

DESTINAÇÃO DO LODO DE ESGOTO SANITÁRIO PARA COMPOSTAGEM COM A TECNOLOGIA GORE COVER

Deise Mariano Kempner⁽¹⁾

Pós-Graduanda em Engenharia Sanitária Master (PUC Minas). Tecnóloga em Gestão Ambiental (SENAC). Supervisora de estação na Companhia Águas de Joinville.

Diego Brunelli Ghisi⁽²⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental (UFSC). Mestre em Engenharia Ambiental (UFSC).

Endereço: R. XV de Novembro, 3950 - Glória, Joinville - SC, 89216-202 - Brasil – Tel: (47) 999516091 – E-mail: deise.kempner@aguasdejoinville.com.br

RESUMO

No processo de tratamento de esgoto gera-se o lodo secundário. Este é formado pela biomassa e uma fração inorgânica. O lodo de esgoto é um resíduo sólido de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS e normalmente é destinado a aterros onde gera gases de efeito estufa e diminui a vida útil da unidade. Para realizar a valoração do lodo secundário gerado na estação de tratamento Jarivatuba e contribuir com a redução da pegada de carbono da empresa, foi proposto destinar uma parcela do lodo gerado para o processo de Compostagem com a tecnologia *Gore Cover*. Essa tecnologia reduz em 97% a ocorrência de odores indesejados e não necessita do revolvimento convencional nas leiras. Em setembro de 2021 foi iniciada a destinação para a processo de compostagem e até março 2022 foram destinadas 938 toneladas de lodo para a compostagem, o que representa 37% do total de lodo gerado no período, e gerado aproximadamente 280 toneladas de composto orgânico, que foram aplicados na produção de grama. A destinação para a compostagem contribuiu na redução da pegada de carbono da empresa, pois deixou de emitir aproximadamente 816 toneladas CO_{2eq}, isso equivale ao plantio de 5.712 árvores.

PALAVRAS-CHAVE: Compostagem, Lodo de esgoto, reciclagem.

INTRODUÇÃO

O saneamento básico está em ampliação em todo o país, principalmente nos serviços de coleta, tratamento de esgotos sanitários e tratamento de água. Esses serviços buscam garantir a ausência de doenças veiculadas pelo meio ambiente. O novo Marco de Saneamento Básico, Lei 14.026 de 15 de julho de 2020, foi o propulsor para o aumento de investimentos em saneamento no país. Possui como meta a cobertura de 90% de coleta e tratamento de esgotos sanitários para toda a população brasileira.

A ampliação nesses serviços também inclui o desafio para as organizações destinarem e reciclarem os subprodutos gerados nas estações de tratamento, dentre eles o lodo de esgoto sanitário, levando em consideração os critérios ambientais, econômicos e sociais. Em Joinville, Santa Catarina, o saneamento básico também está em expansão, sendo um dos focos a coleta e tratamento de esgotos sanitários. A empresa responsável por esses serviços no município é a Companhia Águas de Joinville.

As estações de tratamento de esgoto da Companhia Águas de Joinville operam principalmente com sistema biológico aeróbio de tratamento, de forma que, além dos resíduos do tratamento preliminar e primário, como areia e resíduos grosseiros, gera-se o lodo secundário na etapa biológica. Este lodo é formado pela biomassa aeróbia que cresceu às custas do alimento fornecido pelo esgoto afluente e também por uma fração inorgânica (VON SPERLING, 2014; ENGENHARIA, 2012).

Até meados de 2021, todo o lodo secundário gerado nas estações de tratamento de esgoto (ETEs) da Companhia Águas de Joinville fora disposto em aterro industrial licenciado. Dentre as consequências dessa prática encontram-se o elevado custo para disposição em aterros, responsabilidade compartilhada e contribuição para a redução na vida útil do aterro.

De acordo com Feldhaus (2019), até o ano de 2018 o lodo de diferentes processos constituía o segundo resíduo mais recebido no aterro industrial classe II de Joinville, representando 22% da composição dos resíduos, e suas células de recebimento tinham previsão de ampliação. O lodo de processos biológicos de tratamento, quando recebido em aterro, também precisa passar por um processo de tratamento de blendagem, em que se geram percolados e da sua decomposição são emitidos gases de efeito estufa. Esses gases nocivos podem causar a poluição do ar e contribuir para o aquecimento global.

Em Santa Catarina, no ano de 2021, as tecnologias para destinação final de resíduos sólidos (excluindo os domésticos de coleta seletiva) mais utilizadas foram a reciclagem, a recuperação energética e em terceiro lugar os aterros. Os aterros foram utilizados para a destinação final de 13,4% dos resíduos sólidos. Em contrapartida, a geração de resíduos classe I, que são considerados perigosos e necessitam realmente ser dispostos em aterros, representaram apenas 4,2%, indicando que existe o potencial para aumentar a reciclagem, ao invés de realizar a disposição em aterros. Em 2021, no Estado de Santa Catarina, os resíduos gerados nas estações de tratamento de esgoto e nas estações de tratamento de água para consumo humano e industrial, estavam entre as 10 classes de resíduos mais geradas no estado (IMA, 2022).

