

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

LUCAS ORNELAS PAULETTI

TRATAMENTO DE TABACO DE CIGARROS CONTRABANDEADOS A
PARTIR DA COMPOSTAGEM EM BAIAS

São Carlos

2022

LUCAS ORNELAS PAULETTI

Tratamento de tabaco de cigarros contrabandeados a partir da compostagem em
baías

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Valdir Schalch

Coorientador: Prof Dr. Alcides Lopes Leão

São Carlos

2022

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

Pauletti, Lucas Ornelas
P326t Tratamento de tabaco de cigarros contrabandeados a
partir da compostagem em baías / Lucas Ornelas
Pauletti; orientador Valdir Schalch; coorientador
Alcides Lopes Leão. São Carlos, 2022.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, 2022.

1. Cigarros contrabandeados. 2. Tratamento de
tabaco. 3. Compostagem. 4. Resíduos sólidos orgânicos.
I. Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Lucas Ornelas Pauletti**

Data da Defesa: 24/11/2022

Comissão Julgadora:

Resultado:

Valdir Schalch (Orientador(a))


Aprovado

Túlio Queijo de Lima

Aprovado

Milena Chanes de Souza

Aprovado



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a minha família pelo amor e apoio incondicionais, sem os quais não seria possível chegar ao fim deste ciclo.

À Universidade de São Paulo, instituição que proporcionou a mim e a tantos brasileiros, uma formação de excelência. As universidades públicas no Brasil, são fontes de saber inestimável e possuem papel importantíssimo na tecnologia e pesquisa nacional.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Valdir Schalch e Prof. Dr. Alcides Lopes Leão, pelo suporte e encorajamento ao longo da elaboração deste trabalho.

À Unesp e ao laboratório RESIDUALL pela estrutura e ajuda essencial durante todo o andamento do ensaio. Obrigado principalmente à Milena ao Ivan e ao Marcelo pela parceria.

Ao Ciclo Limpo, principalmente ao André, pela oportunidade de realizar o trabalho e por todo o suporte oferecido, sempre que necessário.

Aos meus amigos de República que me ensinaram a beleza do convívio comunitário.

E por fim a todos meus colegas e professores da Engenharia Ambiental, os quais fizeram a minha caminhada ao longo desses anos um percurso muito mais alegre e interessante.

RESUMO

PAULETTI, O. L. **Tratamento de tabaco de cigarros contrabandeados a partir da compostagem em baias**. 2022. 43 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

Somente no ano de 2021 foram destruídos o equivalente a mais de 1,5 bilhão de reais em cigarros apreendidos pela receita federal. Considerando o passivo ambiental gerado pela incineração dos cigarros além do grande tamanho da fração orgânica na média gravimétrica nacional, o presente trabalho teve como objetivo realizar a compostagem do tabaco dos cigarros utilizando composteiras (baias) de concreto de 1 m³ cada, em um total de 3 repetições. O tabaco foi adicionado substituindo parte dos resíduos orgânicos. Para avaliar o processo de compostagem foi realizado monitoramento da temperatura e da umidade. Após o fim do processo foram realizadas, em amostras, análises de parâmetros de macro e micronutrientes e de metais tóxicos para verificar o enquadramento do composto final na legislação. Por meio do resultado das análises e do monitoramento, observou-se que a composteira foi funcional e conseguiu atingir temperaturas adequadas para atividade dos microrganismos termófilos. As diferenças nos parâmetros das amostras do composto com tabaco foram próximas ao composto controle, em geral. O pH de 5,5 foi o único parâmetro não enquadrado dentro da legislação. Os metais tóxicos presentes no composto com tabaco não foram maiores do que os teores permitidos pela legislação vigente, apesar de que elevada concentração de Ni e Ba foi observada. O pH de 5,5 foi o único parâmetro não enquadrado dentro da legislação. Conclui-se que o tratamento de tabaco de cigarros contrabandeados a partir da compostagem em baias é viável, porém são necessárias mais pesquisas na área, além da busca de métodos eficientes de separação das diferentes partes do cigarro.

Palavras-chave: Cigarros contrabandeados. Tratamento de tabaco. Compostagem. Resíduos sólidos orgânicos.

ABSTRACT

PAULETTI, O. L. **Treatment of smuggled cigarette tobacco from composting in ditches.** 2022. 43 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

Only in the year 2021 the equivalent of more than 1.5 billion reais in cigarettes seized by the federal revenue were destroyed. Considering the environmental liabilities generated by the incineration of cigarettes and the large size of the organic fraction in the national gravimetric average, the present work aimed to compost the tobacco from cigarettes using concrete composters (ditches) of 1 m³ each, in a total of 3 repetitions. The tobacco was added substituting part of the organic waste. To evaluate the composting process temperature and humidity monitoring was performed. After the end of the process, analyses of macro and micronutrient parameters and toxic metals were performed on samples to verify the compliance of the final compost with the legislation. Through the results of the analyses and monitoring, it was observed that the composter was functional and was able to reach adequate temperatures for the activity of thermophilic microorganisms. The differences in the parameters of the samples of the compost with tobacco were close to the control compost, in general. The pH of 5.5 was the only parameter that did not fall within the legislation. The toxic metals present in the tobacco compost were not higher than the levels allowed by current legislation, although a high concentration of Ni and Ba was observed. The pH of 5.5 was the only parameter that did not comply with the legislation. It is concluded that the treatment of smuggled cigarette tobacco by composting in ditches is feasible, but more research in the area is necessary, as well as the search for efficient methods of separating the different parts of the cigarette.

Key-words: Smuggled cigarettes. Tobacco treatment. Composting. Organic solid waste.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivo geral	16
2.2. Objetivos específicos	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1. Panorama dos resíduos sólidos urbanos.....	17
3.1.1. Coleta dos Resíduos Sólidos Urbanos.....	17
3.1.2. Resíduos sólidos orgânicos e compostagem descentralizada.....	18
3.2. Panorama do contrabando de cigarros	19
3.3. Partes do cigarro contrabandeado	20
3.4. Compostagem	22
3.4.1. Compostagem aeróbia	23
3.4.2. Relação Carbono/Nitrogênio.....	23
3.4.3. Temperatura	24
3.4.4. Umidade	24
4. MATERIAS E MÉTODOS.....	25
4.1. Preparo dos materiais.....	25
4.1.1. Preparo do tabaco	25
4.1.2. Resíduos orgânicos utilizados	26
4.1.3. Fonte de carbono utilizada	26
4.1.4. Relação C/N das amostras de cigarro contrabandeado	27
4.1.5. Relação C/N dos resíduos orgânicos e da fonte de carbono	28
4.2. Montagem das composteiras.....	28
4.2.1. Proporção dos componentes das composteiras	28
4.2.2. Método de montagem.....	29
4.3. Monitoramento da temperatura e umidade	30

4.4.	Tempo de compostagem e aeração	32
4.5.	Procedimentos após o fim do período de compostagem.....	33
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1.	Relação C/N das amostras de cigarro:	33
5.2.	Massas finais nas composteiras	34
5.3.	Temperatura	35
5.4.	Umidade	36
5.5.	Características finais do composto	37
6.	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que um grande problema a ser tratado durante o século atual é a questão dos resíduos sólidos. A partir da revolução industrial e da revolução tecnológica, o desenvolvimento econômico, o crescimento populacional e a urbanização, iniciaram uma escalada exponencial na quantidade de resíduos produzidos pelas atividades antrópicas, sejam eles oriundos diretamente da indústria ou das mudanças culturais nos padrões de consumo da população (GOUVEIA, 2012).

