

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NÚBIA ESTER GOEHLER

MONITORAMENTO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DA
CADEIA DE SUÍNOS COM ADIÇÃO DE GLICERINA BRUTA

PALOTINA

2020

NÚBIA ESTER GOEHLLEN

MONITORAMENTO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DA
CADEIA DE SUÍNOS COM ADIÇÃO DE GLICERINA BRUTA

Artigo apresentado como requisito parcial à
conclusão do curso de Ciências Biológicas, Setor
de Palotina, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora Prof^a. Dr^a. Eliane Hermes
Co-orientadora Prof^a. Dr^a. Dilemara Cristina
Zenatti

PALOTINA

2020

MONITORAMENTO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DA CADEIA DE SUÍNOS COM ADIÇÃO DE GLICERINA BRUTA

Núbia Ester Goehlen

RESUMO

O setor agroindustrial é um segmento muito importante da economia brasileira. No entanto, além de trazer diversos benefícios, também é um grande causador de impactos ambientais e para amenizá-los a compostagem pode ser usada como uma alternativa para o tratamento dos resíduos gerados pelas agroindústrias, por ter baixo custo e o produto final ser utilizado ou comercializado como fertilizante. Diante disso, o objetivo deste estudo foi monitorar o processo de compostagem de resíduos da cadeia de suínos com adição de glicerina bruta. Os resíduos utilizados foram: glicerina bruta, farinha e dejetos suínos, lodo de flotador, bagaço de cana de açúcar, poda de árvores urbanas e carvão. Os tratamentos foram constituídos por diferentes proporções de resíduos orgânicos e de glicerina bruta, sendo denominados: T0; T1; T2; T3 e T4, de acordo com a concentração de glicerina incorporada: 0; 1,5; 3,0; 4,5; 6,0%, respectivamente. A determinação da massa e volume foi realizada apenas no início e final do processo, as coletas para o monitoramento do pH, condutividade elétrica (CE), carbono e nitrogênio foram quinzenais e a temperatura foi mensurada a cada 3 dias. Foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) para os dados referentes a redução da massa e volume. O processo de compostagem com adição de até 6,0% de glicerina bruta apresentou-se eficiente. Em todos os tratamentos observou-se redução da relação C/N até próximo de 10/1, e pH na faixa de neutralidade em cerca de 70 dias, indicando a estabilização do material. Também houve diminuição da CE e aumento da concentração de nitrogênio em todos os tratamentos, além do processo ter atingido a fase termofílica, eliminando patógenos e sementes indesejadas.

Palavras-chave: Agroindústria, Fertilizantes Orgânicos, Impactos Ambientais.

ABSTRACT

The agro-industrial sector is a very important segment of Brazilian economy. However, besides bringing several benefits, it's a major cause of environmental impacts and to mitigate them, composting can be used as an alternative for the treatment of waste generated by agro-industry, especially because it has low cost and the final product can be used or marketed as fertilizer. That said, this research had the objective of monitoring the composting process of pig chain residues with addition of crude glycerin. The residues used were: crude glycerin, flour and swine manure, float sludge, sugarcane bagasse, pruning of urban trees and biochar. The treatments consisted of different proportions of organic residues and crude glycerin and were called T0; T1; T2; T3 and T4, according to the glycerin's concentration incorporated: 0; 1.5; 3.0; 4.5; 6.0% respectively. For mass and volume determination were realized only at the beginning and the end of the process, the sample collections to monitor pH, electrical conductivity (EC), carbon and nitrogen were made every two weeks and the temperature was measured every tree days. Analysis of Variance (ANOVA) was realized for data on the reduction of mass and volume. The composting process with the addition of up to 6.0% of crude glycerin was efficient. In all treatments, a reduction in the C/N ratio was observed being close to 10/1, and a pH in the neutral range in about 70 days, indicating the stabilization of the material. There was also a decrease in EC and an increase in the

concentration of nitrogen in all treatments, in addition to the process having reached the thermophilic phase, eliminating pathogens and unwanted seeds.

Keywords: Agro-industry, Organic Fertilizer, Environmental Impacts.

1 INTRODUÇÃO

O setor agroindustrial é um importante segmento da economia brasileira, e segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2020) tem participação em cerca de 5,9% do Produto Interno Bruto (PIB), estando presente significativamente na maioria dos estados brasileiros. O setor agroindustrial é muito heterogêneo e está concentrado nos estados próximos aos maiores centros de consumo (IPEA, 2009). A geração de resíduos em agroindústrias está associada ao uso de insumos, perdas entre a produção e consumo e a materiais gerados que não possuem valor econômico evidente (ROSA et al., 2011).

A agropecuária é um segmento que está em constante crescimento, tornando-a um grande gerador de resíduos. Segundo Rizzoni et al. (2012) dentre as atividades agropecuárias, a suinocultura é considerada a atividade de maior impacto ambiental pelos órgãos de controle ambiental, sendo necessário uma alternativa para o tratamento do resíduo produzido. Já a glicerina bruta ou glicerol bruto, é um subproduto da produção de biodiesel, sendo formado principalmente por glicerol (RIVERO et al., 2014). Uma das maiores preocupações é o excedente de glicerina bruta, que corresponde a cerca de 10% da massa total da produção de biodiesel (CHI et al., 2007).

A agroindústria traz diversos benefícios para o país, mas também é um dos maiores causadores de impactos ambientais com a geração de resíduos que podem contribuir com o efeito estufa, emissão de odores, comprometimento do solo e corpos d'água, entre outros.

Para amenizar estes impactos, a compostagem pode ser usada como uma alternativa no tratamento dos resíduos orgânicos, e além de ter um baixo custo e poluição ambiental reduzida, o produto final pode ser utilizado como fertilizante. Este consiste em um processo biológico de decomposição aeróbia, controlada por meio da ação de microrganismos (COTTA et al., 2015) que utilizam a matéria orgânica como fonte de energia e nutrientes, promovendo a mineralização e humificação dos resíduos (DORES-SILVA et al., 2013). Segundo Abreu (2018), a compostagem é dividida em quatro fases: inicial, termofílica, mesofílica e maturação.

Para que este processo ocorra corretamente há fatores que devem ser considerados como: relação carbono/nitrogênio (C/N) sendo o valor inicial ideal entre 26/1 e 36/1, pois este interfere na velocidade e qualidade da compostagem (KIEHL, 2010); temperatura que indica a atividade microbiana presente e também elimina patógenos (FIORI et al, 2008); pH que juntamente com outros fatores indica a estabilização do processo (KIEHL, 2010); microrganismos que são os responsáveis pela decomposição da matéria orgânica (TAIWO; OSO, 2004); tamanho das partículas e porosidade que exercem grande influência na aeração e na temperatura (BERNAL et al., 2009); aeração que fornece oxigênio para os microrganismos (GUO et al., 2012); e umidade, sendo esta necessária para os processos biológicos dos microrganismos atuantes (COSTA et al., 2015).

Diante disso, o objetivo deste estudo foi monitorar o processo de compostagem de resíduos da cadeia de suínos com adição de glicerina bruta em diferentes proporções.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Geração de Resíduos Sólidos

Resíduo pode ser qualquer matéria ou energia que não foi aproveitada no processo de consumo ou produção, podendo apresentar-se como matéria em estado físico ou energia dissipada (CARVALHO et al., 2019).

O setor agroindustrial é um importante segmento da economia brasileira, e segundo a EMBRAPA (2020) tem participação em aproximadamente 5,9% do PIB. A agricultura, assim como a pecuária, traz muitos benefícios ao país, como a geração de empregos, maior produção de alimentos e riqueza. Porém, também gera os maiores danos ao meio ambiente, com a adição excessiva de matéria orgânica no solo, que pode causar impactos como a geração de gases e eutrofização de recursos hídricos. Além disso, tem-se os impactos relacionados diretamente as agroindústrias, como a intensificação do efeito estufa, emissão de odores, comprometimento da qualidade do solo, risco a saúde ambiental, perda de habitats e biodiversidade, entre outros (IPEA, 2012).

Para a problemática da grande produção de resíduos orgânicos, a compostagem é uma boa alternativa como tratamento. Este processo tem vantagens sobre a incineração e disposição em aterros como baixo custo, poluição ambiental reduzida,

além do produto obtido ser usado como fertilizante (VICH et al., 2017).

