



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

USO DE ADITIVOS PARA A RETENÇÃO DE NITROGÊNIO EM
COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS GERADOS DA PRODUÇÃO
ANIMAL

BRENDA KELLY VIANA LEITE

DOURADOS – MS

2020

BRENDA KELLY VIANA LEITE

**USO DE ADITIVOS PARA A RETENÇÃO DE NITROGÊNIO EM
COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS GERADOS DA PRODUÇÃO
ANIMAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Produção Animal
Orientadora: Prof^a Dr^a Ana Carolina Amorim Orrico.

Co-orientadora: Alice Watte Schwingel.

DOURADOS – MS

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

L533u Leite, Brenda Kelly Viana
USO DE ADITIVOS PARA A RETENÇÃO DE NITROGÊNIO EM COMPOSTAGEM DE
RESÍDUOS GERADOS DA PRODUÇÃO ANIMAL [recurso eletrônico] / Brenda Kelly Viana
Leite. -- 2020.
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Ana Carolina Amorim Orrico.
Coorientadora: Alice Watte Schwingel .
Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2020.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Manejo de resíduos. 2. compostagem. 3. pirólise. 4. biocarvão. 5. glicerina bruta. I. Orrico,
Ana Carolina Amorim. II. Schwingel, Alice Watte. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

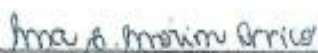
**USO DE ADITIVOS PARA A RETENÇÃO DE NITROGÊNIO EM
COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS GERADOS DA PRODUÇÃO ANIMAL**

por

BRENDA KELLY VIANA LEITE

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
de MESTRE EM ZOOTECNIA

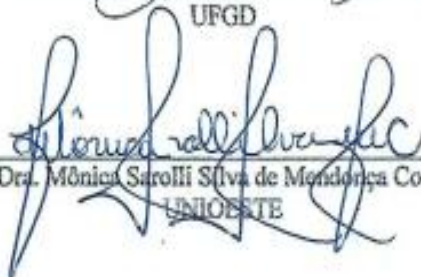
Aprovado em: 24/02/2020



Dra. Ana Carolina Amorim Orrico
Orientadora – UFGD



Dra. Cláudia Aparecida Honorato da Silva
UFGD



Dra. Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa
UNIOESTE

BIOGRAFIA DO AUTOR

Brenda Kelly Viana Leite, filha de Alcedina Lúcia da Cruz Viana e Silvio Roberto de Oliveira Leite, nasceu na Cidade de Belém, Estado do Pará, Brasil, em 1992. Em 2010 concluiu o ensino médio e em 2012 ingressou no Curso de Zootecnia pela Universidade Federal Rural da Amazônia, concluindo em 2017. Em 2018 iniciou o mestrado em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal pela Universidade Federal da Grande Dourados, desenvolvendo seu trabalho junto ao grupo de pesquisa “Produção Animal Sustentável: Reciclagem dos Resíduos e Manejo de Forragens”. Foi bolsista pela CAPES no período de Outubro de 2018 a Março de 2020.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois nos momentos mais difíceis, e alegres também, é a quem eu recorria pra conversar.

À minha família, que sempre torceu pelas minhas conquistas, aos meus avós que sempre que podem mandam um dinheirinho pra me alimentar. kkk em especial pra minha mãe, que sempre acreditou em mim e na minha capacidade, mesmo eu estando longe de casa e não sabendo cozinhar. rrsrs

À minha orientadora Ana Carolina, que aceitou e sempre está presente e me orientando da melhor forma possível, sempre incentivando meu crescimento, não somente eu, mas todos seus orientados e alunos, pois isso ela faz com paixão.

Ao grupo de pesquisa “Produção Animal Sustentável: Reciclagem dos Resíduos e Manejo de Forragens”, em especial para aqueles que me ajudaram na montagem do meu experimento, Ju, Isa, Amanda, Jana, Márcio e Welington (que era emprestado kkk). Em especial para a Alice, que mesmo sendo mega ocupada sempre me ajudou desde a montagem do experimento à estatística, tirando dúvidas e sempre passando uma tranquilidade.

À minha colega de mestrado Rita, que sempre me ajudou quando precisei, mesmo em assuntos fora da universidade.

Aos profs Cláucia Honorato e Marco Orrico, por participarem da minha qualificação e contribuírem para a melhora deste trabalho.

Ao Yan, mesmo longe sempre acreditou em mim, me apoiando a viver esse novo ciclo da minha vida mesmo longe de casa, e sempre me ajudando com o que pode.

Muito obrigada!