Esse acréscimo na quantidade gerou uma constante dificuldade dos municípios para encontrar locais ambientalmente adequados, que sejam viáveis economicamente, para a disposição de resíduos (MASSUKADO; SCHALCH, 2010). Nesse contexto, em 2010, foi aprovada a Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos ou PNRS), que instituiu princípios e diretrizes e instrumentos para a gestão de resíduos sólidos em âmbito nacional. Em uma de suas diretrizes a lei dispõe que na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Quando aplicada, seja por força da legislação, por programas do setor público e privado, ou até mesmo pelo crescente interesse da sociedade nas questões ambientais, a ordem de prioridade da PNRS aumenta a vida útil dos aterros sanitários. Pode-se observar que a maior parte dos resíduos produzidos nas cidades pode ser desviado do aterro sanitário. No trabalho de Kim (2019) estimou-se que a gravimetria do município de São Carlos em 2018 foi de 37,48% de Matéria Orgânica; 5,13% de Papel; 4,59% de Papelão; 6,51% de Plástico filme; 7,25% de Plástico rígido; 3,10% de Vidro; 1,73% de Metais; 1,46% de Embalagem longa vida; 4,72% Têxteis, couro e borracha; 0,68% Resíduo eletroeletrônico; 0,99% Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos e cosméticos; 0,47% Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas; 25,89% de Rejeitos. Os resíduos seletivos podem ser reciclados e grande parte da matéria orgânica pode ser aproveitada e transformada em adubo a partir do processo de compostagem.

Apesar disso alguns resíduos são mais desafiadores, no sentido em que falta uma cadeia de reciclagem consolidada. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, o SNIS (2020), das 65,11 milhões de toneladas de resíduos coletados em 2019 (todas as frações), o diagnóstico apontou a recuperação de apenas 305 mil toneladas de

orgânicos recebidas em 73 unidades de compostagem. As usinas de compostagem centralizadas possuem a desvantagem de gerar um composto final de baixa qualidade, desestimulando sua procura, e por consequência sua viabilidade econômica (PINHEL, 2019). Dessa forma sinaliza-se a importância de buscar modelos alternativos de gerenciamento e reciclagem da fração orgânica visando o aumento da quantidade de resíduo recuperada.

Dentre outros resíduos que poderiam ter outra destinação final, pode-se destacar os cigarros de origem no contrabando. Somente no ano de 2021 foram destruídos o equivalente a mais de 1,5 bilhão de reais em cigarros apreendidos pela Receita Feral (BRASIL, 2022). Essa enorme quantidade de cigarros é, quase que em sua totalidade, destinada à incineração, método de destruição responsável por liberar diversos gases, como por exemplo dióxido de enxofre (SO₂), ácido clorídrico e ácido fluorídrico (HCl e HF), óxidos nítricos (NO_x), monóxido de carbono (CO), vapor de água e dióxido de carbono (CO₂), sendo sua maioria altamente tóxicos (CUNHA, 2018).

Uma possibilidade de destinação mais adequada de parte desses resíduos é o tratamento por compostagem (CUNHA, 2018). Considerando os impactos negativos da incineração e a grande quantidade de resíduos sólidos orgânicos presente na média gravimétrica nacional, é importante estudar a viabilidade dessa forma de reaproveitamento deste material.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O trabalho teve como objetivo de estudar a viabilidade do tratamento do tabaco dos cigarros a partir da compostagem em baias de 1 m³, considerando a metodologia do processo e as características finais do composto.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar as partes do cigarro e avaliar a viabilidade de serem tratadas a partir da compostagem.
- Analisar a relação C/N da amostra de cigarro, dos resíduos orgânicos coletados pela empresa Ciclo Limpo em Botucatu e da fonte de carbono (serragem) para montagem das composteiras.

- Avaliar o desempenho da composteira a partir do monitoramento dos parâmetros de temperatura e umidade.
- Analisar as características do composto final, considerando as concentrações de metais tóxicos e verificar seu o enquadramento perante a legislação vigente para compostos orgânicos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Panorama dos resíduos sólidos urbanos

A quantidade total de RSU no Brasil aumentou consideravelmente durante a última década. Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2020) entre 2010 e 2019, a geração de passou de 67 milhões para 79 milhões de tonelada por ano, ou seja, um aumento de em média 1,2 tonelada ao ano.

Durante o ano de 2020 o aumento anual foi ainda maior tendo alcançado um total de aproximadamente 82,5 milhões de toneladas. Uma possível razão para esse aumento expressivo foram as novas dinâmicas sociais causadas pela pandemia da COVID-19, visto que o consumo em restaurantes foi substituído pelo delivery e os demais descartes diários de resíduos passaram a acontecer nas residências. (ABRELPE, 2021). Essa nova dinâmica demonstra ainda mais a necessidade da implementação da coleta seletiva, programas de educação ambiental e incentivos a compostagem domiciliar, visto que maior quantidade de resíduos está sendo gerada nas residências.

3.1.1. Coleta dos Resíduos Sólidos Urbanos

Conforme o panorama da ABRELPE (2021) a quantidade de RSU dispostos para a coleta junto aos serviços de limpeza urbana foi de 76,1 milhões de toneladas, uma cobertura de coleta de 92,2%.

Em um cenário ideal, todos os geradores de resíduos não perigosos deveriam separá-los em três frações: recicláveis secos, biogênicos (resíduos orgânicos úmidos compostáveis) e rejeitos. Somente os rejeitos devem ser destinados ao aterro sanitário. Os biogênicos devem ser encaminhados para processos de compostagem e os recicláveis secos para coleta seletiva e reciclagem, considerando a inclusão dos catadores e cooperativas (PINHEL, 2019).

Conforme descrito na PNRS (BRASIL, 2010) os grandes geradores de resíduos sólidos, além de geradores de resíduos industriais, de mineração, de serviços públicos de saneamento, de serviços de saúde, de resíduos perigosos, entre outros, estão sujeitos à elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e são responsáveis pela destinação e tratamento adequado. Por outro lado, os municípios são responsáveis pelas coletas domiciliares e comerciais em pequenas quantidades.

No Brasil 74,4% do total de municípios apresentaram alguma iniciativa de coleta seletiva. Esse número, porém, também contabiliza iniciativas pontuais (ABRELPE, 2021), a maior parte destes municípios não contempla toda a população na coleta seletiva. Na realidade a maior parte dos resíduos com potencial de recuperação gerada no Brasil ainda tem como principal destino o aterro sanitário, mesmo com avanços significativos após 10 anos da publicação da PNRS.

3.1.2. Resíduos sólidos orgânicos e compostagem descentralizada

O quadro se agrava quando se trata da fração compostável. O diagnóstico do SNIS (2019) apontou que apenas 0,5% do total de RSU coletado no ano foi recuperado em usinas de compostagem. A porcentagem é muito pequena visto que a matéria orgânica compõe a maior fração na gravimetria dos municípios brasileiros. Esse diagnóstico demonstra que em geral, os municípios não destinaram os resíduos orgânicos conforme a ordem de prioridade da PNRS.

Nesse contexto vem aumentando no Brasil modelos de gestão de resíduos compostáveis descentralizados. Segundo Siqueira e Assad (2015) a compostagem descentralizada tem as seguintes características: localização dentro do perímetro urbano ou periurbano; resíduos provenientes de poucos grupos de geradores; unidades de compostagem localizadas dentro da instituição, na comunidade, ou próxima do local de origem; estudos de impacto e licença nem sempre são necessários.

Um dos tipos de gestão caracterizados como descentralizados nesse modelo é a compostagem institucional. Estas experiências podem ser desenvolvidas em instituições públicas ou privadas, de pequeno ou grande porte, e coletam e tratam os resíduos orgânicos gerados internamente. Podem ser divididas em 3 subgrupos: órgãos públicos, empresas privadas e instituições de ensino e educação (SIQUEIRA; ASSAD, 2015).