2.2 Resíduos Sólidos Orgânicos

2.2.1 Farinha de suínos

No Brasil há uma grande produção de suínos, sendo abatidos em média 11 milhões de cabeças por trimestre. Em 2019 apenas no 4º trimestre, foram abatidos cerca de 11,89 milhões de suínos, um aumento de 6,2% em relação ao mesmo período de 2018. A região Sul é responsável por 64% do abate nacional, seguido pela região Sudeste com 20,0%, Centro-Oeste com 14,8%, Nordeste com 1,1% e Norte com 0,1%. Os estados com maior produção são Santa Catarina, responsável por 27,5% da produção, seguido por Paraná com 19,0%, e Rio Grande do sul com 17,5% de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020).

Os resíduos provenientes do abate de suínos podem ser categorizados de duas formas: subprodutos não comestíveis e efluentes líquidos. Os subprodutos não comestíveis, incluem vísceras, órgãos, sangue, ossos, aparas de carne e de gordura. São esses os resíduos que podem ser transformados em farinha animal e que serão destinados para a produção de ração. Sua composição dependerá dos subprodutos utilizados para fazê-la (TABELA 1).

TABELA 1 – CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE SUÍNOS	
Farinha de carne e ossos de suínos	Composição proximal (%)
Matéria seca	95,86
Proteína bruta	47,74
Fibra bruta	1,47
Matéria mineral	28,51

FONTE: EMBRAPA (2019).

2.2.2 Dejeito Suíno

O aumento na produção de suínos, além de possibilitar o incremento no número de empregos gerados, também aumentou a renda de pequenos produtores. Esse crescimento proporciona um grande impacto ambiental, que é causado pela quantidade de fezes produzidas pelos animais, principalmente na fase adulta. Os dejetos são constituídos por fezes, que normalmente se encontram em forma líquida ou pastosa, urina, água de bebedouros e de higienização e resíduos que acabam ficando na baía

como ração, pelo e poeira (DIESEL et al., 2002). Os dejetos podem apresentar grandes variações em seus componentes, principalmente por causa da composição da ração dos animais (TABELA 2).

TABELA 2 – COMPOSIÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS

Elementos Componentes	Unidade	Média
pH	-	6,94
Umidade	%	90,38
Matéria Seca	%	8,99
Nitrogênio total	%	0,60

FONTE: TAKITANE (2001).

Para Silva et al. (2015) a principal causa da poluição por dejetos suínos é o seu lançamento sem tratamento nos cursos d'água, que acarretam vários desequilíbrios, como a redução do teor de oxigênio dissolvido, disseminação de patógenos e contaminação da água por elementos tóxicos como a amônia.

2.2.3 Lodo de Flotador

Processos como o de flotação são normalmente utilizados como tratamento primário de efluentes que apresentam alta carga de óleos e graxas, como em abatedouros. Para a geração do lodo, é usado um tratamento físico-químico, onde são aplicados agentes coagulantes, de origem orgânica ou inorgânica, e através da adesão de bolhas de ar, o lodo flota e é retirado, sendo em seguida aquecido e centrifugado. Após o processo, é gerada uma grande quantidade de lodo (TABELA 3), que normalmente é destinado a aterros (GARCIA et al., 2016).

TABELA 3– CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE LODO DE ABATEDOURO

Parâmetros	Lodo de abatedouro
Umidade (%)	67,60
Nitrogênio total Kjeldahl (%)	5,80
C/N	7,20
pH	5,40
Condutividade elétrica (mS/cm)	1,00
Fósforo	2,80

FONTE: GUIDONI (2019)

2.2.4 Bagaço de cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é um dos principais produtos agrícolas cultivados no Brasil, desde a época da colonização. Sua grande produção se deve por esta ser a principal matéria prima para a produção de etanol. Segundo o IBGE (2017) foram produzidas 638.689.875 toneladas de cana em 2017. Este produto possui diversas finalidades, podendo ser utilizado como forragem, alimentação animal e matéria prima para produção de rapadura, melado, aguardente e álcool (SILVA et al., 2007).

O bagaço da cana é um subproduto proveniente de talos da cana de açúcar, após a extração da sacarose (SOARES, 2012) e pode ser utilizado como combustível, e incorporado na ração animal. A composição química do bagaço (TABELA 4) depende de diversos fatores, como o tipo de cana, tipo do solo e até das técnicas utilizadas na colheita e manuseio (SILVA et al., 2007).

TABELA 4 – CARACTERIZAÇÃO DO BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR

Composição do Bagaço de Cana	%
Carbono (C)	45,05
Hidrogênio (H)	4,86
Nitrogênio (N)	0,68
Enxofre (S)	3,05
Oxigênio*	42,71
Cinzas	3,65

* %O = 100-(%C+%H+%N+%S+%Cinzas)

FONTE: GOMES et al. (2013).

2.2.5 Poda de árvores urbanas

A poda de árvores é usada como fonte de carbono na compostagem. Esse resíduo é composto por folhas e galhos triturados sendo gerado abundantemente em centros urbanos que com a retirada de galhos e árvores visam melhorar o paisagismo local, além da necessidade de evitar a interferência dos galhos em redes de energia elétrica e facilitar a visão de residências e estabelecimentos comerciais. Esse resíduo é produzido em grande quantidade em cidades arborizadas, e frequentemente é destinado incorretamente, sendo jogado em lotes vazios, queimados ou até mesmo dispostos em aterros sanitários e lixões. A grande quantidade pode causar problemas ambientais como a poluição do ar, água e até mesmo do solo (PETRICOSKI, 2017).

2.2.6 Carvão

O carvão, também chamado de biochar, é um resíduo proveniente da queima da madeira, principalmente em caldeiras para aquecimento de água em agroindústrias. O carvão remanescente tem diversas utilidades, como filtração de gases de escape da pirólise, podendo ser usado como base para a produção de fertilizantes, geração de carvão ativado, além de melhorar a produtividade de florestas (DUMROESE, 2011). Kammann et al. (2015) ainda citam outros benefícios quando usado no solo, como o aumento da retenção de água, calagem, redução da lixiviação de nitrogênio, e redução de emissões de N_2O .

Há estudos que mostram os efeitos do biochar durante a compostagem, como o ajuste da relação C/N, melhoria na retenção de nitrogênio, redução da mobilidade de metais pesados, aumento da formação de compostos húmicos estáveis e alteração da composição microbiana durante o processo (KAMMANN et al., 2015).

2.2.7 Glicerina Bruta

A glicerina bruta, que também pode ser chamada de glicerol bruto, é um subproduto da produção de biodiesel. Segundo Rivero et al. (2014), a cada 100 kg de biodiesel produzido, geram-se cerca de 10 kg de glicerol bruto. Este material é formado por glicerol (50-60%), álcalis na forma de sabões alcalinos e hidróxidos (12-16%), ésteres metílicos (15-18%), metanol (8-13%), água (2-3%) e também pode contar outros elementos como cálcio, magnésio, fósforo e enxofre (RIVERO et al., 2014).

O glicerol puro, é utilizado em indústrias de cosméticos, tintas, automotivas, alimentícia, tabaco, farmacêutica, papel e celulose, couro e têxtil (SILVA et al., 2009), mas o refinamento é de alto custo, o que muitas vezes inviabiliza o processo. Existem alternativas para o uso do glicerol bruto, como combustão, co-queima, compostagem, ração animal, conversão termoquímica e conversão biológica (RIVERO et al., 2014).

2.3 Processo de Compostagem

A compostagem é um processo biológico de decomposição aeróbia, controlada por meio da ação de microrganismos, resultando na estabilização da matéria orgânica (COTTA et al., 2015). Os microrganismos utilizam a matéria orgânica como fonte de

energia e nutrientes, promovendo a mineralização e humificação dos resíduos (DORES-SILVA et al., 2013).

Abreu (2018) apresenta a compostagem dividida em quatro fases: fase inicial, que pode durar até 72 h e a elevação rápida da temperatura até 45 °C é uma característica marcante, ocorrendo também a rápida expansão de colônias de microrganismos mesófilos e a intensificação da decomposição. Posteriormente tem-se a fase termofílica que se inicia quando a temperatura se eleva acima de 45 °C, podendo chegar até 65 °C, apresentando rápida decomposição do material orgânico, além de liberação de calor e vapor d'água. Já na fase mesofílica há a diminuição da temperatura e redução da atividade dos microrganismos, havendo também a degradação de substâncias orgânicas mais resistentes e perda de umidade. E por fim a fase de maturação, onde a atividade microbiana é mínima e a temperatura se mantém próxima a temperatura ambiente.

São vários os fatores que afetam o processo de compostagem, sendo os principais: relação carbono/nitrogênio (C/N), temperatura, pH, microrganismos, tamanhos das partículas, porosidade, aeração e umidade.

