

CONSTRUÇÃO DE REATORES AERÓBIOS AUTOMATIZADOS PARA A OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS DO IFSC, CÂMPUS GAROPABA.

Autores: J. GOMES¹; A. MOREIRA²; A. ANICETO²; C. MARQUES²; J. NUNES²; J. BRAGA²; L. XIMENES²; J. JUNIOR²; J. PATRÍCIO²; K. GUIDI²; T. VEIT².

1. Doutor em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), docente do Curso Superior Tecnológico em Gestão Ambiental do IFSC Câmpus Garopaba; 2. Discentes do curso tecnológico de Gestão Ambiental IFSC câmpus Garopaba.

Resumo

Aproximadamente 50% dos Resíduos Sólidos Urbanos produzidos no Brasil são orgânicos e deste montante, cerca de 30% a 60% parte desses resíduos ainda são depositados em áreas inadequadas, tais como aterros controlados e lixões. O principal método de reciclagem dos resíduos orgânicos é a compostagem, que demora entre 90 a 120 dias, pois normalmente o processo é apenas monitorado. Por outro lado, os reatores aeróbios proporcionam o controle do processo, o que implica na redução do tempo de compostagem. Por isto, este projeto teve como objetivo elaborar dois modelos de reatores aeróbios de bateladas e automatizados para a otimização do processo de compostagem de resíduos orgânicos. Para tanto, foram construídos dois protótipos, um de fluxo vertical (Protótipo A) e outro de fluxo horizontal (Protótipo B). Por fim, após o período de realização de testes, espera-se transferir os resultados desta pesquisa para a comunidade externa, através de atividades de extensão.

Palavras-chave: Resíduos orgânicos; Compostagem; Reator aeróbio

Introdução

Desde a criação da Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, a qual instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), os municípios brasileiros destinaram entre 39% e 70% de seus Resíduos Sólidos urbanos (RSU) a locais adequados, como os aterros sanitários e 30% a 60% em locais inadequados (aterros controlados e lixões), sendo que os lixões representam entre 19% a 29% da destinação dos RSU no País, o que significa em média 21,15 milhões de toneladas de resíduos sendo depositadas em lixões anualmente (ABRELPE, 2013, 2015, 2017; SNIS, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016).

Em 2016 o Brasil gerou cerca de 78,3 milhões de toneladas de RSU, com uma geração per capita em torno de 1 kg/hab/dia. A composição gravimétrica dos RSU é de 3% para o vidro, 3% para metal, 9% para papel/papelão, 13% para o plástico, 22% para outros e 50% para os resíduos orgânicos, ou seja, metade de todo resíduo gerado no ambiente urbano é orgânico (ABRELPE 2017; BRASIL 2019).

Sabe-se que os resíduos orgânicos quando aterrados e em contato com água geram lixiviados e gases que podem comprometer a qualidade das águas superficiais e subterrâneas e poluir a atmosfera, consequentemente gerando riscos à saúde pública.

O lixiviado é o efluente líquido gerado quando a fração orgânica dos resíduos entra em contato com a água. Ele possui características que variam conforme o tipo dos resíduos, tempo de aterramento, hidrologia, geologia e meteorologia. De modo geral a composição do lixiviado pode

conter altas concentrações de metais, carga orgânica, microrganismos, e fontes de nitrogênio, podendo afetar seriamente a qualidade das águas e a saúde pública (NUCASE, 2008).

Os tratamentos convencionais dados aos resíduos orgânicos são a disposição em aterro sanitário (método mais comum) e o tratamento biológico. Entre os tipos de tratamentos biológicos destacam-se o tratamento anaeróbio com biodigestores e o tratamento aeróbio através da compostagem e reatores biológicos.