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãezinha Lúcia, pois ela foi a responsável por eu estar aqui e sempre ser tão confiante que daria certo.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XI
RESUMO	XII
ABSTRACT	XIII
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
Resíduos gerados em frigoríficos	14
Compostagem e perdas de N	15
Biocarvão como aditivo durante a compostagem	19
Glicerina Bruta como aditivo durante a compostagem	20
OBJETIVOS	22
Geral	22
Específicos	22
HIPÓTESES	23
REFERÊNCIAS	24
CAPÍTULO 2 – Eficiência do uso do biocarvão e glicerina bruta como aditivos para a redução de perdas de N durante a compostagem dos resíduos de pescado	28
RESUMO	29
ABSTRACT	30
MATERIAL E MÉTODOS	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
Temperatura no processo de compostagem	37
Reduções de sólidos totais e sólidos voláteis	38
Perdas iniciais e finais de nitrogênio e teores ao longo da compostagem	41
Partições fibrosas	45
CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	49
CAPÍTULO 3 - Uso do biocarvão e glicerina bruta como aditivos para a redução de perdas de N durante a compostagem dos descartes de abatedouro em leiras estáticas aeradas	52

RESUMO	53
ABSTRACT	54
INTRODUÇÃO.....	55
MATERIAL E MÉTODOS.....	57
RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
Comportamento da temperatura durante a compostagem	61
Reduções de sólidos totais e sólidos voláteis	62
Perdas iniciais e finais de nitrogênio e teores ao longo da compostagem	64
Partições fibrosas.....	69
CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Acondicionamento das bolsas no interior das leiras estáticas de compostagem.	35
Figura 2: Leiras estáticas construídas de paletes.	35
Figura 3: Médias de temperatura das leiras de resíduos de pescado ao longo dos 90 dias de compostagem.	38
Figura 4: Perdas de N (%) na compostagem do resíduo de pescado utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo. Dentro de dias de compostagem, colunas com letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.	41
Figura 5: Reduções de N (%) na compostagem do resíduo de pescado utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo. Colunas com letras distintas, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.	43
Figura 6: Teores de N (%) durante a compostagem do resíduo de pescado utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo.	44
Figura 7: Teores de hemicelulose (%) durante a compostagem do resíduo de pescado utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo.	46
Figura 8: Teores de celulose (%) durante a compostagem do resíduo de pescado utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo.	47
Figura 9: Teores de lignina (%) durante a compostagem do resíduo de pescado utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo.	48
Figura 10 Leiras estáticas construídas de paletes e canos de PVC acoplados para aeração.	59
Figura 11: Saco pronto para ser incubado.	59
Figura 12: Médias de temperatura das leiras de resíduos de abatedouro ao longo dos 90 dias de compostagem.	62
Figura 13: Reduções de N (%) nos primeiros dias de compostagem do resíduo de abatedouro utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo. Colunas com letras distintas, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.	65
Figura 14: Reduções de N (%) ao final da compostagem do resíduo de abatedouro utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo. Colunas com letras distintas, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.	67
Figura 15: Teor de N (%) na compostagem de resíduo de abatedouro utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivos.	68
Figura 16: Teor de hemicelulose (%) na compostagem de resíduo de abatedouro utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivos.	70
Figura 17: Teor de celulose (%) na compostagem de resíduo de abatedouro utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivos.	71
Figura 18: Teor de lignina (%) na compostagem de resíduo de abatedouro utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivos.	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização inicial dos resíduos utilizados para a compostagem de pescado.....	34
Tabela 2. Reduções de sólidos totais (ST) e voláteis (SV) durante a compostagem de resíduos de pescado utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo.....	39
Tabela 3. Caracterização inicial dos resíduos utilizados para a compostagem de abatedouro.....	59
Tabela 4. Reduções de sólidos totais (ST) e voláteis (SV) durante a compostagem de resíduo de abatedouro utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivos.....	64