2.3.1 Relação carbono/nitrogênio

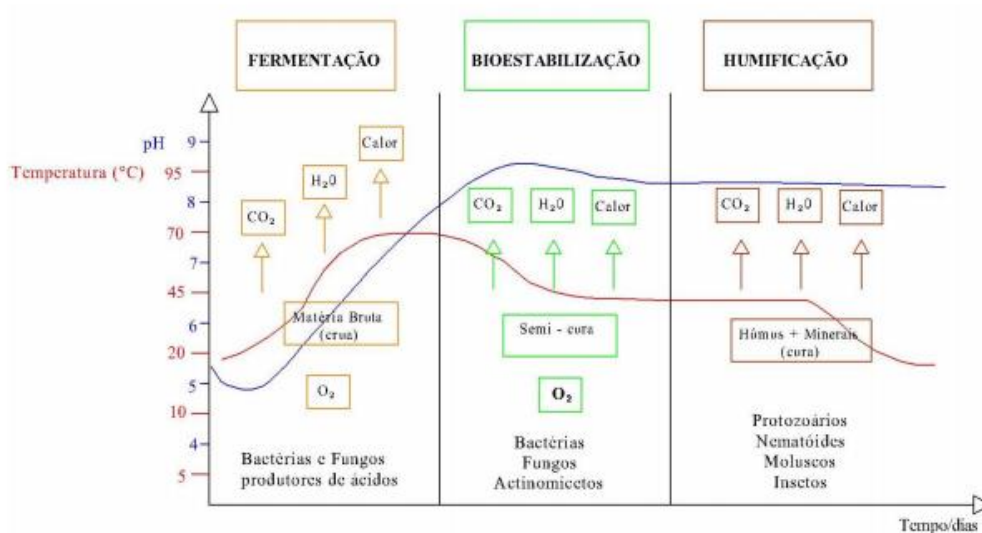
Um dos aspectos mais importantes para a compostagem é a relação entre carbono orgânico e nitrogênio total. Para o começo da compostagem, o ideal é uma relação C/N entre 25/1 e 30/1 (DIAZ et al., 2011). Altas relações C/N tornam o processo de compostagem lento, pois há excesso de substrato degradável para os microrganismos. Já quando a relação C/N está baixa, poderá haver perda de N por lixiviação ou volatilização como amônia (GAO et al., 2010). Essa relação é importante de tal maneira que ela interfere na velocidade e qualidade do processo de compostagem, além de que os microrganismos heterotróficos dependem do C como fonte de energia e do N para síntese de proteínas (VALENTE et al., 2008). É considerado finalizado o processo quando os valores da relação C/N se encontram entre 8 e 12/1 (KIEHL, 2010).

2.3.2 Temperatura

A temperatura demonstra a atividade microbiana e marca as fases da compostagem (FIGURA 1). A faixa de temperatura ideal é entre 40 e 65 °C, que é a

faixa de tolerância da maioria dos decompositores, mas pode atingir 70 a 90 °C (DIAZ et al., 2011).

FIGURA 1 - COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA E PH AO LONGO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM



FONTE: SILVA et al. (2009)

É necessário que ocorram temperaturas acima de 55 °C para eliminação de microrganismos patogênicos. Porém, temperaturas muito altas, excedendo o limite de tolerância, são prejudiciais para a compostagem, pois reduzem a atividade dos microrganismos envolvidos na degradação de matéria orgânica (BERNAL et al., 2009). A diminuição repentina da temperatura pode indicar problemas no processo de compostagem, podendo ser causada pela falta de aeração, umidade ou de nutrientes (HERBETS et al., 2005).

2.3.3 pH

O pH é um fator notável durante a compostagem (FIGURA 1), porém não é limitante para o sucesso do processo, pois vários dos microrganismos presentes podem se desenvolver em diferentes faixas de pH (HERBETS et al., 2005).

Um pH entre 6,7 e 9,0 suporta uma boa atividade microbiana, mas os valores ideais estão entre 5,5 e 8,0, sendo dificilmente alterado, pois a maioria dos resíduos estão dentro desse intervalo (BERNAL et al., 2009). Após o início do processo, por consequência da atividade das bactérias, há a formação de ácidos, que leva a

acidificação do material. Quando essa fase termina, há elevação do seu valor, podendo este chegar até 8,5 (DIAZ et al., 2011).

2.3.4 Microrganismos

A decomposição da matéria orgânica é feita por grupos de microrganismos, sendo controlados pela temperatura dentro do processo. Os fungos estão presentes durante todo o processo, mas não ficam ativos em temperaturas maiores que 60 °C, bactérias predominam durante toda a compostagem (BERNAL et al., 2009).

Alguns dos organismos encontrados incluem bactérias, actinomicetos, leveduras e fungos. No início da compostagem, as bactérias mesofílicas são predominantes, juntamente com fungos mesofílicos. Com a contínua elevação da temperatura durante o processo, há a ascensão de actinomicetos e fungos termofílicos, havendo então a degradação de compostos como celulose, hemicelulose e lignina. Após a fase termofílica, há novamente a predominância de bactérias e fungos mesofílicos (HERBETS et al., 2005).

Taiwo; Oso (2004), isolaram em seu trabalho os principais microrganismos atuantes no processo de compostagem. Foram encontradas espécies de *Bacillus*, coliformes fecais, *Pseudomonas*, *Streptococcus*, *Proteus*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Cephalosporium*, *Humicola*, *Mycotypha* e *Scopulariosis*.

2.3.5 Tamanho das partículas

O tamanho das partículas é importante para o funcionamento da compostagem, pois é necessário haver um balanço entre a área necessária para o crescimento de microrganismos e a porosidade para que haja aeração. Quanto maior a partícula, mais difícil será a sua decomposição, pois o seu interior é de difícil acesso para os microrganismos. No entanto uma partícula muito pequena é capaz de compactar a massa, reduzindo assim a aeração, o que induzirá ao processo de anaerobiose (BERNAL et al., 2009).

Herbets et al. (2005) sugerem tamanho das partículas entre 20 e 50 mm, pois com essa dimensão, o material é rapidamente decomposto, devido a maior área de contato entre os microrganismos e nutrientes, sem que haja a compactação da massa.

2.3.6 Porosidade

A porosidade exerce uma grande influência na compostagem por causa da aeração, pois se esta for muito alta, a pilha irá permanecer em baixas temperaturas, pois haverá muita passagem de ar. Porém, se for muito baixa, a não entrada de ar levará a condições anaeróbicas, o que ocasionará geração de odor. Para um bom funcionamento, a porosidade deve estar entre 35 e 50% (BERNAL et al., 2009).

2.3.7 Aeração

A aeração é um fator importante para o processo, pois ela controla a temperatura, o excesso de umidade, além de fornecer oxigênio para os processos biológicos dos microrganismos. Uma concentração ótima varia de 15 e 20% (BERNAL et al., 2009). Pouca aeração pode levar a condições anaeróbicas, enquanto em excesso pode diminuir a velocidade do processo de compostagem, através de perdas de calor e água (GUO et al., 2012). Para Herbets et al. (2005) a aeração depende do tamanho das partículas, temperatura e umidade do material a ser compostado.

2.3.8 Umidade

A presença de água é indispensável para os processos biológicos dos microrganismos presentes na compostagem (COSTA et al., 2015). O ideal é que a umidade esteja entre 50 e 60% (BERNAL et al., 2009).

Se o teor de água for maior que 60%, o processo torna-se anaeróbico, o que resulta em uma compostagem mais lenta e em um produto de baixa qualidade (DIAZ et al., 2011). No entanto se o teor de água diminuir muito, a taxa de decomposição reduzirá devido à baixa atividade microbiana (BERNAL et al., 2009), produzindo um composto fisicamente estável e biologicamente instável (DIAZ et al., 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Instalação do Experimento

O experimento foi realizado na Universidade Federal do Paraná - Setor Palotina. O processo de compostagem foi realizado em composteiras construídas com paletes, sendo um palete de base e quatro paletes perfazendo as paredes.

Foram construídas composteiras com 4 divisórias internas, de modo que cada uma possuísse 4 repetições de cada tratamento, e foram revestidas com tela permeável, sendo denominadas células de compostagem. Cada célula possuía o volume de 317 L, sendo o total de cada composteira de 1268 L (FIGURA 2). Devido o pátio de compostagem não possuir piso, apenas cobertura, estas foram dispostas sobre lonas de impermeabilização.

FIGURA 2. COMPOSTEIRA COM OS QUATRO COMPARTIMENTOS



Fonte: Aloisio (2018).