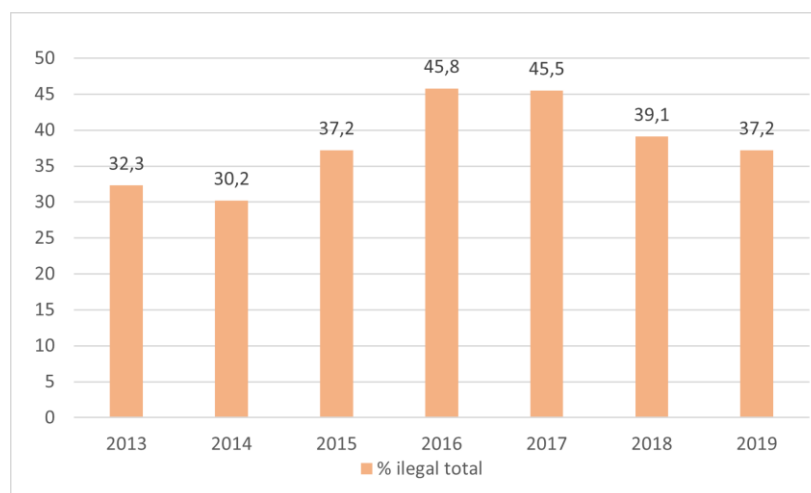
No município de Botucatu/SP a microempresa “Ciclo Limpo” atua como um modelo de gerenciamento descentralizado de resíduos compostáveis. A empresa funciona a partir da adesão de pessoas ambientalmente interessadas que pagam uma mensalidade para ter seus

resíduos biogênicos domiciliares (ou comerciais) coletados e compostados (PINHEL, 2019). Os resíduos orgânicos compostados no presente trabalho foram coletados pelo Ciclo Limpo, sendo que o experimento foi realizado na área de operação, com o apoio da empresa. A área em questão pertence ao RESIDUALL – Laboratório de Resíduos Sólidos e Compósitos, da Fazenda Experimental Lageado, na Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu/SP.

3.2. Panorama do contrabando de cigarros

O percentual total de fumantes com 18 anos ou mais no Brasil é de 9,1%, sendo 11,8% entre homens e 6,7% entre mulheres (INCA, 2022). Apesar dessa porcentagem estar diminuindo gradualmente, esse número ainda representa um total aproximado de 19,4 milhões de fumantes, considerando a estimativa populacional do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021). Grande parte dos fumantes brasileiros consomem cigarros de origem no contrabando. Esses cigarros não constam no registro de produtos fumígenos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2022), que contém os dados cadastrais das marcas de cigarros comercializados legalmente no Brasil. Para ser legalmente comercializado o cigarro deve seguir os procedimentos da RDC 559/2021 (BRASIL, 2021) e respeitar os limites máximos e restrições descritos na RDC 14/2012 (BRASIL, 2012). Em 2019 os cigarros ilícitos representaram 37,2% do total consumido no Brasil (INCA, 2022).

Figura 1 - Estimativa do consumo total de cigarros ilícitos no Brasil



Fonte: INCA - Mercado ilegal de produtos de tabaco (Adaptado).

Apesar do consumo continuar alto o cigarro contrabandeado representa a maior parte das apreensões realizadas pela receita federal. Conforme o artigo 14 da Portaria RFB 200/2022 o cigarro apreendido deve ser destruído ou inutilizado (BRASIL, 2022). A destruição ou inutilização de mercadorias apreendidas deve ser realizada a partir de procedimento que descaracterize os produtos, tornando-os impróprios para os fins a que se destinavam originalmente ou retirando a sua atratividade comercial (BRASIL, 2022). Atualmente a Receita Federal possui projetos com universidades públicas e fornece cigarros apreendidos para serem destinados à pesquisa acadêmica, que busca formas viáveis de reciclagem dos cigarros apreendidos. No presente trabalho foram utilizados cigarros recebidos pela UNESP de Botucatu/SP.

3.3. Partes do cigarro contrabandeado

O cigarro possui diversos constituintes em sua composição, porém pode ser dividido simplifiadamente 3 partes: embalagem, filtro e barra de fumo, conforme na figura 2 a seguir.

Figura 2 – Principais partes do cigarro separadas, no canto esquerdo superior o filtro, no canto direito superior a barra de fumo e na parte inferior a embalagem.

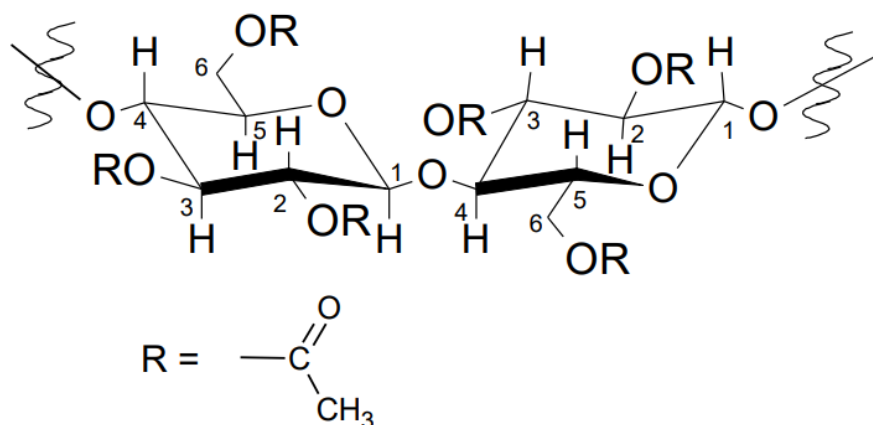


Fonte: O autor.

A embalagem é composta por um fino plástico filme, papel metalizado e papel multicamadas. Em geral, todos os componentes são descartados durante a triagem das cooperativas visto que não possuem processos de reciclagem viáveis devido sua composição e/ou estrutura.

A principal composição do filtro de cigarro são fibras de acetato de celulose. Por ser um polímero inerte, inodoro, não tóxico e apresentar um baixo custo é muito utilizado comercialmente (FELIPE, 2016). Devido a sua composição de acetato de celulose, o filtro de cigarro não é biodegradável (LOPES et al., 2020), sendo que seu tempo médio de degradação é em média de 5 a 7 anos (RIOS; OLIVEIRA, 2018). Os filtros usados são um dos materiais mais descartados irregularmente pela população e quando estão em processo de degradação, continuam a eliminar as substâncias tóxicas presentes no cigarro na natureza (FELIPE, 2016). Devido à essas condições os filtros de cigarro, principalmente os usados são ambientalmente muito problemáticos. Na figura 3 a seguir observa-se a estrutura química do acetato de celulose.

Figura 3 – Estrutura química do acetato de celulose



Fonte: Cruz (2010)

Não foi encontrado na literatura informações sobre a compostagem do acetato de celulose, porém devido a sua estrutura química ele não é facilmente degradado. Considerando que o tempo necessário para compostagem dos componentes da baia deve ser viável, optou-se por não adicionar os filtros na montagem da composteira e, portanto, foram destinados para outras pesquisas realizadas no laboratório RESIDUALL, que buscam o reaproveitamento dos filtros em biocompósitos.

O principal componente da barra de fumo é o tabaco, que é uma planta da família das solanáceas e que na sua composição contém naturalmente a nicotina (ALVES, 2016). Além da nicotina também possui alcatrão e monóxido de carbono, mas é importante pontuar que o tabaco é extremamente complexo, sendo que até 2013 mais de 5700 substâncias haviam sido identificadas no tabaco (RODGMAN; PERFETTI, 2013).