Buscar novas alternativas para destinar os lodos gerados nas estações de tratamento de esgotos sanitários (ETEs) está alinhado com os objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos 12.305/2010, que estabelece a seguinte ordem de prioridades para os resíduos sólidos: não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. De acordo com Von Sperling (2014), dispor os lodos em aterros é uma opção sustentável apenas quando a valorização é impossível.

O lodo de esgoto possui características que o tornam atrativo para a reciclagem, dentre elas: é uma fonte de matéria orgânica, nutrientes (nitrogênio e fósforo) e também micronutrientes como potássio, cálcio, magnésio, enxofre (COELHO, 2019). A sua utilização como matéria prima na produção de composto/fertilizantes orgânicos, contribui com a melhoria dos solos brasileiros que necessitam do enriquecimento de matéria orgânica e são quimicamente pobres. Também aumenta a porosidade do solo e seu potencial de retenção de água (BELTRAME, 2020; COELHO 2019).

A Companhia Águas de Joinville inseriu em seus pilares estratégicos a sustentabilidade. Entre os objetivos desse pilar está a avaliação e gerenciamento dos riscos, impactos ambientais e sociais decorrentes de suas atividades. Baseado nesse pilar, um dos projetos estratégicos da empresa é a reciclagem e reaproveitamento do lodo gerado nas estações. Esse projeto possui o objetivo de reduzir os custos de operação, contribuir com o meio ambiente, tendo a possibilidade de geração de energia e produção de composto orgânico, fertilizantes orgânicos, condicionadores de solo.

A reciclagem e o reaproveitamento do lodo contribuem com a chamada economia circular e também reduzem a pegada de carbono da empresa. A Economia Circular é pautada no reaproveitamento dos resíduos como matéria-prima no ciclo produtivo evitando que novos recursos sejam extraídos. (SILVA et.al 2018). A pegada de carbono em uma empresa é a quantificação das emissões de efeito estufa geradas no processo produtivo e na execução de suas atividades. A pegada de carbono pode ser quantificada convertendo todas as emissões em Carbono equivalente CO_{eq}.

Essa redução da emissão de gases de efeito estufa pode ser valorada pelo mercado de créditos de carbono. Essa é uma estratégia concebida a partir do protocolo de Kyoto, de maneira geral 1 tonelada deixada de emitir equivale a 1 crédito de carbono. Os países que não conseguem reduzir suas emissões podem comprar os créditos de Carbono. Esse mercado traz benefícios pois as empresas e países estão reduzindo os seus impactos no meio ambiente através da redução de gases de efeito estufa e também geram lucros com essa ação (COELHO, 2019).

Dentre as opções para reduzir as emissões e valorar o lodo secundário gerado nas ETEs está a compostagem. Essa tecnologia é um processo de decomposição biológica controlada dos resíduos orgânicos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições aeróbias e termofílicas, resultando em material estabilizado, com propriedades e características completamente diferentes daqueles que lhe deram origem. (BRASIL, 2017; BELTRAME, 2020). O composto orgânico gerado nesse processo quando possui registro no

MAPA é classificado como fertilizante orgânico e quando utilizado de acordo com critérios da CONAMA 498 de 19 de agosto de 2020 é definido como biossólido e possui valor comercial que pode supri uma parte da demanda de fertilizantes.

Essa proposta visou destinar uma parcela do lodo biológico gerado na ETE Jarivatuba para o processo de compostagem, com o intuito de agregar valor ao resíduo sólido, contribuir com a sustentabilidade da empresa e com o meio ambiente.

Existem várias tecnologias para a compostagem, sendo a escolhida após pesquisas e visita *in loco* a tecnologia *Gore Cover* utilizada pela empresa Composul, em Içara/SC, principalmente por utilizar um sistema com membranas semipermeáveis que retêm odores indesejados. O odor que pode ser gerado na compostagem tradicional é um fator indesejado e pode causar impactos na população. Nessa técnica também é possível reduzir o volume do lodo e impossibilita a proliferação de vetores (COMPOSUL, 2021).

OBJETIVOS

Objetivo desse projeto foi implantar e analisar a destinação de uma parcela do lodo gerado na ETE Jarivatuba para o sistema de compostagem com tecnologia *Gore Cover* e utilização do composto orgânico gerado para a agricultura, reflorestamento e culturas viáveis conforme legislação.