3.2 Caracterização dos resíduos orgânicos

No processo de compostagem, utilizou-se podas de árvores urbanas, bagaço de cana, glicerina bruta e carvão como fontes de carbono. Aproveitou-se esses quatro resíduos como fonte de carbono, sendo a poda de árvores geralmente destinado a aterros, o bagaço de cana disposto em céu aberto ou queimado, e glicerina bruta somente quando purificada, tem valor comercial.

A glicerina bruta foi adquirida de uma usina de biodiesel da região. O carvão também foi fornecido por uma empresa da região, sendo este, proveniente de caldeira de abatedouro. Para evitar problemas de lixiviação no processo e por seu estado físico ser líquido, houve a incorporação da glicerina bruta ao carvão.

Os resíduos orgânicos agroindustriais, configuram-se como fontes de nitrogênio, sendo estes fornecidos por uma cooperativa de abate (farinha de suínos e lodo de flotor) e de produtores da fase de terminação de suínos (dejetos).

A caracterização dos resíduos quanto ao teor de nitrogênio total Kjeldahl (NTK) e carbono orgânico total (COT) é apresentada na Tabela 6. Com a quantificação do COT e NTK, foi possível calcular a relação C/N de cada resíduo.

TABELA 6 – CARBONO ORGÂNICO TOTAL, NITROGÊNIO TOTAL KJELHDAL E RELAÇÃO C/N DOS RESÍDUOS UTILIZADOS NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM

Resíduos Orgânicos	COT (%)	NTK (%)	C/N
Bagaço de cana	55,20	0,24	230,00
Poda de árvore	53,00	0,30	177,00
Lodo de Flotador	54,00	0,80	68,00
Farinha de suíno	51,30	9,15	6,00
Dejeto	23,10	3,40	7,00
Carvão	34,40	0,40	86,00
Glicerina Bruta	71,30	0,02	3.565,00

FONTE: O autor (2020)

3.3 Condução do Experimento

Os tratamentos foram constituídos por diferentes proporções de resíduos orgânicos e diferentes concentrações de glicerina bruta, fixando a relação C/N de aproximadamente 26/1 para todos os tratamentos (TABELA 7). Os tratamentos foram denominados T0; T1; T2; T3 e T4, de acordo com as doses de glicerina incorporadas ao processo de compostagem: 0; 1,5; 3,0; 4,5; 6,0%, respectivamente.

TABELA 7 – QUANTIDADE EM MASSA NATURAL DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS UTILIZADOS NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM

Resíduos orgânicos (kg)	Concentração de Glicerina bruta				
	0,0	1,5	3,0	4,5	6,0
Bagaço de cana	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
Poda de árvore	15,00	17,00	16,00	15,00	14,00
Lodo de flotador	4,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Farinha de suíno	6,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Dejeto	15,00	13,00	13,00	13,00	13,00
Carvão	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Glicerina Bruta	0	0,80	1,62	2,39	3,20
Total células (kg)	55	54	54	53	53

FONTE: O autor (2020)

Os resíduos foram inicialmente pesados em balança digital para monitoramento da massa, e posteriormente foram dispostos em camadas. Primeiramente foi colocado

a poda de árvores para evitar a lixiviação de resíduos mais úmidos, em seguida, o bagaço de cana, farinha de suínos, bagaço de cana, lodo de flotador, glicerina bruta associada ao carvão, dejetos suíno, finalizando com bagaço de cana, para evitar a exposição dos resíduos.

Após a montagem das células de compostagem, foram feitos revolvimentos manuais semanais, para garantir a aeração do material, seguidos de rega para manter a umidade em torno de 60%. O revolvimento consistia em retirar todo o material de cada célula e homogeneizá-lo em caixas de fibras. A temperatura das células foi monitorada a cada 3 dias, a uma profundidade de cerca de 30 cm, assim como a temperatura ambiente. As coletas para monitoramento do pH, CE, carbono e nitrogênio foram feitas a cada 15 dias, em diferentes pontos da célula. A determinação do volume e da massa deu-se no início e final do processo. O processo foi considerado finalizado quando a temperatura dos tratamentos se aproximou da temperatura ambiente.

3.4 Parâmetros monitorados no processo de compostagem

Os parâmetros monitorados foram massa, volume, pH, CE, carbono, nitrogênio e relação C/N. Para o monitoramento da massa, os resíduos foram pesados em balança digital. A redução do volume nas células foi monitorada a partir das seguintes dimensões: volume = largura x comprimento x altura, com o auxílio de uma trena para a medição. A condutividade elétrica e o pH foram determinados na solução, preparada a partir da amostra em suspensão com água destilada na proporção de 1:5 (m/v). Para a leitura do pH foi utilizado potenciômetro de bancada e condutivímetro de bancada (BRASIL, 2007).

Para a determinação do teor de carbono orgânico total (COT), amostras foram secas a 105 °C, em estufa de circulação forçada de ar, e colocadas em cadinhos de porcelana, pesadas e posteriormente encaminhadas para o forno mufla por 4 h, a uma temperatura de 550 °C (CUNHA-QUEDA et al., 2003). Para a determinação do nitrogênio total Kjeldahl (NTK), as amostras foram secas a 60 °C, também em estufa de circulação forçada de ar. Utilizou-se o bloco digestor para a digestão total da matéria orgânica a base de ácido sulfúrico (H₂SO₄). Posteriormente foi utilizado o destilador de Kjeldahl para efetuar a determinação dos teores de NTK (MALAVOLTA et al., 1997). A relação C/N foi determinada pela Equação 1.

$$\text{Relação C/N} = \text{COT/NTK}$$

(Eq. 1)

3.5 Delineamento Experimental e Análise Estatística

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, ou seja, as unidades experimentais foram destinadas a cada tratamento de forma inteiramente casual (sorteio). Foram utilizados cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais.

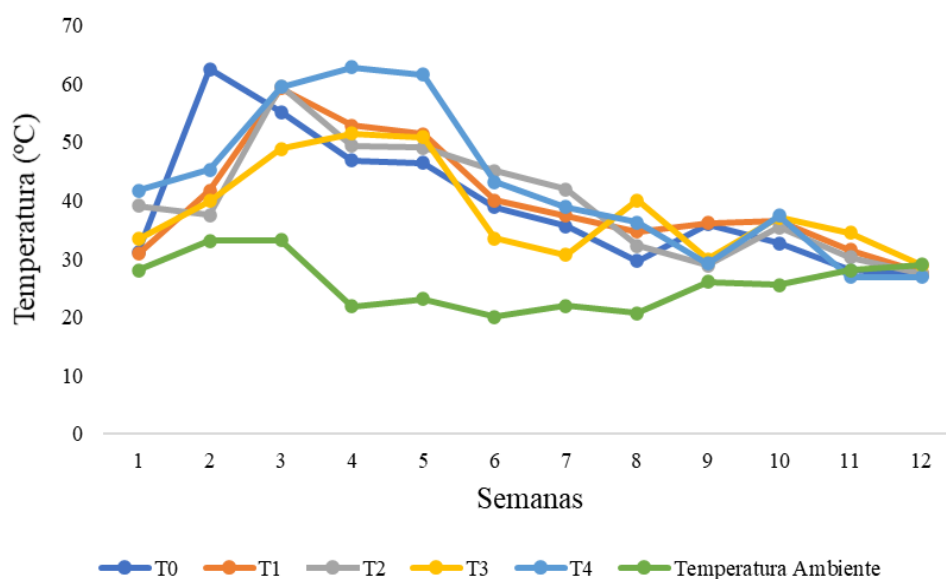
A ANOVA foi realizada para os dados referentes a redução de massa e volume. Utilizou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias. Os dados foram analisados utilizando o software estatístico R.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Comportamento da temperatura durante o processo de compostagem

Quando montadas, as pilhas apresentavam temperaturas próximas a ambiente, elevando-se aos passar os dias. Entre a segunda e terceira semana, a compostagem ultrapassou 45 °C, marcando assim a fase termofílica, e permanecendo até a quinta semana. A partir da quinta semana o processo entrou na fase mesofílica, diminuindo a temperatura até, novamente, estar próxima a temperatura ambiente, este processo durou cerca de 70 dias (FIGURA 3).

FIGURA 3 – TEMPERATURA DURANTE O PROCESSO DE COMPOSTAGEM



Fonte: O autor (2020)

O aumento da temperatura durante a fase termofílica está associado com a degradação da matéria orgânica, pois o calor é proveniente do metabolismo dos organismos presentes na compostagem (FIORI et al., 2008). Segundo Chen et al. (2014) altas temperaturas são necessárias para que ocorra a eliminação de organismos patogênicos, além de acelerar a decomposição.

