento, por um prazo mínimo de dez anos.

Parágrafo único. Em caso de falência, dissolução ou liquidação da UGL, os documentos devem ser entregues ao órgão ambiental para serem apensados ao processo de licenciamento.

Art. 27. As informações previstas nesta Resolução integrarão um banco de dados, organizado e mantido pelo órgão ambiental licenciador, que deverá garantir a ampla divulgação e utilização de seus dados.

§ 1º A UGL deverá encaminhar ao órgão ambiental licenciador os resultados dos monitoramentos de solo e lodo de esgoto.

§ 2º A UGL deverá informar, anualmente, ao órgão ambiental licenciador as propriedades que receberam o lodo de esgoto, produtos derivados e respectivas quantidades, que deverá torná-los públicos, preferencialmente por meio eletrônico.

§ 3º Os órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente-SISNAMA estabelecerão, no prazo de noventa dias, a contar da data de publicação desta Resolução, instrução normativa no âmbito de sua competência, contemplando as informações que deverão ser encaminhadas pela UGL.

Art. 28. Os critérios técnicos adotados nesta Resolução poderão ser reformulados e/ou complementados a qualquer tempo de acordo com o desenvolvimento científico e tecnológico e a necessidade de preservação ambiental, saúde pública e manejo sustentável do solo, devendo ser revisada obrigatoriamente no sétimo ano de sua publicação.

Art. 29. O Ministério do Meio Ambiente coordenará grupo de monitoramento permanente para o acompanhamento desta Resolução, que deverá se reunir ao menos anualmente, contando com a participação de um representante e respectivo suplente dos órgãos de :

- I - saúde;
- II - agricultura;
- III - meio ambiente;
- IV - planejamento territorial das diferentes esferas de governo;
- V - de instituições de pesquisa e de ensino;
- VI - dos geradores de lodo de esgoto ou produto derivado;
- VII - das UGLs;
- VIII - das entidades representativas dos órgãos estaduais de meio ambiente;
- IX - dos órgãos municipais de meio ambiente; e
- X - das organizações não governamentais de meio ambiente.

Parágrafo único. O grupo de monitoramento de que trata o *caput* deste artigo deverá produzir e apresentar anualmente ao CONAMA relatório contendo recomendações que visem ao aperfeiçoamento desta Resolução.

Art. 30. O não cumprimento do disposto nesta Resolução sujeitará os infratores, entre outras, às penalidades e sanções, respectivamente, previstas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e no Decreto no 3.179, de 21 de setembro de 1999.

Art. 31. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

ANEXO I

PROCESSOS PARA REDUÇÃO DE AGENTES PATOGÊNICOS E ATRATIVIDADE DE VETORES

A descrição dos processos de redução significativa de patógenos, redução adicional de patógenos e atratividade de vetores apresentados a seguir, foram baseados no estabelecido pela U.S.EPA, conforme 40 CFR Part 503 - Appendix B, Federal Register, de 19 de fevereiro de 1993. As listas abaixo relacionam os processos aceitos para redução significativa de patógenos (necessários para a obtenção de lodos de esgoto ou produto derivado tipo B), redução adicional de patógenos (necessários para a obtenção de lodos de esgoto ou produto derivado tipo A) e redução da atratividade de vetores. Outros processos poderão ser propostos, desde que haja comprovação de sua eficiência e seja aceito pelo órgão ambiental.

1. Processos de Redução Significativa de Patógenos

- a) digestão aeróbia - a ar ou oxigênio, com retenções mínimas de 40 dias a 20°C ou por 60 dias a 15°C;
- b) secagem em leitos de areia ou em bacias, pavimentadas ou não, durante um período mínimo de 3 meses;
- c) digestão anaeróbia por um período mínimo de 15 dias a 35-55°C ou de 60 dias a 20°C;

d) 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; e

e) estabilização com cal, mediante adição de quantidade suficiente para que o pH seja elevado até pelo menos 12, por um período mínimo de duas horas.

2. Processos de Redução Adicional de Patógenos

a) compostagem confinada ou 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);

b) secagem térmica direta ou indireta para reduzir 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 produto derivado no momento da descarga do secador, ser superior a 80°C;

c) tratamento térmico pelo aquecimento do lodo de esgoto ou produto derivado líquido a 180°C, no mínimo, durante um período de 30 minutos;

d) digestão aeróbia termofílica a ar ou oxigênio, com tempos de residência de 10 dias a temperaturas de 55 a 60°C;

e) processos de irradiação com raios beta a 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 e

f) processos de pasteurização, pela manutenção do lodo de esgoto ou produto derivado a uma temperatura mínima de 70°C, por um período de pelo menos 30 minutos.

1)3. Processos para Redução da Atratividade de Vetores

Nesta lista está indicado, entre parênteses, o número do critério a ser observado para verificação da aceitabilidade do processo quanto à redução de atratividade de vetores.

- a) digestão anaeróbia do lodo de esgoto ou produto derivado (critério 1 ou 2);
- b) digestão aeróbia do lodo de esgoto ou produto derivado (critério 1 ou 3 ou 4 ou 5);
- c) compostagem (critério 5);
- d) estabilização química (critério 6);
- e) secagem (critério 7 ou 8);
- f) aplicação subsuperficial (critério 9) e
- g) incorporação no solo (critério 10).

Estes processos serão aceitos apenas se forem atendidos os critérios especificados abaixo.