No caso dos cigarros ilícitos por não terem controle de qualidade, além do fumo também podem ter outros componentes que seriam indesejáveis para os consumidores, além de concentrações mais altas de substâncias potencialmente tóxicas. No trabalho de Silva, Voigt e Campos (2014) foram analisadas concentrações de íons metálicos em 18 marcas de cigarros contrabandeados. Os íons metálicos Cu, Mn, Zn, Co, Cr, Cd, Pb, Fe, Ag e Ni apresentaram concentrações maiores em comparação a estudos similares encontrados na literatura, com valores de até onze vezes maior para metais muito tóxicos como o Cr, Ni, Cd e Pb. Esses íons, em altas concentrações, são tóxicos para o solo e plantas assim como a nicotina, porém a compostagem pode acelerar a sua degradação (CUNHA, 2018). Dessa forma para compostagem de resíduos de tabaco é importante que seja realizada caracterização do composto final, visto a possibilidade de alta concentração de metais pesados.

3.4. Compostagem

Conforme a definição da norma NBR 13591 (ABNT, 1996) a compostagem é um processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação.

É um método de tratamento de resíduos orgânicos que permite a reciclagem e utilização desses resíduos na agricultura. Seu produto é chamado de fertilizante ou composto orgânico, um material estabilizado e que, quando aplicado ao solo, melhora suas características físicas-químicas e biológicas (PINHEL, 2019).

A estabilização da matéria orgânica ocorre naturalmente, porém seu prazo é indeterminado, e se dá de acordo com as condições em que se encontra. A compostagem tem como objetivo obter essa estabilização rapidamente fornecendo condições mais favoráveis, em linhas gerais as seguintes: balanço favorável da quantidade de carbono e nitrogênio na matéria-prima ao metabolismo dos organismos; disposição em local adequado de acordo com o tipo de

fermentação (aeróbia ou anaeróbia); controle de fatores como umidade, temperatura e aeração, conforme necessidade (KIEHL, 1985).

3.4.1. Compostagem aeróbia

No método de compostagem aeróbio procura-se garantir a presença do oxigênio evitando-se a compactação da massa e o seu encharcamento. A decomposição aeróbia é caracterizada pela elevação da temperatura muito acima da reinante no ambiente e pela liberação de gases, principalmente anidrido carbônico (KIEHL, 1985).

Um dos métodos de compostagem aeróbia consiste em uma pilha de materiais sujeitos a decomposição onde a aeração ocorre por revolvimento, geralmente mecânico (GUERMANDI, 2015). Os microrganismos obtêm energia pela oxidação biológica do carbono dos resíduos, sendo que parte da energia é utilizada no metabolismo e a restante é liberada como calor na pilha, que elimina os patógenos (KIEHL, 1985).

3.4.2. Relação Carbono/Nitrogênio

A relação C/N é um índice utilizado para avaliar os níveis de maturação de substâncias orgânicas e seus efeitos no crescimento microbiológico, já que a atividade dos microrganismos envolvidos no processo depende tanto do conteúdo de C quanto de N (SHARMA et al., 1997). O carbono é utilizado como fonte de energia enquanto o nitrogênio é assimilado na estrutura dos microrganismos, em uma proporção de 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio (KIEHL, 1985). Como essa proporção pode variar em função dos diferentes tipos de microrganismos consideram-se os limites de 26/1 e 35/1 como recomendado para uma compostagem rápida e eficiente. Relações baixas causam perdas praticamente inevitáveis de nitrogênio na forma de amônia, enquanto altas relações tornam o processo prolongado (KIEHL, 1985).

Os resíduos orgânicos domiciliares constituídos principalmente por cascas de frutas, verduras, legumes, e restos de alimentos cozidos ou estragados, entre outros são fontes de nitrogênio para a compostagem (PINHEL, 2019). Por outro lado, resíduos de poda e capina ou resíduos da indústria da madeira como serragem e cascas de árvores constituem uma fonte de carbono para o processo (CUNHA, 2018).

3.4.3. Temperatura

Durante a compostagem aeróbia a matéria orgânica se aquece por efeito do metabolismo exotérmico dos microrganismos alcançando temperaturas classificadas como mesófilas e termófilas e diferentes grupos de microrganismos predominam nas diferentes fases de temperatura do processo (KIEHL, 1985), conforme destacado na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Temperaturas consideradas mínimas, ótimas e máximas para as bactérias

Bactéria	Mínima	Ótima	Máxima
Termófila	25 a 45°C	50 a 55°C	85°C
Mesófila	15 a 25°C	25 a 40°C	43°C

Fonte: Kiehl (1985)

É muito importante a manutenção da temperatura ótima para os microrganismos, visto que uma variação para mais ou para menos provoca uma redução da população e da atividade metabólica. Para um processo de compostagem realizado em pilhas aeróbias é melhor trabalhar com grandes quantidades de material, para que as temperaturas maiores sejam atingidas, pois o calor criado pelos microrganismos quando a matéria orgânica é decomposta em pequeno volume se dissipa facilmente e o material não se aquece (KIEHL, 1985).

3.4.4. Umidade

A presença de água na compostagem é imprescindível para as necessidades fisiológicas dos organismos, os quais não vivem na ausência da umidade. Apesar disso, na compostagem aeróbia, devido à necessidade de água e ar ao mesmo tempo, torna-se necessário encontrar limites mínimos e máximos, para que todos os espaços vazios não sejam tomados por um o por outro (KIEHL, 1985).

Segundo Kiehl (1985), caso a umidade apresente-se abaixo de 40% a decomposição, embora aeróbia, será mais lenta, e se apresentar valores acima de 60% o material poderá sofrer anaerobiose (ocasionando putrefação e mau cheiro).

4. MATERIAS E MÉTODOS

4.1. Preparo dos materiais

4.1.1. Preparo do tabaco

O tabaco utilizado nas composteiras teve origem nos cigarros contrabandeados fechados na embalagem. Para a separação das 3 partes do cigarro foi utilizada uma guilhotina comum de corte de papel com base em aço. Apesar de ser pouco eficiente para separar grandes quantidades de tabaco, o processo permitiu a separação total dos componentes, com poucas perdas e sem degradar os filtros, que puderam ser destinados à outras pesquisas realizadas no laboratório RESIDUALL. Na figura 4 a seguir podemos observar o cigarro antes e depois do corte na guilhotina.

Figura 4: À esquerda: caixa de cigarro antes do corte na guilhotina. À direita: filtros e barras de fumo separados



Fonte: O autor

Em seguida as barras de fumo foram trituradas em de resíduos orgânicos TRAPP TR200, ilustrado na figura 5 abaixo, para melhor distribuição nas composteiras. Após a trituração o tabaco foi disposto em sacos de plásticos pesados e reservados conforme figura 5.

Figura 5 - À esquerda: barras de fumo antes de serem trituradas usando o equipamento ao centro. À direita: material triturado e pesado pronto para ser adicionado à composteira



Fonte: O autor

4.1.2. Resíduos orgânicos utilizados

Os resíduos orgânicos utilizados nas composteiras no presente trabalho foram coletados pela empresa Ciclo Limpo. São oriundos das residências e comércios de Botucatu que assinaram o serviço de coleta e compostagem de orgânicos, para terem seus resíduos orgânicos reciclados e desviados do aterro.

Resíduos orgânicos domiciliares e comerciais compostáveis são de composição variada, porém contém principalmente cascas de frutas, verduras, legumes, borras de café além de restos de alimentos cozidos como arroz, feijão, macarrão, por exemplo. Como a empresa realiza um trabalho de comunicação e educação ambiental com os clientes a quantidade de resíduos orgânicos a serem evitados em composteiras como restos de carnes chegam em menor quantidade.