Os tratamentos com adição de GB apresentaram comportamento semelhante em relação a temperatura. O T0, que é o tratamento sem adição de GB, apresentou um pico de temperatura maior e mais rápido, mas por um período menor em comparação com os outros tratamentos. O T4, permaneceu na fase termofílica por mais tempo (TABELA 8), devido a decomposição dos lipídeos, hemicelulose, celulose e lignina, por bactérias, actinomicetos e fungos (VALENTE et al., 2008; AUGUSTO et al., 2009).

TABELA 8 - PARÂMETROS DE CONTROLE DA TEMPERATURA DURANTE O PROCESSO DE COMPOSTAGEM

Parâmetro	T0	T1	T2	T3	T4
Duração da fase termofílica ^a (dias)	35	35	42	32	45
Temperatura máxima (°C)	62	59	59	51	63
Temperatura máxima ^b (dia)	14°	22°	22°	29°	29°
Temperatura ≥ 55 °C (dias)	15	21	21	28	28
Tempo de compostagem (dias)	66	68	67	69	65

Média de 4 repetições de cada tratamento.

^aTemperatura acima de 40 °C.

^bDia em que a temperatura máxima foi atingida

FONTE: O autor (2020)

Assim como no trabalho de Chiarelto et al. (2019), o qual utilizaram poda de árvores, invólucros de embutidos, carvão, resíduo de incubatório, lodo de flotador e cinza remanescente de caldeira e Brito et al. (2010) compostando a fracção sólida do chorume com palha de azevém, os tratamentos alcançaram e mantiveram temperaturas acima de 55 °C por mais duas semanas, indicando que ocorreu a sanitização necessária. Heck et al. (2013), observaram que durante a compostagem de resíduos orgânicos domiciliares, poda vegetal e lodo de esgoto, a temperatura média da leira de compostagem variou entre 37,3 a 67,6 °C e posteriormente retornou a temperatura próxima a inicial, mesmo padrão encontrado neste trabalho.

O processo foi considerado finalizado quando a temperatura dos tratamentos se aproximou da temperatura ambiente, ou seja, com aproximadamente 70 dias de compostagem.

4.2 Redução de massa e volume no processo de compostagem

Para a análise da redução de massa e volume foi realizado a ANOVA (TABELA 9). Esse método permite testar hipóteses sobre médias de populações distintas, no caso, os tratamentos.

TABELA 9 – RESUMO DA ANOVA PARA REDUÇÃO DE MASSA E VOLUME (%)

Redução de Massa (%)					
Fonte de variação	GL	SQ	QM	F _{calc}	Prob.
Tratamento	4	273,26	68,32	26,94	0,00
Erro	15	38,04	2,54		
Total	19	311,30			
Redução de Volume (%)					
Fonte de variação	GL	SQ	QM	F _{calc}	Prob.
Tratamento	4	854,40	213,60	3,74	0,03
Erro	15	855,90	57,06		
Total	19	1710,30			

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma quadrática; QM: Média quadrática; F_{calc}: F calculado; Prob: Probabilidade.

FONTE: O autor (2020).

Quando o valor da probabilidade é menor que 0,05 significa que há diferença estatística entre os tratamentos, que ocorreu tanto para a redução de massa quanto de volume. A partir destes resultados realizou-se o Teste de Tukey (TABELA 10), que é um complemento à ANOVA e visa identificar quais as médias diferem significativamente entre si (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

TABELA 10 – VALORES E TESTE DE TUKEY PARA MASSA E VOLUME NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM

Tratamento	Tempo (dias)*	Massa Seca (kg)		Redução (%)	Volume (cm ³)		Redução (%)
		Inicial	Final		Inicial	Final	
T0	66	39,42	10,90	70,34 a	202	103	50,99 a
T1	68	39,93	12,80	67,92 a	201	130	35,32 ab
T2	67	39,74	14,56	63,32 b	213	144	32,39 b
T3	69	39,41	14,78	62,49 b	202	131	35,15 ab
T4	65	39,29	15,70	59,95 b	209	146	30,14 b

As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si com 5% de probabilidade, de acordo com o teste de Tukey.

*Temperatura igual à temperatura ambiente.

FONTE: O autor (2020)

Observa-se na Tabela 10 que ocorreu uma redução significativa da massa seca durante o processo de compostagem, sendo 70,34; 67,92; 63,32; 62,49; 59,95 % para os tratamentos T0; T1; T2; T3 e T4 respectivamente. Comparando os tratamentos, ocorreu maior redução no tratamento T0, que não tinha adição de GB. Também é

possível observar que não houve diferença estatística ($p>0,05$) entre os tratamentos T0 e T1 e entre os tratamentos T2 T3, e T4, mas que esses dois grupos diferem entre si.

Ismael et al. (2013), utilizando restos de cascas de frutas e legumes, cascas de banana, esterco bovino, folhas de mangueira e restos de capinaçã observaram redução da massa de 43,71% na pilha de compostagem e reduções entre 37 e 42% em minicomposteiras. Pedrosa et al. (2013) que em seu trabalho com resíduos agroindustriais também obtiveram uma redução de sólidos em torno de 50%, sendo reduções menores que as encontradas neste estudo.

Para os valores de volume, a maior redução foi de 50,99% e a menor 30,14%, nos tratamentos T0 e T4, respectivamente (TABELA 10). É possível observar que não houve diferença estatística ($p>0,05$) nos tratamentos T1, T2, T3 e T4, e entre T0, T1 e T3. Os tratamentos que tiveram diferenças estatísticas foram T0, T2 e T4.

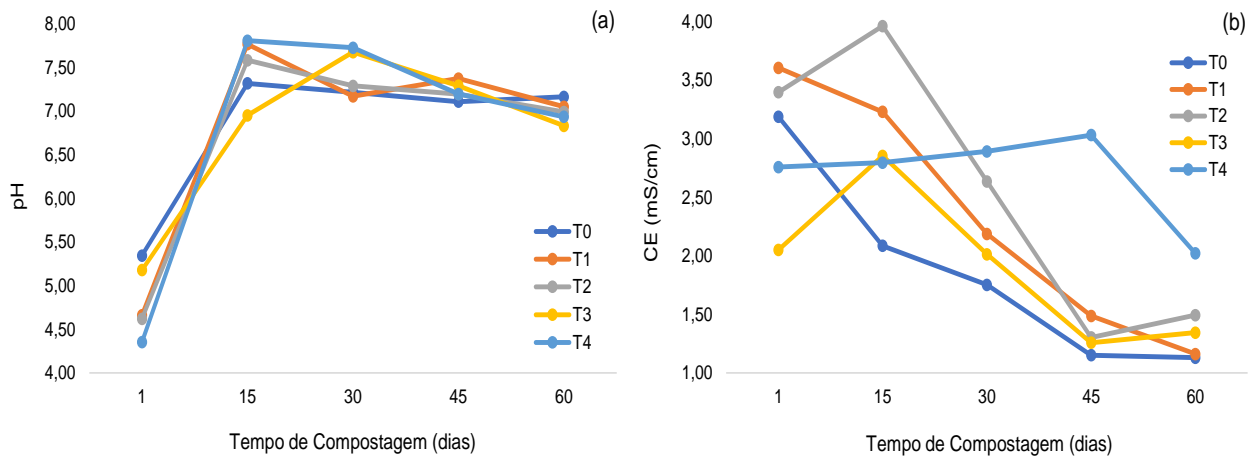
A diferença na redução da matéria seca se deve a variação na composição dos tratamentos, pois açúcares e proteínas são degradados rapidamente, enquanto celulose, lignina e lipídeos, necessitam períodos mais longos para degradação (VALENTE et al., 2008). Pequenas alterações no peso dos tratamentos também podem ser influenciadas pelo acréscimo de água para controle da umidade. Fialho (2007) trabalhando com podas de árvores, bagaço de laranja, torta de filtro e esterco bovino, encontrou valores entre 53 e 72% para perda de volume, sendo esses o menor e o maior valor encontrado. Orrico Junior et al. (2009) alcançaram redução de até 64% do volume na compostagem utilizando a fração sólida de água residuária da suinocultura.

4.3 Valores de pH e CE durante o processo de compostagem

O pH é um parâmetro altamente influenciado pela matéria prima utilizada no processo, sendo os valores ótimos para bactérias de 6,0-7,5 e para fungos de 5,5-8,0 (AMIR et al., 2005).