METODOLOGIA UTILIZADA

Caracterização da área de estudo

A ETE Jarivatuba está localizada na Rua Rio Velho s/n, Paranaguamirim, Joinville- SC. Recebe e trata o esgoto sanitário, opera com tratamento aeróbio, tipo lodos ativados, aeração prolongada, fluxo contínuo e ciclo intermitente. Na figura 1 abaixo observa-se uma vista aérea da estação:



Figura 1: Estação de tratamento de esgotos Jarivatuba

No ano de 2020 foram enviadas 265,29 toneladas de resíduos sólidos provenientes da antiga estação Jarivatuba para o aterro de Joinville. Com a instalação da nova ETE Jarivatuba e com a previsão de instalação de novas estações este cenário de geração mudou totalmente. Como a estação Jarivatuba ainda não recebe toda a carga prevista (DBO x Vazão), estipulou-se a geração de lodo para a condição atual de 2021/2022. Para a determinação do lodo excedente calculou-se o descarte em função da carga recebida, resultando em 1200 kg ao dia por reator, sendo quatro reatores, o qual totaliza 4800 kg dia de lodo descartado, gerando em torno de 20m³ de torta desidratada ao dia. (A autora, 2021).

Esta quantidade de torta gerada varia em função da carga recebida, podendo chegar a um volume mais elevado. Na estação estão instaladas três prensas parafuso para o deságue de lodo secundário gerado, com eficiência prevista de gerar tortas com 20% composto por sólidos e o restante por umidade (ENGENHARIA, 2012).

Avaliou-se como uma possível alternativa para a destinação do lodo gerado nas estações de tratamento de esgotos sanitários a compostagem com a tecnologia *Gore Cover*. Essa técnica se difere das demais técnicas de compostagem pela utilização de membranas semipermeáveis em leiras estáticas juntamente com aeração forçada, monitoramento constante de temperatura e oxigênio, não sendo necessário revolvimento do resíduo sólido nas leiras, com grande diferença para a não geração de odores desagradáveis e não proliferação de vetores.

É considerado um processo de ciclo fechado, em que os líquidos gerados são coletados para posterior utilização para manter a umidade nas leiras e o resíduo compostado que não atingir a granulometria especificada volta para o processo como parte do material estruturante (COMPOSUL, 2021). Na figura 2 a

seguir observa-se as unidades da empresa Composul, o local identificado como “recebimento” é onde os caminhões descarregam os resíduos sólidos, na sequência a “leira 1” é a primeira fase do ciclo da compostagem, na “leira 2” é realizada a fase 2 de bioestabilização, na sequência o composto vai para o galpão de peneiramento e “maturação”, no local identificado como “lagoa” é onde recebe os líquidos gerados no processo.



Figura 2: Empresa Composul em Içara e suas unidades: recebimento, leiras1, leiras 2, maturação e lagoa.

No processo de compostagem a estabilização da matéria orgânica é realizada pela atividade de microrganismos, os principais grupos envolvidos na compostagem são as bactérias e fungos. O processo acontece em duas fases principais: a bioestabilização e humificação/maturação.

No início da fase de bioestabilização há um forte crescimento dos microrganismos mesófilos (que se desenvolvem entre 15° C e 43°C), com a elevação gradativa da temperatura, resultante do processo de biodegradação, a população de mesófilos diminui e os microrganismos termófilos proliferam com mais intensidade (40°C e 85°C). A população termófila é extremamente ativa, provocando intensa e rápida degradação da matéria orgânica e maior elevação da temperatura, o que elimina os microrganismos patogênicos.

A fase de humificação inicia quando o substrato orgânico estiver sua maior parte transformado, a temperatura diminui, a população termófila se restringe, a atividade biológica global se reduz de maneira significativa e os mesófilos se instalam novamente (15°C e 43°C). Ao final do processo de humificação o composto é considerado curado e atinge temperatura em torno de 20°C (FERNANDES E DA SILVA (1996) apud BERGI, 2018).

Na figura 3 observam-se as duas principais fases da compostagem, a bioestabilização e a humificação/maturação, assim como a variação de temperatura ao longo dessas fases.