A compostagem é um processo de decomposição da fração orgânica dos resíduos, efetuada por microrganismos aeróbios, o qual ocorre em duas etapas: 1) degradação ativa, por meio de bactérias termofílicas e 2) maturação através de bactérias mesofílicas. O tempo e qualidade do composto final depende da relação carbono / nitrogênio (C/N) ideal de 30/1, teor ótimo de umidade está entre 50 e 60% e temperatura ótima entre 50°C a 55°C durante o processo de compostagem. Normalmente o processo dura entre 90 a 120 dias, dependendo das condições do tempo (ABNT, 1996; PROSAB, [s.d.]; SENAR, 2009).

Entre os sistemas de compostagem, destacam-se os o sistema abertos de leiras revolvidas (windrow), leiras estáticas aeradas (static pile) e os sistemas fechados de reatores biológicos de fluxo vertical, de fluxo horizontal e de bateladas (In-vessel). No sistema de leiras revolvidas a aeração é fornecida pelo revolvimento dos resíduos e pela convecção e difusão do ar na massa de resíduos, ou pela insuflação de ar na leira. No sistema de leiras estáticas a massa de resíduos é disposta sobre dutos perfurados que injetam ar nela, não havendo revolvimento da leira. Geralmente nos sistemas abertos os parâmetros umidade e temperatura não são controlado, mas apenas monitorados e as chuvas sobre as leiras causa geração desnecessária de lixiviado, que pode contaminar as águas subterrâneas, caso o sistema não disponha de impermeabilização, drenagem e tratamento para lixiviados. No entanto, no sistema de reatores os resíduos são dispostos em unidades fechadas que possibilitam controlar os parâmetros durante processo e em teoria não tem contato com a água pluvial, portanto não há geração significativa de lixiviado. As principais vantagens dos reatores são: requerimento de área menor em comparação com o sistema de leiras, independência das condições do tempo, otimização do processo em decorrência do controle dos parâmetros, entretanto são sistemas que demandam maior investimento inicial (PROSAB, [s.d.]).

Através da Unidade Curricular de Gerenciamento de Resíduos e do projeto de pesquisa EDITAL Nº 22-2019 PROPI - Didático Pedagógico, foram montadas 5 composteiras com a turma de 2018 do Curso Superior Tecnológico em Gestão Ambiental. As composteiras são do tipo em baldes de dois níveis. Os inoculantes foram produzidos no câmpus pelos alunos, utilizando leite como meio de cultura e as culturas foram extraídas da kombucha, leite fermentado, kefir, salame e iogurte probiótico

Ao longo de 60 dias foram realizados monitoramentos de temperatura e umidade e averiguou-se que embora o processo de compostagem esteja ocorrendo, é lento, pois as manutenções ocorreram 1x por semana, e quando ocorreram, a umidade estava acima do ideal e a temperatura abaixo do ideal, tornando o processo de degradação biológica lento. Por isso constatou-se a necessidade de inovar o processo de compostagem, implementando um mecanismo automático de controle da umidade e temperatura.

Inicialmente, foi necessário fazer uma pesquisa básica para proporcionar aos discentes os conhecimentos necessários para o desenvolvimento das atitudes científicas. Esta pesquisa foi utilizada em sala de aula, para montar a compostagem e posteriormente para construir os reatores. Ao final os discentes doarão o composto orgânico à comunidade externa como forma de conscientização da importância de cada cidadão tomar medidas que garantam a correta

segregação na fonte geradora e a reciclagem dos resíduos orgânicos por eles gerados, evitando que os mesmos tenham um destino final inadequado.

Desta forma, este trabalho teve como objetivo a construção de reatores aeróbios automatizados e de baixo custo para a otimização do processo de compostagem dos resíduos orgânicos do IFSC, Câmpus Garopaba.