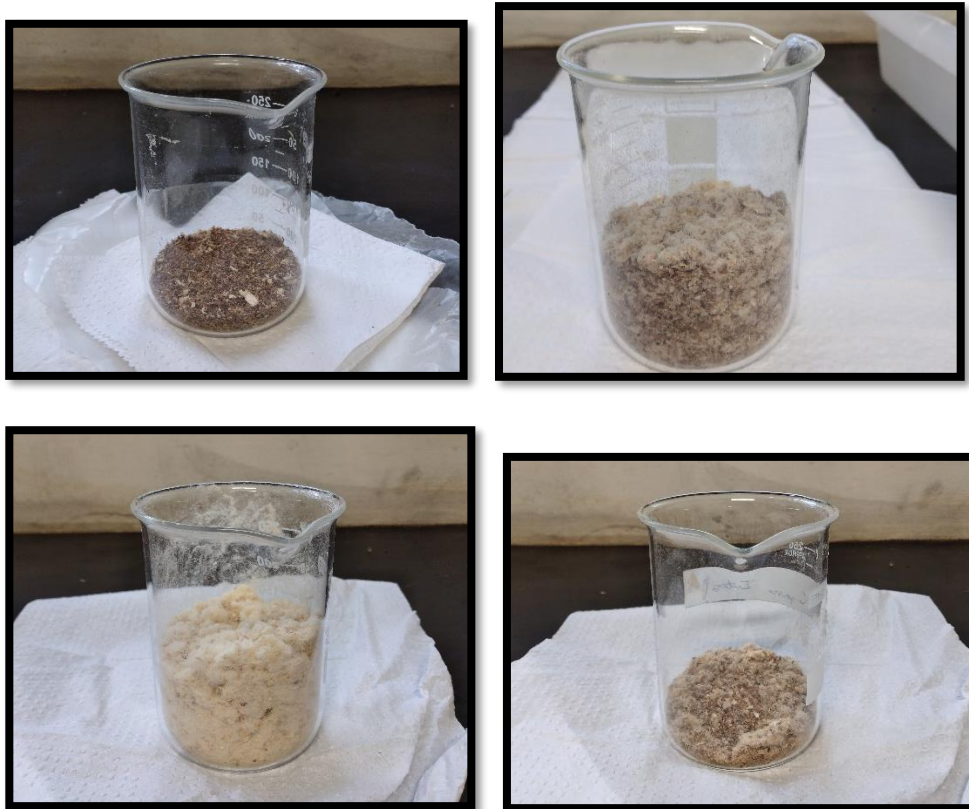
4.1.3. Fonte de carbono utilizada

Como fonte de carbono foi utilizado o mesmo material usado operacionalmente pela empresa Ciclo Limpo em seu processo de compostagem, a serragem. A serragem, proveniente de *Pinus sp*, é coletada em fábricas locais (madeireiras e fábrica de caixas de abelhas). Para estas fábricas, a serragem é um resíduo da sua atividade e por isso existe grande disponibilidade deste material (PINHEL, 2019).

4.1.4. Relação C/N das amostras de cigarro contrabandeado

Para a montagem foi considerada a necessidade de se obter uma relação C/N favorável para os microrganismos envolvidos no processo de compostagem. Foram preparadas 4 diferentes amostras do cigarro contrabandeado, a partir da trituração em diferentes moinhos até se obter uma amostra homogênea. As amostras foram as seguintes, respectivamente: barra de fumo; caixa inteira (cigarros + papel cartão); filtro; e cigarro inteiro (barra de fumo + filtro). Na figura 6 a seguir estão representadas as amostras na ordem em que foram descritas.

Figura 6 - Amostras de cigarro contrabandeado analisadas



Fonte: O autor

Após o preparo as amostras foram enviadas para análise de Material Orgânico no Laboratório de Fertilizantes e Corretivos na Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu/SP para obter os valores da relação C/N.

4.1.5. Relação C/N dos resíduos orgânicos e da fonte de carbono

Para os valores da relação C/N dos resíduos orgânicos e da fonte de carbono optou-se por utilizar os dados do trabalho de Pinhel (2019). No referente trabalho foram enviadas amostras de diferentes fontes de carbono usadas pelo Ciclo Limpo, assim como dos resíduos orgânicos coletados e compostados pela empresa, ao Laboratório de Fertilizantes e Corretivos que utilizou a mesma metodologia para realizar as análises. Esses dados seguem na tabela 2 a seguir:

Tabela 2 - Análise da relação C/N e outros parâmetros de diferentes fontes de carbono e resíduos orgânicos compostáveis

Amostra	N	Umidade	M.O.	C.O.	Rel. C/N
	----- * % (ao natural) -----			seca	
Fonte de carbono - Serragem	0,31	8	87	52	152/1
F. de carbono - Cavaco de Eucalipto	0,37	8	87	53	129/1
Fonte de carbono - Bambu	0,21	48	47	51	124/1
Alimentos crus	0,17	89	9	43	28/1
Alimentos cozidos	0,54	72	25	50	26/1
Alimentos crus + cozidos	0,79	72	24	49	17/1

Fonte: Pinhel (2019) – Adaptado.

Considerando que a fonte de carbono disponível foi a serragem e que na coleta dos resíduos orgânicos estão presentes tanto alimentos crus quanto alimentos cozidos, foram adotados os valores de 152/1 e 17/1 para essas relações C/N.

4.2. Montagem das composteiras

4.2.1. Proporção dos componentes das composteiras

A partir das relações C/N dos componentes das composteiras foi realizado o planejamento das baias. Como a relação C/N da barra de fumo obtida foi próxima da relação C/N dos alimentos crus e cozidos, o tabaco também foi considerado fonte de nitrogênio na montagem das baias.

As baias localizadas na fazenda lajeado possuem 1 m³ de volume e tem capacidade de receber uma grande quantidade de resíduos, podendo suportar mais de 300 kg de material. Para

obtenção de uma relação C/N inicial próxima ao ideal utilizou-se a seguinte proporção de materiais: 240 kg de resíduos orgânicos; 20 kg de tabaco (barras de fumo dos cigarros contrabandeados); 40 kg de serragem como fonte de carbono. Somando o peso com a quantidade de carbono e nitrogênio dos componentes nessas proporções tem-se como a relação C/N inicial de aproximadamente 37/1.

É importante pontuar que os resíduos orgânicos comerciais e domiciliares coletados pelo Ciclo Limpo são misturas complexas e podem variar em sua composição em diferentes dias de coleta. Apesar disso considerou-se que com nessas proporções de componentes as diferenças da C/N teórica e da C/N real estariam dentro da margem recomendada por Kiehl (1985).

4.2.2. Método de montagem

A montagem das baias foi realizada com base na metodologia descrita no trabalho de Pinhel (2019). Primeiramente foi feita uma camada de fonte de carbono (serragem) misturada com tabaco para que os resíduos biogênicos não fossem colocados em contato direto com o concreto. Na sequência foi colocada uma camada de resíduos orgânicos coletados no dia da montagem que foram cuidadosamente espalhados. Essa camada de resíduos foi então coberta com uma camada de serragem. O processo foi repetido até que todo o peso planejado fosse adicionado na baia. Foi necessário que a última camada fosse de serragem com tabaco para cobrir os resíduos.

As pesagens no momento da montagem foram realizadas utilizando uma balança manual digital de gancho, com capacidade para até 50 kg e precisão de 20 g, da marca WeiHeng. Todo o processo foi repetido 3 vezes, tendo ao fim do procedimento 3 composteiras ativas. Na figura 7 a seguir podemos observar a ilustração do processo conforme descrito.