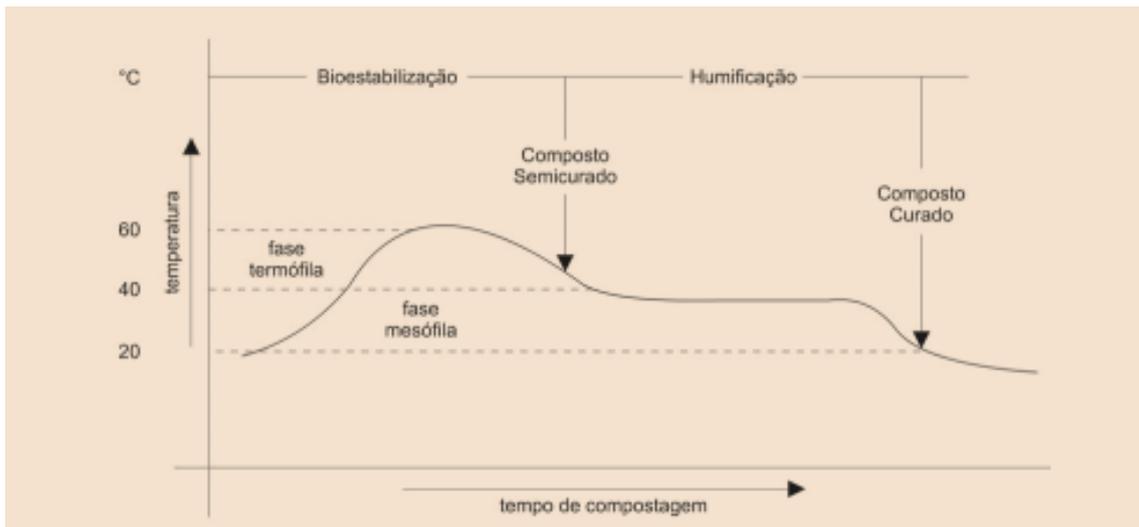


Figura 3: Ciclo da Compostagem

Fonte: D'ALMEIDA & VILHENA, 2000 apud Oliveira 2008.

Para que o processo de compostagem se desenvolva de maneira adequada, os principais parâmetros que precisam de controle e influenciam diretamente o processo são: nutrientes, aeração do sistema, umidade, granulometria e monitoramento da temperatura.

Os nutrientes de maior importância para o equilíbrio desse processo são o nitrogênio e o carbono. Para que o processo de bioestabilização aconteça no tempo esperado é necessário manter uma relação de carbono e nitrogênio mais próxima do ideal: 30 partes de carbono para 1 de nitrogênio, favorecendo o crescimento e a atividade das colônias de microrganismos envolvidos no processo de decomposição possibilitando a produção do composto em menos tempo (KIEHL 1998, apud OLIVEIRA, 2008). Os principais nutrientes requeridos pelos microrganismos são carbono, nitrogênio, fósforo e potássio. O carbono é a principal fonte de energia e o nitrogênio é necessário para a síntese celular (BERGI, 2018).

A aeração da mistura é fundamental no período inicial da compostagem, na fase de degradação rápida, onde a atividade microbiana é intensa. O nível de oxigênio na massa deve permanecer acima de 10% para que os microrganismos anaeróbios não excedam os aeróbios (FERNANDES e DA SILVA, 1996 apud BERGI, 2018; COMPOSUL, 2021).

Os microrganismos necessitam da umidade para uma ótima degradação. A umidade também dissipa calor e serve de meio para o transporte de nutrientes. A faixa de 40% a 60% de umidade nas leiras de compostagem é ideal. Níveis mais altos de umidade freiam a compostagem e promovem o aparecimento de zonas de anaerobiose, pois os espaços vazios são preenchidos com água e impede a livre circulação de oxigênio. Níveis mais baixos também reduzem a atividade microbiana ou causam sua morte. O teor de umidade do composto tende a diminuir ao longo do processo, principalmente durante a aeração. O teor de umidade é um dos parâmetros que devem ser monitorados durante a compostagem para que o processo se desenvolva satisfatoriamente. (BERGI, 2018).

A granulometria é um parâmetro de controle que precisa normalmente ser corrigido com a adição de material estruturante, pois o lodo de esgoto apresenta granulometria muito fina dificultando a inserção de oxigênio em toda a massa. Esta é uma das principais razões para se combinar o lodo com outro resíduo de granulometria mais grossa, o que confere estrutura porosa à mistura a ser compostada. Utiliza-se como material estruturante casca de arroz, podas de árvores, entre outros. Esses materiais são utilizados com dupla função, material estruturante e também auxilia na relação de nutrientes para o equilíbrio do processo. (FERNANDES e DA SILVA, 1996 apud BERGI, 2018; COMPOSUL, 2021).

Com níveis adequados de oxigênio, umidade, relação C/N, as leiras de compostagem podem atingir temperaturas de 65°C. A temperatura é um fator indicativo de equilíbrio do processo, depois de iniciada a fase termófila (em torno de 45°C), o ideal é controlar a temperatura entre 55 e 65°C. Esta é a faixa que permite a

máxima intensidade de atividade microbiológica. Acima de 65°C a atividade microbiológica cai e o ciclo de compostagem fica mais longo (FERNANDES E DA SILVA apud BERGI, 2018).

O processo de compostagem possui legislações específicas para serem atendidas, as mais atualizadas que consideram a utilização de lodos de esgotos sanitários nesse processo são:

- A Política Nacional de Resíduos Sólidos que traz a hierarquia de destinação;
- A Instrução Normativa 61 de 8 de julho de 2020 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura;
- A Instrução normativa SDA 07/2016 do MAPA, que estabelece limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo;
- A CONAMA 498 de 19 de agosto de 2020 que define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biofóssido em solos;
- A resolução CONAMA 481/2017 estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos.
- O produto derivado de lodo de esgoto sanitários que possui registro no MAPA não se aplica a CONAMA 498/2020 e sim as instruções normativas do MAPA.