Metodologia

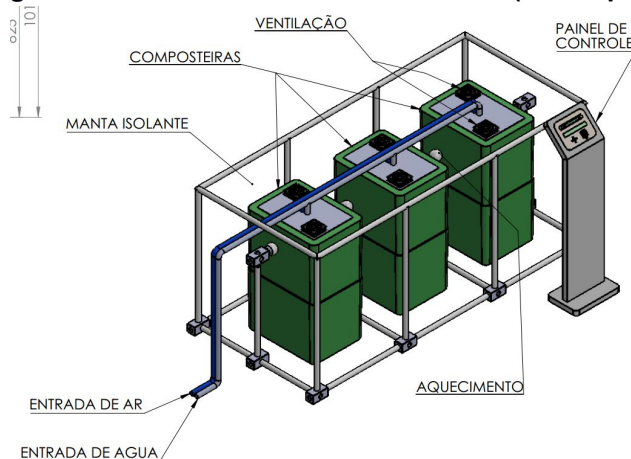
Foram elaborados dois protótipos de reatores aeróbios de bateladas para otimização do processo de compostagem, um de fluxo vertical (protótipo A) e outro de fluxo horizontal (protótipo B). Os dois sistemas são automatizados e estão ilustrados nas figuras 1 e 2.

Protótipo A

Compostagem em baldes, caixas ou tambores fechados. Esta opção é a mais simples e segura de ser feita, ideal para o uso doméstico. As composteiras podem ser guardadas em qualquer ambiente interno ou externo da residência, desde que protegida da chuva (ideal que tenha contato com o sol). Os baldes possuem dois níveis. O primeiro nível (balde superior) é onde a leira foi montada, ele possui tampa para evitar a propagação de odores, furos na parte superior das paredes para a passagem do ar e furos no fundo para a passagem do lixiviado. No segundo nível (balde inferior) é onde o lixiviado é armazenado. Nestes recipientes foram fixados sensores de umidade e temperatura, que são lidos por microcontroladores e microprocessadores (previamente programados), como Arduino e Raspberry pi. Estes por sua vez, acionam através de relês o controle de temperatura, feito por lâmpadas incandescente e o controle de umidade, feito por uma válvula solenóide para controlar o fluxo de água a introduzir na massa de resíduos. Como o reator é fechado, foram instalados *coolers* de computadores para permitir a aeração do processo, conforme ilustrado na Figura 1.

Para a montagem do reator foram necessários: 03 lâmpadas incandescentes, 03 bocais de lâmpada, 10 metros de fio para energia elétrica, 04 baldes de plásticos de 15 kg com tampa, 12 caixas de eletroduto, 04 *coolers* de computador, 12 metros de cano $\frac{3}{4}$ ", 04 metros de manta isolante, 06 cotovelos $\frac{3}{4}$ ", 01 Arduino Uno, 01 Sensor de umidade de solo higrômetro, 01 termostato digital W1209, 01 display LCD 20x4 backlight azul, 01 válvula solenóide 12V 180° $\frac{1}{2}$ ", fonte de 12V, protoboard, jumpers, fios.

Figura 1: Reator aeróbio de fluxo vertical (Protótipo A)