Figura 7 – Montagem das baias de compostagem



Fonte: O autor

4.3. Monitoramento da temperatura e umidade

A temperatura e a umidade das 3 composteiras foram monitoradas semanalmente ao longo de todo o período de compostagem. Para o monitoramento da temperatura foi utilizado termômetro digital com haste ilustrado na figura 8 abaixo. As medições foram realizadas no centro das composteiras a 15 cm de profundidade conforme na Figura 8. Como a temperatura manteve-se nos valores esperados não foi necessário realizar nenhuma correção.

Figuras 8 – À esquerda: termômetro utilizado para medir a temperatura. À direita: método de medição da temperatura



Fonte: O autor.

Para a determinação da umidade foi utilizado uma balança determinadora de umidade Modelo MOC-63U – SHIMADZU, ilustrada na Figura 9 abaixo. Durante os dias de monitoramento retirou-se 3 amostras homogeneizadas de aproximadamente 1 g, da mesma região onde a temperatura era medida. Para cada um dos dias as amostras foram levadas para o laboratório, medidas na balança e determinadas pelo cálculo da média. Nos dias em que a umidade estava abaixo do recomendado foi feito molhamento com o auxílio de uma mangueira.

Figura 9 - Balança de umidade utilizada para o monitoramento



Fonte: O autor

4.4. Tempo de compostagem e aeração

O período de compostagem teve início na data de 25/06/2021 e terminou no dia 24/09/2021, totalizando 91 dias. A aeração foi realizada mensalmente, no 35º e no 63º dia de compostagem, de forma manual. O procedimento de aeração é feito a partir de “tombamentos”. Neste método o conteúdo de uma composteira é passado para a baia adjacente (que está vazia), com a ajuda de uma pá. Dessa forma todo o conteúdo da composteira é aerado e misturado. Quando uma composteira é “tombada” a baia que ela estava ocupando se torna vazia, abrindo espaço para o tombamento da próxima composteira, e assim por diante. No 63º dia também foi adicionado aproximadamente 8,5 kg de serragem em cada uma das 3 composteiras. Na Figura 10 a seguir ilustra-se a composteira 1 após os processos de tombamento.

Figura 10 – À esquerda: composteira 1 após tombamento de 1 mês. À direita: composteira após tombamento de 2 meses com adição de serragem.



Fonte: O autor

4.5. Procedimentos após o fim do período de compostagem

Após o fim do processo o composto final foi retirado das baias e levado para o laboratório RESIDUALL. No laboratório foi retirada uma amostra homogeneizada de 500 g de cada composteira e as três amostras foram colocadas em um misturador, ligado durante 1 minuto.

Após a mistura foi retirada uma amostra para caracterização de macro e micronutrientes e uma para caracterização de metais pesados no composto final, assim como amostras de um composto controle, produzido pela empresa Ciclo Limpo a partir da mesma metodologia de compostagem, porém sem a adição do fumo dos cigarros contrabandeados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Relação C/N das amostras de cigarro:

Os resultados da análise da relação C/N das diferentes amostras de cigarro contrabandeado, necessários para montagem das composteiras, podem ser observados na Tabela 3, a seguir:

Tabela 3 – Análise da relação C/N e outros parâmetros das amostras de cigarro contrabandeado

Amostra	N	Umidade	M.O.	C.O.	Rel. C/N
	----- * % (ao natural) -----			seca	
Barra de fumo	1,93	10	70	43	20/1
Caixa inteira (cigarros + papel cartão)	1,21	7	76	46	35/1
Filtro	0,13	4	90	52	371/1
Barra de fumo + filtro	1,51	8	74	45	27/1

*Teores totais

Fonte: Laboratório de Fertilizantes e Corretivos – UNESP – Botucatu/SP

Observa-se que a relação C/N da barra de fumo foi próxima da relação C/N dos resíduos orgânicos (crus+cozidos). Outro ponto importante a se destacar é o alta quantidade de carbono presente nos filtros de cigarro, quando separados das outras partes.

5.2. Massas finais nas composteiras

Após a realização da metodologia descrita no item 4.2 foi possível montar as 3 composteiras conforme planejado para obter os resultados em triplicata. Na Tabela 4 a seguir é possível observar as massas de cada um dos componentes colocados nas baias.

Tabela 4 – Massas de cada componente colocado nas 3 baias de compostagem

Dia de compostagem	Baias	Resíduos orgânicos (kg)	Serragem (kg)	Tabaco (kg)
1	1	240,9	40,1	20,3
1	2	246,9	40,6	19,3
1	3	236,3	39,7	19,7
63	1	-	8,5	-
63	2	-	8,9	-
63	3	-	8,1	-

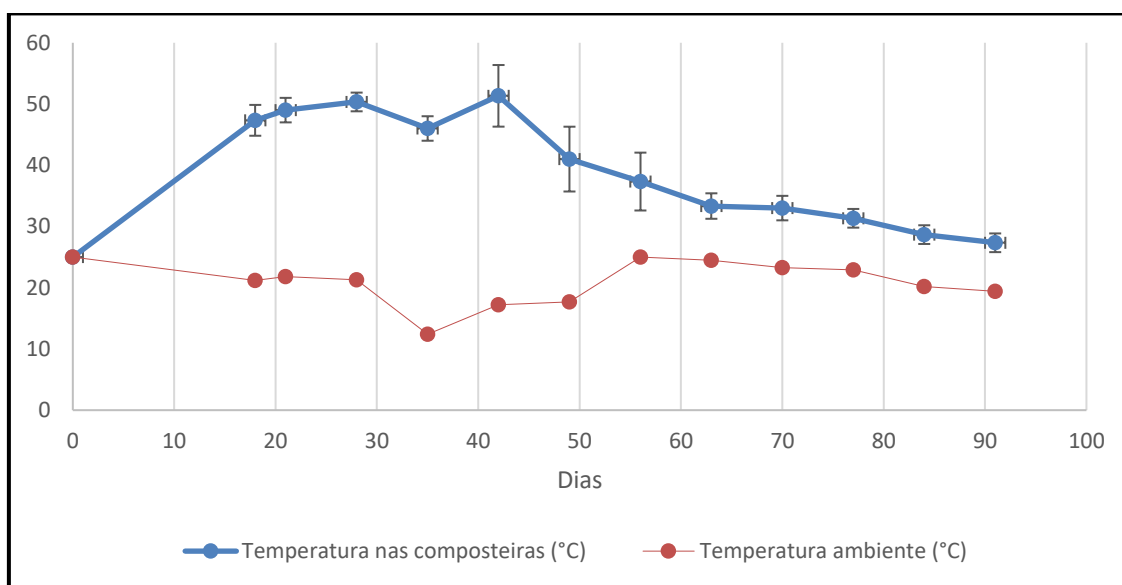
Fonte: O autor

Um maço de cigarro contrabandeado sem os filtros e embalagem pesado em laboratório tem em média 15 gramas. Foram tratados a partir da compostagem, aproximadamente 4000 maços de cigarros, além de 724 kg de resíduos orgânicos e 146 kg de resíduos de madeira.

5.3. Temperatura

As medições de temperatura realizadas semanalmente ao longo dos dias de compostagem estão destacadas na Figura 11 a seguir:

Figura 11 – Temperatura média medida nas 3 composteiras e temperatura ambiente no termômetro do laboratório



Fonte: O autor

Observa-se a partir do gráfico da temperatura que ao longo do período de compostagem a temperatura se comportou de forma esperada, atingindo altas temperaturas até os primeiros 45 dias do processo. Essas temperaturas são fruto da intensa atividade exotérmica dos microrganismos, durante a fase ativa da compostagem (KIEHL, 1985). Temperaturas ótimas para bactérias termófilas não foram atingidas, ao menos na parte superior da baía onde a temperatura foi medida (15 cm de profundidade). Apesar disso a faixa de temperatura atingida é suficiente para a atividade desse tipo de bactérias.