Critérios para verificar se o processo de tratamento adotado para o lodo de esgoto ou produto derivado reduz o potencial de disseminação de doenças por meio de vetores (ex. moscas, roedores, mosquitos):

critério 1 – relacionado à digestão aeróbia ou anaeróbia: a concentração de sólidos voláteis (SV) deve ser reduzida em 38% ou mais. A redução de SV é medida pela comparação de sua concentração no afluente, do processo de estabilização de lodo de esgoto ou produto derivado (digestão aeróbia ou anaeróbia), com a sua concentração no lodo de esgoto ou produto derivado pronto para uso ou disposição;

critério 2 - relacionado à digestão anaeróbia: caso a redução de 38% de SV do lodo de esgoto ou produto derivado não seja atingida, após o mesmo ser submetido a um processo de digestão anaeróbia, o processo adotado será aceito apenas se em escala de laboratório a mesma amostra de lodo de esgoto ou produto derivado, após um período adicional de 40 dias de digestão, com temperatura variando entre 30 e 37 °C, apresentar uma redução de SV menor que 17%;

critério 3 - relacionado à digestão aeróbia: caso a redução de 38% de SV do lodo de esgoto ou produto derivado não seja atingida, após o mesmo ser submetido a um processo de digestão aeróbia, e o lodo de esgoto ou produto derivado possuir uma concentração de matéria seca (M.S.) inferior a 2%, o processo adotado será aceito apenas se em escala de laboratório a mesma amostra de lodo de esgoto ou produto derivado, após um período adicional de 30 dias de digestão, com temperatura mínima de 20 °C, apresentar uma redução de SV menor que 15%;

critério 4 - relacionado à digestão aeróbia: após o período de digestão, a taxa específica de consumo de oxigênio (SOUR – Specific Oxygen Uptake Rate) deve ser menor ou igual a 1,5 mg O₂/[hora x grama de sólidos totais (ST)] a 20°C;

critério 5 - relacionado à compostagem ou outro processo aeróbio: durante o processo, a temperatura deve ser mantida acima de 40° C por pelo menos 14 dias. A temperatura média durante este período deve ser maior que 45°C;

critério 6 - relacionado à estabilização química: a uma temperatura de 25°C, a quantidade de álcali misturada com o lodo de esgoto ou produto derivado, deve ser suficiente para que o pH seja elevado até pelo menos 12 por um período mínimo de 2 horas, permanecendo acima de 11,5 por mais 22 horas. Estes valores devem ser alcançados sem que seja feita uma aplicação adicional de álcali;

critério 7 - relacionado à secagem com ventilação forçada ou térmica para lodos de esgoto ou produto derivado que não receberam adição de lodos primários brutos: após o processo de secagem, a concentração de sólidos deve alcançar no mínimo 75% M.S., sem que haja mistura de qualquer aditivo. Não é aceita a mistura com outros materiais para alcançar a porcentagem exigida de sólidos totais;

critério 8 - relacionado à secagem por aquecimento ou ao ar para lodos de esgoto ou produto derivado que receberam adição de lodos primários brutos: após o processo de secagem, a concentração de sólidos deve alcançar no mínimo 90% M.S., sem que haja mistura de qualquer aditivo. Não se aceita a mistura com outros materiais para alcançar a porcentagem exigida de sólidos totais;

critério 9 - relacionado à aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado no solo na forma líquida: a injeção do lodo de esgoto ou produto derivado líquido sob a superfície será aceita como um processo de redução de atração de vetores se: não for verificada a presença de quantidade significativa de lodo de esgoto ou produto derivado na superfície do solo após uma hora da aplicação. No caso de lodo de esgoto ou produto derivado classe A, a injeção do lodo de esgoto ou produto derivado deve ser feita num período máximo de até oito horas após a finalização do processo de redução de patógenos;

critério 10 - relacionado à aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado no solo: nesta situação, o lodo de esgoto ou produto derivado deve ser incorporado no solo antes que transcorram seis horas após a aplicação na área. Se o lodo de esgoto ou produto derivado for classe A, deve ser aplicado e incorporado decorridas, no máximo, oito horas após sua descarga do processo de redução de patógenos.

4. Critérios para verificação da adequação de processos de redução da atratividade de vetores
Critérios para verificar se o processo de tratamento adotado para o lodo de esgoto ou produto derivado reduz o potencial de disseminação de doenças por meio de vetores (ex. moscas, roedores, mosquitos):

a) A concentração de sólidos voláteis (SV) deve ser reduzida em 38% ou mais. A redução de SV é medida pela comparação de sua concentração no afluente, do processo de estabilização de lodo de esgoto ou produto derivado (digestão aeróbia ou anaeróbia), com a sua concentração no lodo de esgoto ou produto derivado pronto para uso ou disposição.

b) Condição referida à digestão anaeróbia: caso a redução de 38% de SV do lodo de esgoto ou produto derivado não seja atingida, após o mesmo ser submetido a um processo de digestão anaeróbia, o processo adotado será aceito apenas se em escala de laboratório a mesma amostra de lodo de esgoto ou produto derivado, após um período adicional de 40 dias de digestão, com temperatura variando entre 30 e 37 °C, apresentar uma redução de SV menor que 17%.

c) Condição referida à digestão aeróbia: caso a redução de 38% de SV do lodo de esgoto ou produto derivado não seja atingida, após o mesmo ser submetido a um processo de digestão aeróbia, e o lodo de esgoto ou produto derivado possuir uma concentração de matéria seca (M.S.) inferior a 2%, o processo adotado será aceito apenas se em escala de laboratório a mesma amostra de lodo de esgoto ou produto derivado, após um período adicional de 30 dias de digestão, com temperatura mínima de 20 °C, apresentar uma redução de SV menor que 15%.