Para aplicação em escala real desse projeto foram analisadas essas legislações vigentes e utilizou-se como referência as instruções normativas do MAPA e CONAMA 498/2020, que resultam em um composto/fertilizante orgânico com menores valores de contaminantes e com menos restrições para a aplicação. A instrução normativa do MAPA N° 61, 2020 classifica os fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos e organominerais de acordo com a matéria-prima utilizada na sua produção. Os fertilizantes que utilizam lodo gerado em estações de tratamento de esgoto são classificados como classe “B”.

Na tabela 01 abaixo constam os limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo especificados na instrução normativa 07/2016 do MAPA:

Tabela 1: Parâmetros exigidos na Instrução Normativa 07, de 12 de abril de 2016.

| Parâmetro exigido | Mapa IN 7/2016 do MAPA |
|--|----------------------------------|
| Arsênico (mg/kg) | 20,00 |
| Cádmio (mg/kg) | 3,00 |
| Chumbo (mg/kg) | 150,00 |
| Cromo hexavalente (mg/kg) | 2,00 |
| Mercurio (mg/kg) | 1,0 |
| Níquel (mg/kg) | 70,00 |
| Selênio (mg/kg) | 80,00 |
| Ovos viáveis de helmintos- número por quatro gramas de sólidos totais (n° em 4g ST) | 1,0 |
| Coliformes termotolerantes – número mais provável por grama de matéria seca (NMP/g de MS) | 1.000 |
| Salmonella sp | Ausência em 10 g de matéria seca |
| Materiais inertes – Vidros, plásticos, metais >2mm | 0,5% na massa seca |
| Materiais inertes – Pedras >5mm. | 5,0% na massa seca. |

Fonte: Instrução Normativa n° 07, de 12 de abril de 2016.

A Resolução CONAMA 498/2020 determina que se deve realizar uma caracterização do composto orgânico (chamado de bioestabilizado nessa resolução) a ser destinado para uso em solos e deve incluir os seguintes aspectos: I - potencial agronômico; II - redução de atratividade de vetores; III - substâncias químicas; e IV - qualidade microbiológica.

Após avaliação do processo de compostagem com a tecnologia *Gore Cover*, legislação vigente, parecer favorável da empresa Adobe que é responsável pela coleta, transporte e destinação do lodo gerado nas ETEs, parecer jurídico interno favorável, iniciou-se o projeto em escala real e a empresa Adobe passou a destinar uma parcela do lodo gerado na ETE Jarivatuba para a Composul em Içara Santa Catarina.

Experimento em Escala Real

O processo de compostagem com a tecnologia *Gore Cover* é dividido em 3 etapas: a primeira é a fase intensiva de bioestabilização, seguida da segunda fase intensiva de bioestabilização, fechando as etapas de bioestabilização. Após o composto é transferido para fase de peneiramento de maturação, esse ciclo dura no mínimo 60 dias, podendo postergar dependendo da estabilização do composto orgânico.

A destinação para a compostagem iniciou-se no dia 13/09/2021 e foram formados três lotes iniciais, totalizando 375 toneladas para essa primeira etapa. A formação dos primeiros lotes teve início no dia 13/09/2021 e finalizada no dia 01/11/2021. Após iniciou-se nova formação de lotes.

O processo em escala real iniciou-se pelo recebimento do lodo em local coberto conforme figura 04A, na sequência adicionado o material estruturante como casca de arroz, poda de árvore triturada, casca de pinus e pó de serra conforme figura 04b.



Figura 04: a) recebimento do lodo desidratado b) adição de material estruturante

O lodo após misturado com o material estruturante foi disposto na leira com o sistema de aeração forçada já montado, conforme figura 5a e 5b, coberto com as membranas da tecnologia *Gore Cover* e instalado as sondas de monitoramento de temperatura e oxigênio conforme figura 5c, 5d e 5e. Essas são as etapas da primeira fase intensiva da bioestabilização.



Figura 5: a) leira vazia b) lodo com material estruturante sendo colocado na leira c) leira já fechada e coberta com as membranas semipermeáveis, d) sensores de temperatura e oxigênio e) sistema de aeração.

A primeira fase intensiva durou 28 dias, na figura 6a está a leira já aberta após a finalização dessa etapa. Na sequência o composto foi passado para a segunda fase intensiva conforme figura 6b, na figura 6c é a leira da segunda fase aberta, nessa etapa também é montado o sistema de aeração e coberto com as membranas semipermeáveis. Essa fase teve duração variada conforme os lotes devido a umidade do composto, permanecendo em média quinze dias nessa fase. Após a segunda fase intensiva o composto foi maturação e peneiramento, essa etapa tem duração de 15 a 60 dias.



Figura 6: a) leira aberta; b) leira da segunda etapa em processo; c) leira fechada e coberta com as membranas semipermeáveis,

Após esse ciclo, gerou-se o composto orgânico que pode ser utilizado de acordo com os critérios da CONAMA 498/2020 e de acordo com os critérios definidos pelo MAPA.

RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÕES

No período de setembro de 2021 a março de 2022 a ETE Jarivatuba gerou 2469 toneladas de lodo secundário que precisaram ser destinados. Desse total, 938 toneladas foram destinadas para compostagem com a tecnologia *Gore Cover* em Içara-SC, representando 37% da geração de lodo secundário. Na figura 7 a seguir foi montado um gráfico com os dados de geração de lodo e as toneladas destinadas para a compostagem.

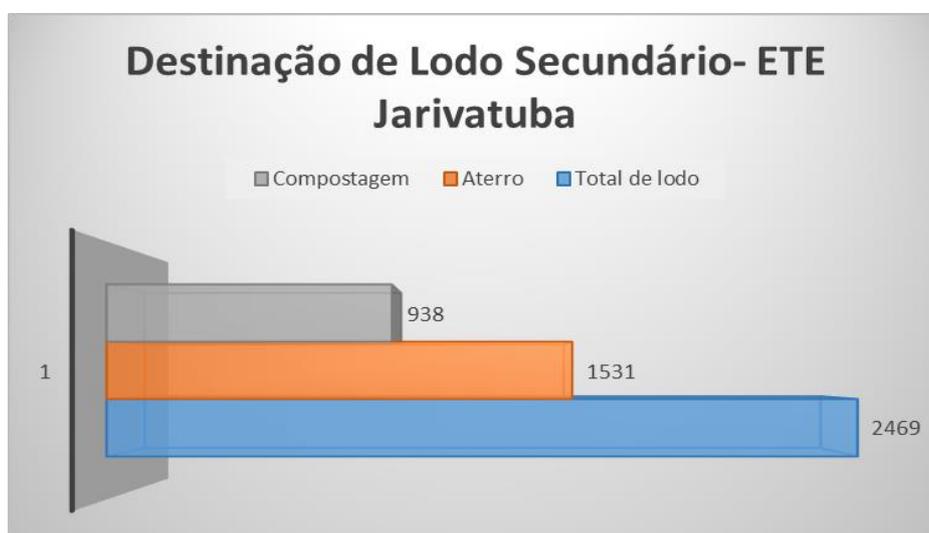


Figura07: Geração de lodo secundário na ETE Jarivatuba no período 01/09/2021 a 31/03/2022 e a destinação para compostagem.

Essas 938 toneladas destinadas para a compostagem foram transformadas em aproximadamente 280 toneladas de composto orgânico e aplicado na produção de grama conforme a CONAMA 498/2020.

Os lotes iniciais atingiram as temperaturas especificadas pela legislação 498/2020 e 481/2017, que trazem três especificações referentes à temperatura para o sistema de compostagem com leiras fechadas: deve atingir a temperatura >60° C por 3 dias e a leitura da temperatura deve ser medida e registrada ao menos uma vez por dia durante o período mínimo de higienização durante o processo; 3 dias a 55°C no mínimo; 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.

A Composul adota esses critérios da legislação e o seu processo atingiu a temperatura acima de 60° por um período mais elevado do que o exigido pela legislação e também as demais temperaturas exigidas, realizou o monitoramento online de temperatura diariamente conforme especificado pela legislação. Obteve-se um bom percentual de oxigênio nos três lotes, o qual garantiu a bioestabilização do composto, também não houve geração de odores desagradáveis, nas visitas realizadas identificou-se apenas “cheiro de terra” na UGL.

De acordo com os critérios da Instrução Normativa N° 61, de 08 de julho de 2020 o composto orgânico gerado com lodo proveniente da ETE Jarivatuba é classificado com classe “B” por utilizar como matéria-prima lodo gerado em estação de tratamento de esgoto.

Dentre as grandes preocupações da utilização do lodo de esgoto para compostagem e posteriormente aplicação em solo é a presença de metais e os patógenos. Na tabela 2 abaixo está descrito os limites exigidos na instrução normativa 07/2016 do MAPA para metais e patógenos e os resultados obtidos nos dois primeiros lotes de composto orgânico gerado com lodo secundário da ETE Jarivatuba.

Tabela 02: Limites exigidos máximos de contaminantes, coliformes e resultados obtidos

| Ensaio | Mapa IN DAS 07/2016 | Resultados 1 lote mg/kg | Resultados 2 lote mg/kg | V.M.P |
|--|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|
| Arsênico (mg/kg) | 20,00 | 9,68 | <LQ | 20 mg/kg |
| Cádmio (mg/kg) | 3,00 | <LQ | <LQ | 0,7 mg/kg |
| Chumbo (mg/kg) | 150,00 | <LQ | 5,7 | 45 mg/kg |
| Cromo (mg/kg) | | <LQ | 23,6 | 70 mg/kg |
| Cromo VI (mg/kg) | 2,0 | <LQ | <LQ | 0 mg/kg |
| Níquel (mg/kg) | 70,00 | <LQ | 9,2 | 25 mg/kg |
| Zinco (mg/kg) | | 154,94 | 202,3 | 200 mg/kg |
| Cobre (mg/kg) | | 39,24 | 50,3 | 70 mg/kg |
| Ovos viáveis de helmintos- número por quatro gramas de sólidos totais (n° em 4g ST) | 1,0 | <1 | <1 | 1 ovo /4g de ST |
| Coliformes termotolerantes – número mais provável por grama de matéria seca (NMP/g de MS) | 1.000 | >1609* | 2,26 | 1000 |
| Salmonella sp | Ausência em 10 g de matéria seca | <0,00065 * | <0,00065 | Ausência |