Como não houve quedas bruscas na temperatura supõe-se que não ocorreu compactação, anaerobiose ou encharcamento (KIEHL, 1985). O desvio padrão entre as temperaturas das composteiras, representado no gráfico, não foi maior que 5, sendo que a maior disparidade ocorreu durante o período do 40º ao 56º dia, final da fase ativa do processo.

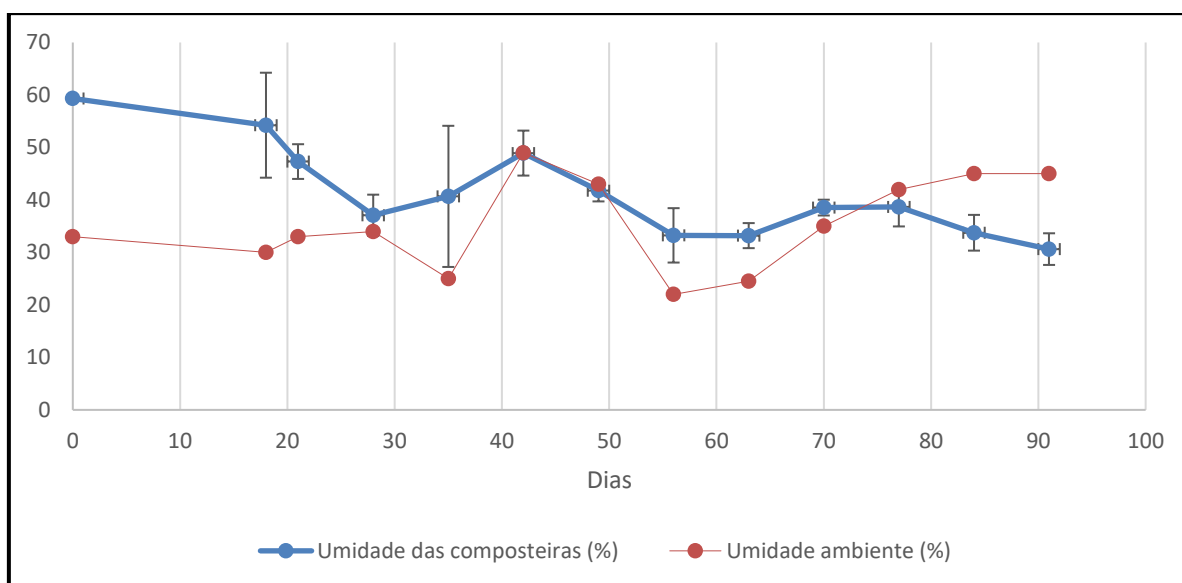
Após 40 dias de compostagem as temperaturas começaram a cair até chegarem na faixa mesófila, próximas de 30°C, iniciando a fase de maturação que durou até o fim da compostagem.

É importante pontuar que não constam dados de temperatura referentes aos primeiros dias do processo pela impossibilidade de coleta dada a intercorrência provocada pelas limitações impostas durante a pandemia da COVID-19. Tendo em vista o imprevisto citado adotou-se como temperatura inicial a temperatura ambiente de 25°C.

5.4. Umidade

As medições de umidade realizadas semanalmente em 3 amostras por baia ao longo dos dias de compostagem estão destacadas na Figura 12 seguir:

Figura 12 – Umidade média medida nas 3 composteiras (em triplicata) e umidade ambiente no termômetro do laboratório



Fonte: O autor

Considerando os limites de umidade máxima e mínima recomendados por Kiehl (1985), observa-se que durante o período ativo da compostagem, a umidade de pelo menos uma baia caiu abaixo do valor recomendado de 40% aproximadamente após 25 dias de compostagem. As

baías com umidade inferior a 40% foram regadas no dia 28 e no dia 35 do processo. A queda da umidade pode ter sido influenciada pela umidade ambiente, conforme observado no gráfico.

Após esse período a umidade se manteve acima de 40 até 50 dias de compostagem final da fase ativa. As composteiras foram novamente regadas nos 56º e 63º dia do processo. A partir desse ponto considerou-se que a compostagem estava em fase final e, portanto, não foram mais regadas. A umidade só caiu abaixo de 30 em uma das composteiras no último dia do processo.

É importante pontuar que o desvio padrão entre os valores medidos de umidade foi maior do que entre os valores medidos de temperatura, porém apenas em dias específicos. Para este parâmetro também não constam dados referentes aos primeiros dias do processo pela impossibilidade de coleta dada a intercorrência provocada pelas limitações impostas durante a pandemia da COVID-19. Adotou-se como umidade inicial das composteiras a umidade média proporcional ao peso dos materiais que compuseram as baías (tabelas 2 e 3 para umidade e tabela 4 para o peso).

5.5. Características finais do composto

As análises de material orgânico, macro e micronutrientes da amostra do composto final e do composto controle, produzido pela empresa Ciclo Limpo estão descritos na Tabela 5 a seguir:

Tabela 5 – Análise de material orgânico macro e micronutriente das amostras do composto final e do composto controle

Amostra	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Umidade	M.O.	C.O.	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Rel. C/N	pH
	* % (ao natural)									seca	* mg/kg (ao natural)						ao natural
Referencia Ciclo Limpo	1,83	0,70	2,04	3,91	0,39	0,10	12	67	42	3975	---	12	1006	149	32	20/1	7,7
Composto com Tabaco	1,99	0,48	3,87	2,74	0,62	0,13	12	70	44	722	---	7	534	213	23	19/1	5,5

*Teores totais

Fonte: Laboratório de Fertilizantes e Corretivos – UNESP – Botucatu/SP

De acordo com Instrução Normativa nº 25/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que institui as normas sobre as especificações e tolerâncias para compostos produzidos utilizando resíduos alimentares como matéria-prima, (compostos orgânicos de classe C) os seguintes parâmetros devem ser atendidos para uso seguro na

agricultura: umidade (máxima) = 50%; N total (mínimo) = 0,5%; C total (mínimo) = 15%; pH (mínimo) = 6,5; Relação C/N (máxima) = 20/1; Outros nutrientes - conforme declarado.

Na tabela é possível observar que os parâmetros do composto controle e do composto com tabaco foram próximos. Além disso o valor final da relação C/N (19/1) demonstra que a degradação da matéria orgânica e o processo de compostagem foram satisfatórios. Apesar disso o valor do pH ficou abaixo do mínimo exigido para o composto com tabaco. Algumas alternativas seriam o aumento do tempo de compostagem ou a diminuição da quantidade de tabaco adicionado na composteira, além da correção utilizando calcário, porém seriam necessárias mais análises para solucionar a questão.