Todos os tratamentos, exceto o T3, aumentaram os valores de pH durante as duas primeiras semanas de compostagem, chegando em seu pico máximo, e depois diminuíram gradualmente (FIGURA 4a). O tratamento T3 teve seu pico máximo posterior aos primeiros 15 dias, mantendo o padrão, ou seja, diminuindo gradativamente até sua pré-estabilização. O pH final dos tratamentos chegou perto da neutralidade, estando entre 6,5 e 7,5, seguido o mencionado por Kiehl (2010), que em condições normais, mesmo a matéria prima sendo ácida, o pH se elevará até alcançar a alcalinidade, o que pode indicar que o composto está humificado.

FIGURA 4. COMPORTAMENTO DO pH (A) E DA CE (B) DURANTE O PROCESSO DE COMPOSTAGEM



FONTE: O autor (2020)

Os valores encontrados são próximos aos de Leal et al. (2013) trabalhando com capim-elefante e torta de mamona, Fialho (2007) utilizando podas de árvores, bagaço de laranja, torta de filtro e esterco bovino, Costa et al. (2009) que empregaram palha de trigo, serragem de madeira e resíduos do abate de bovinos e suínos e de Fiori et al. (2008) utilizando resíduos de cereais, resíduos de linha verde, cama de aviário, resíduos de incubatório e maravalha, que encontraram valores de pH próximos a neutralidade ou levemente alcalinos, mesmo em leiras que iniciaram o processo com baixos valores de pH. Beuren (2019) durante o processo de compostagem com biossólido industrial, cama de aves, serragem, pó de fumo, e casca de arroz, também observou elevação do pH, que na etapa final se manteve entre 5,5 e 8,5.

O aumento do pH pode ser explicado pela formação de amônia durante a mineralização dos compostos, e a sequente diminuição pode ter sido causada pela liberação de H^+ durante a nitrificação (EKLIND; KIRCHMANN, 2000).

A CE variou entre os tratamentos (FIGURA 4b). Para os tratamentos T2 e T3, observou-se um aumento da CE nos primeiros 15 dias, e posteriormente houve diminuição até aproximadamente 1,00 mS/cm. No tratamento T4 observou-se pouca variação da CE, estando entre 2,00 e 3,00 mS/cm. Para os tratamentos T0 e T1 não foi observado aumento da CE, apenas diminuíram gradativamente até chegar aproximadamente em 1 mS/cm.

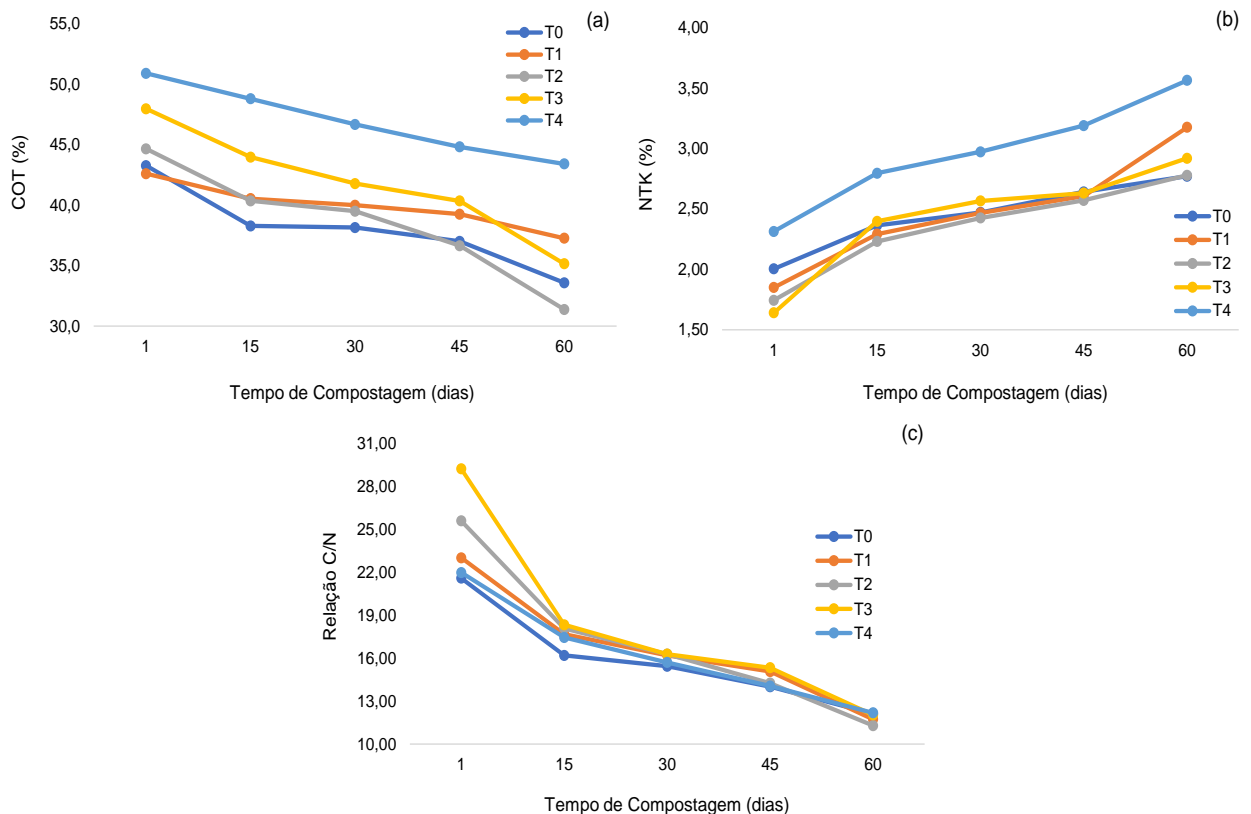
Asses et al. (2018) em seu trabalho com lama de depuração, associado com resíduos de moinho de azeitona e grama e folhas, encontraram valores de CE entre 1,02 e 0,81 mS/cm. Fehmberger et al. (2019) constataram valores maiores em relação

a outros autores, entre 2,05 e 2,88 mS/cm utilizando poda de árvores, bagaço de cana de açúcar, glicerina bruta, resíduos de incubatório, camas de frango e lodo de flotador. Segundo Huang et al. (2004), o aumento inicial da CE pode ser causado devido a liberação de sais minerais pela decomposição do material orgânico, assim como a posterior diminuição devido a volatilização da amônia e precipitação de sais minerais. Outra razão para a diminuição da CE é a constante umidificação das leiras, que deste modo, promovia a lavagem dos compostos.

4.4 Valores de COT, NTK e Relação C/N durante o processo de compostagem

No que se refere a COT, pode-se observar que houve uma grande queda em sua concentração em todos os tratamentos (FIGURA 5a), que inicialmente tinham entre 40 e 50% de este em sua composição, e finalizaram com concentrações entre 30 e 40%. Apenas o tratamento T4, que possuía concentração maior que 50% teve redução menor, chegando próximo a 45%.

FIGURA 5. COMPORTAMENTO DO COT (A), NTK (B) E RELAÇÃO C/N (C) DURANTE O PROCESSO DE COMPOSTAGEM



FONTE: O autor (2020)

A redução na concentração pode ser ocasionada pela estabilização da matéria orgânica e pela respiração dos microrganismos envolvidos na compostagem (KARAK et al., 2016). Fialho (2007) que utilizou podas de árvores, bagaço de laranja, torta de filtro e esterco bovino, observou uma perda de C total entre 15 e 46% em 210 dias de compostagem, sendo que os menores valores se aproximam aos encontrados neste trabalho com 70 dias de compostagem. Já Vespa (2005) obteve valores maiores, reduzindo mais de 40% o teor de COT, utilizando resíduo sólido urbano orgânico

Enquanto houve a diminuição na concentração de COT, houve aumento na concentração de NTK ao longo da compostagem (FIGURA 5b). O teor de NTK inicial estava entre 1,50 e 2,50%, enquanto o final estava entre 2,50 e 3,50%. Santos et al. (2019) utilizando podas de árvores, bagaço de cana, glicerina bruta, farinha e dejetos de suínos, lodo de flotor e carvão, obtiveram resultados muito semelhantes a este estudo, sendo a concentração final de NTK entre 2,77 e 3,56%. Vieira et al. (2016) trabalhando com efluentes de frigorífico com serragem e cama de aves, obtiveram valores maiores que os deste estudo, estando entre 3,27 e 5,90%.