Fonte: Instrução Normativa 07/2016 MAPA e dados fornecidos pela Composul.

Analisa-se que o composto orgânico que foi gerado é seguro para a aplicação em solo e culturas agrícolas pois atendeu aos limites de ambas legislações. Também pode se observar que a compostagem foi uma tecnologia eficiente para a redução significativa de patógenos. O primeiro lote atende ao critério da CONAMA 498/2020 que determina para o fertilizante ser enquadrado como classe B deve atender 10^6 Escherichia coli e muito próximo do limite também da classe A dessa resolução. Já o segundo lote foi quase zerado a quantidade de coliformes termotolerantes. Os metais, principalmente os considerados metais pesados como chumbo, resultaram em valores bem abaixo do especificado pela legislação.

Além do fertilizante não apresentar potencial de contaminação, também precisa ser atrativo para a aplicação em solo, como ter um bom percentual de matéria orgânica, micronutrientes e relação carbono/ nitrogênio capacidade de retenção de água, que é um diferencial quando comparado com os fertilizantes tradicionais, ter um bom potencial agrônomico. Na tabela 3 a seguir apresentam-se os resultados obtidos referentes à alguns parâmetros do potencial agrônomico dos primeiros lotes finalizados.

Tabela 3: Resultados do Potencial agrônomico.

| Parâmetros | Resultado 1 lote | Resultado 2 lote |
|---|------------------|------------------|
| Nitrogênio Total % | 2,05 | 1,89 |
| Fósforo Total % | 2 | 2,06 |
| Relação C/N | 17 | 16 |
| Potássio (%) | 0,6 | 0,58 |
| Cálcio % | 1,41 | 2,29 |
| Magnésio % | 0,28 | 0,32 |
| Cobre ppm | 89,91 | 77,22 |
| Mangânes ppm | 465,19 | 0,1 |
| Alumínio % | 0,71 | 1,33 |
| Carbono- Orgânico (%) | 35,36 | 27,3 |
| Capacidade de Troca Catiônica (mmol/kg) | 382,35 | 430 |
| Capacidade de retenção de Água % | 271,71 | 207,87 |
| Umidade % | 40 | 38,68 |
| Matéria Orgânica% | 78,82 | 64,32 |

Fonte: Oliveira ,2021; Composul 2022.

Os resultados obtidos referente ao potencial agrônomico do composto orgânico foram promissores. Foi possível analisar os resultados comparando-os com os já divulgados por outras empresas do ramo e identificado que valores como relação de C/N, nitrogênio total, umidade, carbono orgânico ficaram muito próximos de fertilizante orgânicos já comercializados há mais tempo no mercado.

A destinação para compostagem com a tecnologia Gore Cover transformou uma parcela do lodo gerado na ETE Jarivatuba em composto orgânico e também reduziu a emissão de gases de efeito quando comparado com a disposição em aterros.

A cada tonelada destinada para compostagem pode-se deixar de emitir 870 kg de CO₂ eq. Foram destinadas até o mês de março 938 toneladas de lodo para essa tecnologia, deixando de emitir um valor aproximado de 816 toneladas de CO₂ eq. Esse valor pode ser convertido em árvores utilizando o critério do IB florestas: “cada sete árvores, é possível sequestrar uma tonelada de carbono nos seus primeiros 20 anos de idade. Com base nesta média é determinada a quantidade de árvores que serão necessárias para neutralizar as emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE) (IBFLORESTAS, 2020). Adotando esse critério, a redução na geração de gases de efeito estufa equivale ao plantio médio de 5.712 árvores.

A CAJ está em busca de reduzir os seus impactos no meio ambiente através da redução de sua pegada de carbono e também se possível ter um retorno financeiro com essas ações. Ainda não é possível valorar as reduções das emissões pelo mercado de crédito de carbono, pois este é um processo mais longo. Mas já está sendo possível valorar o resíduo sólido.

Conclusões e Recomendações

Com base nos resultados obtidos conclui-se que o lodo de esgoto gerado na ETE Jarivatuba, possui potencial para a reciclagem e utilização na agricultura, recuperação de solos, reflorestamento e demais culturas aptas. Após o processo de compostagem o composto orgânico atingiu os critérios da legislação vigente, além de possuir potencial agrônomo atingiu os limites de metais e patógenos, sendo esses a grande preocupação na aplicação desse material no solo.