As análises de metais pesados da amostra do composto final e do composto controle, produzido pela empresa Ciclo Limpo estão descritos na Tabela 6 a seguir:

Tabela 6 – Análise de metais tóxicos das amostras do composto final e do composto controle

Amostra	As	Ba	Cd	Pb	Cr	Hg	Mo	Ni	Se
	mg/kg								
Referencia Ciclo Limpo	< 0,429	78,8	< 0,0455	1,4	4,2	< 0,065	< 0,065	< 0,078	< 0,897
Composto com Tabaco	< 0,429	125	< 0,0455	0,8	5,2	< 0,065	< 0,065	0,6	< 0,897

Fonte: Laboratório de metais pesados – UNESP – Botucatu/SP

De acordo com a instrução normativa Instrução normativa nº 27/2006 do MAPA, que institui valores máximos admitidos de contaminação para metais pesados e agentes biológicos para compostos orgânicos os seguintes teores máximos para metais pesado devem ser respeitados: Arsênio (mg/kg) = 20; Cádmio (mg/kg) = 3; Chumbo (mg/kg) = 150; Cromo hexavalente = (mg/kg) 2; Mercúrio (mg/kg) = 1; Níquel (mg/kg) = 70; Selênio (mg/kg) = 80.

Nesse caso nenhum parâmetro ficou acima do permitido pela legislação visto que a toxicidade do cromo está limitada à sua forma hexavalente, sendo que para outras classes de fertilizante o valor de Cr máximo permitido varia de 200 a 500 mg/kg na mesma Instrução Técnica (BRASIL, 2006). Por outro lado, o composto com tabaco apresentou concentrações bem maiores de Ni e Ba, metais potencialmente tóxicos, presentes no tabaco do cigarro. Dessa forma é necessário atenção principalmente a esses dois parâmetros visto que a adição de tabaco na composteira promove um aumento nas concentrações desses metais.

6. CONCLUSÃO

A partir do tratamento do tabaco de cigarros contrabandeados junto aos resíduos orgânicos compostáveis e a serragem nas baias de compostagem verificou-se que, em primeiro lugar, apesar da compostagem do tabaco ser viável, um problema a ser considerado é a separação dos resíduos do tabaco. O ideal é que as barras de fumo sejam separadas dos filtros sem a degradação dos resíduos, para aproveitamento de ambos. Esse ponto dificulta a realização do processo em larga escala.

Não houve problemas relacionados as metodologias de montagem e de manejo das composteiras, já aplicadas operacionalmente pelo Ciclo Limpo. Essas metodologias demonstram a viabilidade do tratamento de orgânicos através do processo de compostagem, assim como a viabilidade dos modelos de compostagem descentralizada que contribuem para o desvio de resíduos do aterro ao mesmo tempo que produzem um composto orgânico de qualidade

Diante dos resultados obtidos no monitoramento verificou-se que a composteira foi funcional e conseguiu atingir altas temperaturas para atividade dos microrganismos termófilos. A umidade caiu durante o andamento do processo, porém não a níveis problemáticos considerando os molhamentos realizados.

Quanto as características finais do composto com tabaco, observou-se que as diferenças nos parâmetros foram próximas ao composto controle, em geral. Os metais pesados presentes no composto com tabaco não foram maiores do que os teores permitidos pela legislação vigente, apesar da elevada concentração de Ni e Ba oriundos dos cigarros que foi observada. O pH ácido abaixo do mínimo permitido indica a necessidade de tratamento ou revisão nas quantidades de tabaco adicionada além do tempo de compostagem, ou então, a correção do mesmo com calcário. É importante pontuar a necessidade de pesquisas na área visto a grande quantidade de cigarros apreendidos anualmente no Brasil e os potenciais usos do composto com tabaco na agricultura, como por exemplo uma possível função antifúngica.

Por fim conclui-se que o tratamento de tabaco de cigarros contrabandeados a partir da compostagem em baias é viável, porém são necessárias mais pesquisas na área, além da busca de métodos eficientes de separação das diferentes partes do cigarro. É importante pontuar que enormes quantidades de cigarros apreendidos continuam sendo incineradas no Brasil e um alto passivo ambiental está sendo gerado.

REFERÊNCIAS

ALVES, V. B. **A influência da densidade do filtro de cigarros nos teores da fumaça**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Registros de produtos fumígenos - dados cadastrais**. Brasil, ANVISA, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. ABRELPE, 2020

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021**. ABRELPE, 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13591: Compostagem**. Rio de Janeiro, ABNT, 1996.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA/MAPA Nº27/2006**. Brasil, MAPA, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA/MAPA Nº25/2009**. Brasil, MAPA, 2009.

BRASIL. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2010.

BRASIL. **Dispõe sobre os limites máximos de alcatrão, nicotina e monóxido de carbono nos cigarros e a restrição do uso de aditivos nos produtos fumígenos derivados do tabaco, e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, 2012.

.

BRASIL. **Dispõe sobre o registro de produtos fumígenos derivados do tabaco**. Diário Oficial da União, Brasília, 2021.

BRASIL. **Dispõe sobre a administração e a destinação de mercadorias apreendidas.** Diário Oficial da União, Brasília, 2022.

CRUZ, A. C. DA. **Síntese e caracterização de partículas de acetato de celulose, a partir do caroço de manga, para produção de matrizes de liberação controlada de drogas.** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2010.

CUNHA, K. M. DA. **Compostagem de tabaco de cigarro contrabandeado e resíduos sólidos orgânicos em reator facultativo com capacidade de 2000L.** Ponta Grossa, 2018

FELIPE, L. P. G. **Modificação de filtros de cigarros contrabandeados com íons férricos para utilização na degradação de corantes reativos.** [s.l: s.n.].

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, 2012.

GUERMANDI, J. I. **Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos fertilizantes orgânicos produzidos pelas técnicas de compostagem e vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos coletada em estabelecimentos alimentícios de São Carlos/SP.** São Carlos: Universidade de São Paulo, 2015.

IBGE. **População brasileira chega a 213,3 milhões de habitantes, estima IBGE.** Disponível em <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2021/08/populacao-brasileira-chega-a-213-3-milhoes-de-habitantes-estima-ibge>>

INCA. **Prevalência do Tabagismo.** Brasil, 2022.

INCA. **Mercado ilegal de produtos de tabaco.** Brasil, 2022.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos.** São Paulo: Editora Agronômica “Ceres” Ltda., 1985.

KIM, V. J. H. **Análise da composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de São Carlos (SP).** São Carlos: Universidade de São Paulo, 2019.

LOPES, A. N. et al. Descarte irregular de resíduos de cigarro nas ruas Oswaldo Cruz e Lobo Viana, Santos (Brasil). **UNISANTA Bioscience**, v. 9, n. 2, p. 114–123, 2020.

MASSUKADO, L. M.; SCHALCH, V. Avaliação da qualidade do composto proveniente da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares. **Revista DAE**, v. 58, n. 183, p. 9–15, 2010.

PINHEL, J. R. **“Ciclo Limpo”: um modelo de gerenciamento descentralizado de resíduos biogênicos**. Botucatu: Universidade do Estado de São Paulo, 2019.

PORTAL BRASILEIRO DE DADOS ABERTOS. **Destinações de Mercadorias Apreendidas**. Brasil, 2022.

RIOS, D. A. M.; OLIVEIRA, F. D. DA S. **Resíduo de cigarro: uma proposta de manejo ambiental**. Bramado: IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2018.

RODGMAN, ALAN.; PERFETTI, T. A. **The chemical components of tobacco and tobacco smoke**. [s.l.] CRC Press, 2013.

SILVA, C. P. DA; VOIGT, C. L.; CAMPOS, S. X. DE. Determination of metal ions in contraband cigarettes in Brazil. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 5, p. 1249–1259, 2014.

SIQUEIRA, T. M. O. DE; ASSAD, M. L. R. C. L. Compostagem de Resíduos Urbanos no Estado de São Paulo (Brasil). **Ambiente & Sociedade**, v. XVIII, n. 4, p. 243–264, dez. 2015.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2019**. Brasília: [s.n.].

SHARMA, V. K. et al. **Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting: Review**. *Energy Conversion and Management*, Amsterdam, v. 38, p. 453-478, mar. 1997.