Ao contrário da perda de carbono, a perda de nitrogênio não é desejada, pois diminui a riqueza agronômica do composto (CHIARELOTTO et al., 2019). Autores como Tittarelli et al. (2002), Lima et al. (2009), Mees et al. (2009) e Leal et al. (2013), também observaram a diminuição do COT, assim como o aumento do N.

Para a relação C/N, inicialmente os tratamentos começaram com o valor fixado de 26/1, mas após um dia de compostagem pode-se observar que os tratamentos encontravam-se com diferentes relações C/N (FIGURA 5c), entre 20 e 30/1 e segundo Kiehl (2010), as relações mais recomendadas são entre 26 e 36/1. Em todos os tratamentos houve diminuição significativa dessa relação até próximo a 10/1, sendo considerado totalmente humificado quando os valores se encontram entre 8 e 12/1 (KIEHL, 2010). Santos et al. (2019) também observaram redução neste parâmetro (de 26/1 para aproximadamente 10/1). Pedrosa et al. (2013) em seu trabalho com resíduos agroindustriais constataram grande redução na relação C/N, de 28:1 para 6:1. Fortes Neto (2013) estudando o processo de compostagem com a fração orgânica do lixo urbano domiciliar, verificou grande redução na relação C/N, que inicialmente estava 29/1 e após 120 dias de compostagem reduziu para 12/1.

A adição de glicerina bruta é benéfica para agroindústrias pois é um resíduo que pode ser tratado com a compostagem, sem que sejam afetados o processo e o adubo orgânico obtido. A única adversidade com a adição de glicerina bruta é a menor redução da massa e volume, o que implica em maiores áreas para o processo.

5 CONCLUSÃO

O processo de compostagem com adição de até 6,0% de glicerina bruta com resíduos agroindustriais apresentou-se eficiente, indicando a estabilização do material em cerca de 70 dias. Em todos os tratamentos, com e sem adição de glicerina bruta, observou-se redução da relação C/N de 26/1 para próximo de 10/1, e pH na faixa de neutralidade, que são características de estabilização do material. A diminuição da CE e o aumento da concentração de nitrogênio no material, mostram-se adequados para o seu uso como fertilizante, além do processo ter atingido a fase termofílica, eliminando patógenos e sementes indesejadas.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. J. de. **Compostagem Doméstica, Comunitária e Institucional de Resíduos Orgânicos**. Brasília, 2018. 68 p. Disponível em: https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80058/Compostagem-Manual_2018-11-26_digital_figuras%20c%20titulo.pdf. Acesso em: 18 maio 2020.
- ALOISIO, C. M. **Processo de humificação na compostagem de resíduos orgânicos agroindustriais associados a glicerina bruta**. 2018. 66. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologias de Bioprodutos Agroindustriais, Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2018.
- AMIR, S.; HAFIDI, M.; MERLINA, G.; REVEL, JC. Sequential extraction of heavy metals during composting of sewage sludge. **Chemosphere**, v. 59, p.801-810, 2005.
- ASSES, N.; FARHAT, A.; CHERIF, S.; HAMDY, M.; BOUALLAGUI, H. Comparative study of sewage sludge co-composting with olive mill wastes or green residues: process monitoring and agriculture value of the resulting composts. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 114, p. 25-35, 2018.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **ABNT NBR 10004**: Resíduos sólidos– Classificação. Rio de Janeiro RJ, 2004.
- AUGUSTO, K. V. Z.; LUCAS JÚNIOR, J.; MIRANDA, A. P. Redução de volume e peso durante a compostagem de dejetos de galinhas poedeiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS, 1., 2009, Florianópolis. **Anais...** 2009.
- BERNAL, M.P.; ALBURQUERQUE, J.A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5444-5453, nov. 2009.
- BEUREN, F. **Utilização de diferentes tipos de resíduos agroindustriais como substrato na compostagem de bioresíduo industrial**. 2019. 97 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental), Universidade de Santa Cruz do Sul, 2019.

Disponível em: <https://repositorio.unisc.br/jspui/bitstream/11624/2548/1/Fernanda%20Beuren.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa Nº 17, de 21 de maio de 2007. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa, **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 maio 2007.

BRITO, L. M.; AMARO, A.L.; MOURÃO, I.; COUTINHO, J. Compostagem da fração sólida do chorume com palha de azevém (*Lolium multiflorum Lam.*) ou tojo (*Ulex europaeus L.*). **Revista de Ciências Agrárias** v. 33, n.1, p. 267-276, jan. 2010.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística**: princípios e aplicações. Porto Alegre: ARTMED, 2003. 255 p.

CARVALHO, J. T. A. de.; SANTOS, G. F. dos. RIBEIRO L. C. S.; MATA, H. T. da C. Sustentabilidade e rotas tecnológicas de reciclagem para a cidade de Salvador, no âmbito da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Planejamento e Políticas Públicas**, v. 52, p. 231-268, jun. 2019.

CHEN, Y.; YU, F.; LIANG, S.; WANG, Z.; LIU, Z.; XIONG, Y. Utilization of solar energy in sewage sludge composting: fertilizer effect and application. **Waste Management**, v. 34, n. 11, p. 2014-2021, nov. 2014.

CHI, Z.; PYLE, D.; WEN, Z.; FREAR, C.; CHEN, S. A laboratory study of producing docosahexaenoic acid from biodiesel-waste glycerol by microalgal fermentation. **Process Biochemistry**, [S.L.], v. 42, n. 11, p. 1537-1545, nov. 2007

CHIARELOTTO, M.; DAMACENO, F.M.; LORIN, H.F.; TONIAL, L.M.s.; COSTA, L.A. de M.; BUSTAMANTE, M.A.; MORAL, R.; MARHUENDA-EGEA, F.C.; COSTA, M.S.S. Reducing the composting time of broiler agro-industrial wastes: the effect of process monitoring parameters and agronomic quality. **Waste Management**, v. 96, p. 25-35, ago. 2019.

COSTA, M. S. S. de M.; COSTA, L. A. de M.; DECARLI, L. D.; PELÁ, A.; SILVA, C. J. da; MATTER, U. F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 100-107, 2009.

COSTA, A. R. S.; XIMENES, T. C. F.; XIMENES, A. F.; BELTRAME, L. T.C. O processo da compostagem e seu potencial na reciclagem de resíduos orgânicos. **Revista Geama**, Recife, v. 1, n. 2, p. 246-260, set. 2015.

COTTA, J. A. de O.; CARVALHO N. L. C.; BRUM, T. da S.; REZENDE, M. O. de O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Revista Engenharia Sanitária**, v. 20, n. 1, p. 65-78, mar. 2015.

CUNHA-QUEDA, A.C.F., VALLINI, G., BRUNO DE SOUSA, R.F.X., ALMEIDA DUARTE, E. C. N. F. Estudo da evolução de actividades enzimáticas durante a

compostagem de resíduos provenientes de mercados horto-frutícolas. **Anais...** Instituto Superior de Agronomia, p.193-208, 2003.

DIAZ, L.F.; BERTOLDI, M. de.; BIDLINGMAIER, W.; STENTIFORD, E. (ed.). **Compost Science and Technology**. Elsevier Ltda 2011. 380 p.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Boletim Informativo de Pesquisa nº 14**: Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. Embrapa Suínos e Aves e Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER/RS, n. 14, p. 30, 2002.

DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. de O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. **Química Nova**, v. 36, n. 5, p. 640-645, mar. 2013.

DUMROESE, R. K.; HEISKANEN, J.; ENGLUND, K.; TERVAHAUTA, A. Pelleted biochar: chemical and physical properties show potential use as a substrate in container nurseries. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 5, p. 2018-2027, 2011.

EKLIND, Y; KIRCHMANN, H. Composting and storage of organic household waste with different litter amendments. II: nitrogen turnover and losses. **Bioresource Technology**, v. 74, n. 2, p. 125-133, set. 2000.

Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Utilização de flotado industrial de frigorífico na produção de farinha de carne e osso destinada a alimentação de suínos**. Concórdia, 2019. 14p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/207210/1/COT564.pdf>. Acesso em: 02 junho 2020.

Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Ciência que transforma: resultados e impactos positivos da pesquisa agropecuária na economia, no meio ambiente e na mesa do brasileiro**, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/agroindustria>. Acesso: 10 jun. 2020.

FEHMBERGER, C.; SANTOS, F. T. dos; ALOISIO, C. M.; HERMES, E.; ZENATTI, D. C.; BAUTITZ, I. R. Effectiveness of incorporation of crude glycerin as a source of labile carbon in the composting of poultry production residues. **Journal of Cleaner Production**, v. 251, p. 1-10, abr. 2020.