A aplicação do composto orgânico produzido, está sendo feita em clientes previamente cadastrados com foco em produção de gramas, lavouras de milho, soja e recuperação de área degradadas já de acordo com a IN 61 / 2020 - MAPA que foi recentemente atualizada e a RESOLUÇÃO 498 / 2020 - MMA.

Anteriormente a CAJ realizava a disposição de 100% de seus resíduos sólidos gerados nas ETEs em aterro, esse valor no período foi reduzido para 65 %, o restante foi destinado para a produção de composto orgânico. Ainda há possibilidade de aumentar significativamente esse valor destinado para a compostagem, pois está autorizado destinar 500 toneladas ao mês para essa tecnologia.

Com esses 35% destinados, a CAJ já está reduzindo a sua pegada de Carbono, contribuindo com a sociedade através da produção do composto orgânico que pode ser utilizado em substituição ou combinação com fertilizantes tradicionais. Os fertilizantes tradicionais apresentaram elevação de preços devido a pandemia e o esse fertilizante orgânico está se tornando cada dia mais atrativo, para a reduzir os custos na produção agrícola e melhora a qualidade do solo.

A utilização do composto orgânico é uma ação efetiva da sustentabilidade, pois evita que novos recursos sejam extraídos, possibilita reciclar um resíduo sólido que seria disposto em aterro gerando mais gases de efeito estufa. Inicialmente não houve redução de custos para a CAJ nessa mudança de tecnologia, porém mesmo a unidade de compostagem estar localizada em área um pouco distante de Joinville não houve aumento de custos para a empresa.

Nesse período inicial os benefícios dessa mudança na destinação final foi a contribuição com o meio ambiente e também possibilitou avaliar se é uma técnica possível de ser aplicada futuramente na empresa ou em parcerias com outras empresas.

As recomendações desse projeto são que a CAJ continue destinando uma parcela do lodo gerado para a compostagem e avalie a possibilidade de realizar parcerias para que a distância entre a unidade de compostagem e a CAJ não seja um limitante para o aumento das toneladas destinadas para essa tecnologia.

A tecnologia de compostagem utilizada pela empresa Composul traz como vantagens controle online do processo, rastreamento do resíduo sólido recebido e principalmente não gera odores desagradáveis. Os odores são um impacto para a população que reside nas proximidades de unidades de tratamento, e deve ser um critério decisório na escolha da tecnologia escolhida para realizar a compostagem e outras formas de reciclagem, visto que a estação Jarivatuba está localizada em uma área urbana e fica próxima de residências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistemas de Gestão Ambiental 14001:2015.
2. BRASIL Lei nº 12305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília.
3. BRASIL. Lei nº 14026, de 15 de julho de 2020. Marco Legal do Saneamento Básico.
4. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/ Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020.
5. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/ Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 07, de 07 de abril de 2016.
6. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 481, de 03 de outubro de 2017.
7. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 498 de 2020, de 19 de agosto de 2020.
8. BERGI, R. S. Compostagem como alternativa à disposição final de resíduos sólidos orgânicos do saneamento em pequenos municípios. 2018. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharel em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Ambiental, Vitória, 2018.
9. BELTRAME, K.G. Compostagem e os desafios da destinação dos resíduos orgânicos no Brasil, 2020.
10. CAJ_ Companhia Águas de Joinville, 2021.
11. COELHO, T.R.et.al. Lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) e compostagem orgânica em cultivo de mudas nativas: estudo na região dos lagos, RJ – Brasil.2019
12. COMPOSUL, Sistema de Tratamento de Resíduos Orgânicos Gore Cover, 2021.
13. ECYCLE. Carbono equivalente: o que é, 2015.
14. ENGENHARIA, Beck de Souza. **Projeto ETE Jarivatuba**. Joinville: Beck de Souza Engenharia, 2011.
15. IB FLORESTAS. Compensação de CO2 com plantio de florestas, 2020.
16. FELDHAUS, C.R. Influência De Parâmetros De Entrada Em Modelos De Simulação De Aterros De Resíduos. 2019.
17. IMA. Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina. 2022.
18. MARIANI, P; SILVA, A.L. Transformando lodo de esgoto em adubo e diminuindo a geração de GEE. 2015.
19. OLIVEIRA, E. C.; Sartori, R. H.; Garcez; Tiago B. COMPOSTAGEM. 2008. 19 v. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
20. OLIVEIRA, F.C; CHIARADIA, J.J; JUNIOR, C.H.A. Lodo de esgoto de resíduo a fertilizante orgânico. 2021.
21. SILVA, R. C. P; SANTOS, J. P.O; MELLO, D. P; EL-DEIR, S. G. Resíduos sólidos: Tecnologias e Boas Práticas de Economia Circular, 2018.
22. VON SPERLING. Lodo de esgotos: tratamento e disposição final.2014