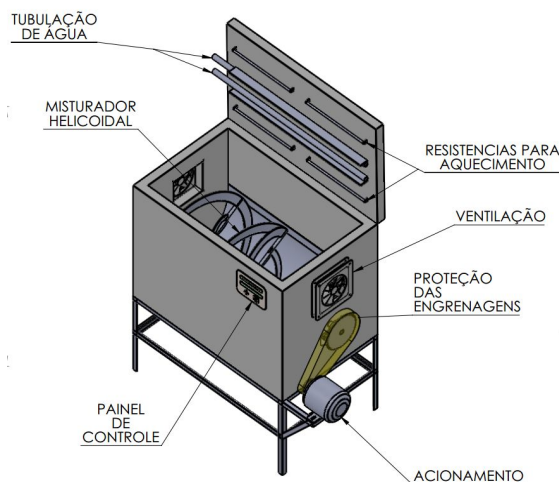
Fonte: Próprio autor

Protótipo B

Este tipo de reator controla a umidade e temperatura automaticamente, buscando manter sempre um nível ótimo de desenvolvimento dos microrganismos que estão realizando o processo de degradação da fração orgânica dos resíduos, podendo reduzir drasticamente o tempo de compostagem em comparação com o processo *in natura*. O reator foi montado em uma carcaça de freezer horizontal e elevado do chão em um suporte. Um eixo com pás acoplado a um motor externo atravessa o centro do reator longitudinalmente com o intuito de fazer o reviramento da massa de resíduos. Neste eixo foram fixados sensores de umidade e temperatura, que são lidos por Arduino, que aciona através de um módulo relê o controle do reviramento da pilha, feito por motor monofásico de 0,25 CV, o controle de temperatura, feito por resistências e o controle de umidade, feito por uma válvula solenóide para controlar o fluxo de água a introduzir na massa de resíduos. Como o reator é fechado, foram instalados *coolers* de computadores para permitir a aeração do processo, conforme ilustrado na Figura 2.

Para a montagem do reator foram necessários: 04 resistências, 10 metros de fio para energia elétrica, 01 carcaça de freezer, 01 cilindro metálico de 200 L, 01 rolo de fita isolante, 01 Motor monofásico de 0,25 CV, 02 *coolers* de computador, 2 metros de cano $\frac{3}{4}$ ", adaptadores de cano $\frac{3}{4}$ " para $\frac{1}{2}$ ", 02 m de mangueira de jardim, 02 mancais, eixo de metal, barras de ferro, engrenagens e corrente de motocicleta, 01 Arduino Uno, 01 Sensor de umidade de solo higrômetro, 01 termostato digital W1209, 01 display LCD 20x4 backlight azul, 01 válvula solenóide 12V 180° $\frac{1}{2}$ ", fonte de 12V, protoboard, jumpers, fios.

Figura 1: Reator aeróbio de fluxo horizontal(Protótipo B)



Fonte: Próprio autor

Considerações finais

A próxima etapa desta pesquisa é a realização de testes com os reatores. Os testes serão feitos visando reduzir o tempo de compostagem para tornar viável o processo de reciclagem de grandes volumes de resíduos orgânicos em um curto espaço de tempo, contribuindo assim para a implementação da PNRS. Os reatores foram planejados para apresentarem baixo custo de construção, tornando-os acessíveis de serem implementados para pequenos geradores, por isso, após a realização dos testes e constatação do correto funcionamento dos reatores, pretende-se



transferir os resultados obtidos nesta pesquisa para a comunidade externa por meio de atividades de extensão.

Referências

- ABNT. **NBR 13591: Compostagem**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). , 1996
- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, SP: 2013.
- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, SP: 2015.
- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, SP: 2017.
- BRASIL. **PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. . Brasília: [s.n.], 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- NUCASE. NÚCLEO SUDESTE DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL. Resíduos Sólidos: Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários.: Guia do profissional em treinamento: Nível 2. **ReCESA**, p. 112, 2008.
- PROSAB. **MANUAL PRÁTICO PARA A COMPOSTAGEM DE BIODOSSÍLIDOS**. . Londrina: [s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Livro_Compostagem.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- SENAR. **Programa Olericultura Orgânica**. São Paulo: [s.n.], 2009. Disponível em: <<http://www.agrarias.ufpr.br/portal/marzagao/wp-content/uploads/sites/25/2015/12/ApostilaSENAR-M2-Olericultura-Compostagem.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- SNIS. **Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2011**, 2011. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2011>. Acesso em: 4 maio. 2019.
- SNIS. **Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2012**, 2012. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2012>. Acesso em: 4 maio. 2019.
- SNIS. **Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2013**, 2013. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2013>. Acesso em: 4 maio. 2019.
- SNIS. **Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2014**, 2014. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2014>. Acesso em: 4 maio. 2019.
- SNIS. **Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2015**, 2015. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2015>. Acesso em: 4 maio. 2019.
- SNIS. **Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2016**, 2016. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2016>. Acesso em: 4 maio. 2019.