FIALHO, L. L. **Caracterização da matéria orgânica em processo compostagem por métodos convencionais e espectroscópicos**. 2007. 170 f. Tese (Doutorado em Química), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

FIORI, M. G. S.; SCHOENHALS, M.; FOLLADOR, F. A. C. Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbia. **Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 178-191, set. 2008.

FORTES NETO, P.; SILVA, F. C. da; FORTES, N. L. P.; BALLESTERO, S. D. Quantificação da liberação de C-CO₂ e relação C/N durante a compostagem de lixo urbano. **Holos Environment**, v. 13, n. 1, p. 9-23, 2013.

GAO, M.; LIANG, F.; YU, A.; LI, B.; YANG, L. Evaluation of stability and maturity during forced-aeration composting of chicken manure and sawdust at different C/N ratios. **Chemosphere**, v. 78, n. 5, p. 614-619, jan. 2010.

GARCIA, N. N.; DEVENS, K. U.; OLIVEIRA, D. L. do. A.; CONSOLIN FILHO, N.; GONÇALVES, M. S. Toxicidade de lodo de flotador e abatedouro de aves e seu biochar em alface. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2016, Foz do Iguaçu. **Anais...** 2016. Disponível em: <https://www.confex.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2016/quimica/toxicidade%20do%20lodo%20de%20flotador%20de%20abatedouro%20de%20aves%20e%20seu%20biochar%20em%20alface.pdf>. Acesso em: 16 maio 2020.

GOMES, B.L.; MARTELLI, F.H.; DA SILVA, W. T. L. Caracterização físico-química e morfológica de biomassa de capim-elefante, capim-mombaça, brachiaria, sorgo-embrapa e bagaço de cana-de-açúcar. In: SYMPOSIUM ON AGRICULTURAL AND AGROINDUSTRIAL WASTE MANAGEMENT, 3., 2013, São Pedro. **Anais...**, 2013.

GUIDONI, L. L. C. **Avaliação da compostagem de farinha de cadáveres de suínos**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

GUO, R.; LI, G.; JIANG, T.; SCHUCHARDT, F.; CHEN, T.; ZHAO, Y.; SHEN, Y. Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. **Bioresource Technology**, v. 112, p. 171-178, maio 2012.

HECK, K.; MARCO, E. G. de; HAHN, A. B. B.; KLUGE, M.; SPILKI, F. R.; VAN DER SAND, S. T. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 54-59, 2013.

HERBETS, R. A. COELHO C.R. de A.; MILETTI, L. C.; MENDONÇA, M. M de. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos. **Revista Saúde e Ambiente**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 41-50, maio 2005.

HUANG, G.F.; WONG, J.W.C.; WU, Q.T.; NAGAR, B.B. Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust. **Waste Management**, v. 24, n. 8, p. 805-813, jan. 2004.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) **Censo Agro**. 2017. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76434. Acesso em: 18 maio 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (IBGE). **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Pecuária**. Rio de Janeiro, 2020. 81 p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp_2019_4tri.pdf. Acesso em: 18 maio 2020.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). **Radar: Tecnologia, produção e comércio exterior**. Brasília, 2009. 68 p.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas**. Brasília, 2012. 129 p.

ISMAEL, L. L.; PEREIRA, R. A.; FARIAS, C. A. S. de; FARIAS, E. T. do R. Avaliação de composteiras para reciclagem de resíduos orgânicos em pequena escala. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 4, p. 28-39, 2013.

KAMMANN, C. I.; SCHMIDT, H-P.; MESSERSCHMIDT, N.; LINSEL, S.; STEFFENS, D.; MÜLLER, C.; KOYRO, H-W.; CONTE, P.; JOSEPH, S. Plant growth improvement mediated by nitrate capture in co-composted biochar. **Scientific Reports**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2015.

KARAK, T.; KUTU, F. R.; PAUL, R. K.; BORA, K.; DAS, D. K.; KHARE, P.; DAS, K.; DUTTA, A. K.; BORUAH, R. K. Co-composting of cow dung, municipal solid waste, roadside pond sediment and tannery sludge: role of human hair. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 14, n. 3, p. 577-594, 2016.

KIEHL, E. J. **Novos Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Degaspari, 2010. 248 p.

LEAL, M. A. de A.; GUERRA, J. G.M.; ESPINDOLA J. A. A.; ARAÚJO, E. da S. Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1195-1200, 2013.

LIMA, C. C.; MENDONÇA, E. S.; SILVA, I. R.; SILVA, L. H. M.; ROIG, A. Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 334-340, 2009.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MEES, J.B.R.; DAMASCENO, S.; VILAS BOAS, M.A.; FAZOLO, A.; SAMPAIO, S.C. Estabilização da biomassa de aguapé da compostagem com água residuárias de suínos e resíduos de frigorífico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, p.709-716, 2009.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. de. Compostagem da fração sólida da água residuária de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 483-491, set. 2009.

PEDROSA, T. D.; FARIAS, C. A. S. de; PEREIRA, R. A.; FARIAS, E. T. do R. Monitoramento dos parâmetros físico-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais. **Nativa**, Sinop, v. 1, n. 1, p. 44-48, out. 2013.

PETRICOSKI, S. M. **Briquetes produzidos com mistura e podas urbanas, glicerina e resíduos de processamento de mandioca**. 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

RIVERO, M.; SOLERA, R.; PEREZ, M. Anaerobic mesophilic co-digestion of sewage sludge with glycerol: enhanced biohydrogen production. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 39, n. 6, p. 2481-2488, fev. 2014.

RIZZONI, L. B.; TOBIAS, A. C. T.; DEL BIANCHI, M.; GARCIA, J. A. D. Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. **Revista científica eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, n. 18, p. 20, jan. 2012.

ROSA, M.F.; SOUZA FILHO, M S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P.S.; SANTAELLA, S.T.; LEITÃO, R. C. Valorização de resíduos da agroindústria. In: Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, 2., 2011, Foz do Iguaçu. **Anais...** 2011.

SANTOS, F. T. dos; FEHMBERGER, C.; ALOISIO, C. M.; HERMES, E.; BAUTITZ, I.R. Viabilidade da compostagem de glicerina bruta com resíduos agroindustriais: Relação Carbono Nitrogênio. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 10., 2019, João Pessoa. **Anais...** 2019.

SILVA, V. L. M. M.; GOMES, W. C.; ALSINA, O.L.S. Utilização do bagaço de cana de açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 2, p. 27-32, 2007.

SILVA, G. P. da; MACK, M.; CONTIERO, J. Glycerol: a promising and abundant carbon source for industrial microbiology. **Biotechnology Advances**, v. 27, p. 30-39, 2009.

SILVA J.G; EIGENHEER, E.M; RODRIGUES, D.C. Produção e aproveitamento de composto orgânico a partir de resíduos de origem vegetal no campus da Universidade Federal Fluminense/Niterói-RJ. **Anais...** Niterói. 2009. 11p.

SILVA, C. M. FRANÇA, M; T. de; OYAMADA, G. C. Características da suinocultura e os dejetos causados ao ambiente. **Connection Line**, n. 12, p. 44-59, 2015.

SOARES, L. C. da S. R. **Destoxificação biológica do hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar para utilização em processos fermentativos.** 112 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia, Universidade de São Paulo, Lorena, 2012.

TAIWO, L. B.; OSO, B. A. Influence of compost techniques on microbial succession, temperature and pH in a composting municipal solid waste. **African Journal of Biotechnology**, Ibadan, v. 3, n. 4, p. 239-243, dez. 2004.

TAKITANE, I. C. **Produção de dejetos e caracterização de possibilidades de aproveitamento em sistemas de produção de suínos com alta tecnologia no Estado de São Paulo.** 148 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

TITTARELLI, F.; TRINCHERA, A.; INTRIGLIOLO, F.; BENEDETTI, A. Evaluation of Organic Matter Stability During the Composting Process of Agroindustrial Wastes. **Microbiology of Composting**, p. 397-406, 2002.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM JUNIOR, B.; CABRERA, B. R.; MORAES, P.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 224, p. 59-85, 17 set. 2008.

VESPA, I. C. G. **Características minerais e energéticas do lixo urbano em processos de compostagem e biodigestão anaeróbia.** 2005. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2005.

VICH, D. V.; MIYAMOTO, H. P.; QUEIROZ, L. M.; ZANTA, V. M. Household food-waste composting using a small-scale composter. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 12, n. 5, p. 718-729, set. 2017.

VIEIRA, L. A. **Compostagem de biossólido de estação de tratamento de efluentes de frigorífico com serragem e cama de aves**. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.