RESUMO

A agroindústria é uma das principais atividades brasileiras, gerando diariamente toneladas de resíduos. A compostagem vem como alternativa ambientalmente correta para esses resíduos, reciclando nutrientes e gerando adubo orgânico de qualidade. Porém, ocorrem elevadas perdas de N, então o emprego de aditivos, como biocarvão e glicerina bruta, que têm mostrado benefícios para este fim, podem ser utilizados para melhorar a qualidade do produto final. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do biocarvão e da glicerina bruta na redução das perdas de nitrogênio durante a compostagem de resíduos de pescado e de abatedouro bovino e suíno que foram associados com volumoso (palha) na proporção de 3:1 (massa:massa). Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (sem adição, 5 e 10% de biocarvão e 5 e 10% de glicerina bruta) e 20 repetições. As repetições experimentais foram formadas por bolsas de TNT com capacidade para conter em média 1kg de substrato, sendo as misturas acondicionadas dentro das bolsas somente após serem preparadas e homogeneizadas, para então serem incubadas no interior das leiras de campo (capacidade média de 200 kg) entre a formação das camadas de resíduos e volumoso. Para as leiras contendo resíduos do abate de bovinos e suínos, foi utilizada aeração forçada com canos de PVC. A aeração era feita diariamente por 15 minutos com fluxo de $0,6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$. Nos primeiros 20 dias foram avaliadas as perdas de N, a cada quatro dias, e diariamente foram aferidas as temperaturas. Aos 50 e 70 dias foram realizados revolvimentos e aos 90 dias encerrou-se o experimento. Em cada revolvimento e ao final do processo, coletaram-se amostras para determinação dos teores de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), N, hemicelulose, celulose e lignina. Ao final da compostagem de resíduos de pescado, as reduções ST não diferiram entre si com média de 44,26% exceto biocarvão na maior adição (42,45%). Para os resíduos de abatedouro, a maior redução foi para 5% de biocarvão (64,07%). Com relação aos teores de SV nos resíduos de pescado, a maior redução ocorreu com o uso de glicerina à 5% (57,74%) e para os resíduos de abatedouro, as maiores reduções ocorreram com ambos os aditivos à 5% (média 67,66%). Os aditivos foram efetivos em reter N. O tratamento controle perdeu mais N nos primeiros 20 dias (47,01 e 45,60%) para os resíduos de abatedouro e pescado, respectivamente. Ao final dos 90 dias, o controle de ambos os resíduos terminou com mais perdas de N, com 52,43 e 54,70%, para pescado e abatedouro. A menor perda final em abatedouro foi para glicerina à 10% (27,32%) e em pescado foi para biocarvão e glicerina à 10% (32,66 e 29,72%). Os teores de hemicelulose em ambos resíduos foram bastante reduzidos com médias iniciais em 25 e 22,84% e ao final 11,84 e 13,62% (pescado e abatedouro). A adição de biocarvão em ambos os resíduos aumentou os teores iniciais de celulose e lignina, principalmente à 10%. Em abatedouro (14,31 e 12,08%) e pescado (9,63 e 8,73%), valores iniciais e finais de celulose, porém ao final foi a condição que mais reduziu o teor. Assim também na lignina, o biocarvão à 10% de pescado iniciou com 10,52 e terminou com 7,60%. Em abatedouro iniciou com 10,53 e finalizou com 8,90%. Conclui-se que os aditivos utilizados em ambos resíduos foram eficientes em reter nitrogênio, porém o mais indicado é o biocarvão 10% e ainda com alta redução de sólidos. A maior adição de glicerina dificulta a redução de sólidos. A metodologia testada pode ser utilizada por resultar em valores semelhantes aos da literatura de forma convencional.

Palavras-chave: co-compostagem, resíduos de abatedouros, perdas de N, pirólise

ABSTRACT

Agribusiness is one of the main Brazilian activities, generating tons of waste daily. Composting comes as an environmentally friendly alternative for these residues, recycling nutrients and generating quality organic fertilizer. However, high N losses occur, so the use of additives, such as biochar and crude glycerin, which have shown benefits for this purpose, can be used to improve the quality of the final product. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of biochar and crude glycerin in reducing nitrogen losses during the composting of fish and slaughterhouse waste from cattle and pigs that were associated with bulking agent (straw) in the proportion of 3: 1 (mass: mass). A completely randomized design was adopted, with five treatments (without addition, 5 and 10% biochar and 5 and 10% crude glycerin) and 20 repetitions. The experimental repetitions were formed by TNT bags with the capacity to contain an average of 1 kg of substrate, and the mixtures were packed inside the bags only after being prepared and homogenized, and then incubated inside the field windrows (average capacity of 200 kg) between the formation of layers of waste and bulking agent. For windmills containing cattle and pig slaughterhouse residues, forced aeration with PVC pipes was used. Aeration was performed daily for 15 minutes with a flow of 0.6 L.min⁻¹. In the first 20 days, N losses were evaluated every four days, and temperatures were measured daily. At 50 and 70 days, rotations were performed and at 90 days the experiment ended. At each turn and at the end of the process, samples were collected to determine the levels of total solids (TS) and volatiles (VS), N, hemicellulose, cellulose and lignin. At the end of the composting of fish residues, the TS reductions did not differ with an average of 44.26% except for biochar in the largest addition (42.45%). For slaughterhouse waste, the biggest reduction was for 5% of biochar (64.07%). Regarding the VS contents in fish residues, the greatest reduction occurred with the use of glycerin at 5% (57.74%) and for slaughterhouse residues, the greatest decreases occurred with both additives at 5% (average 67,66%). The additives were effective in retaining N. The control treatment lost more N in the first 20 days (47.01 and 45.60%) for slaughterhouse and fish residues, respectively. At the end of the 90 days, the control of both residues ended with more N losses, with 52.43 and 54.70%, for fish and slaughter. The lowest final loss in slaughterhouse was for glycerin at 10% (27.32%) and in fish was for biochar and glycerin at 10% (32.66 and 29.72%). The levels of hemicellulose in both residues were greatly reduced with averages starting at 25 and 22.84% and at the end 11.84 and 13.62% (fish and slaughterhouse). The addition of biochar in both residues increased the initial levels of cellulose and lignin, mainly to 10%. In slaughterhouse (14.31 and 12.08%) and fish (9.63 and 8.73%), initial and final values of cellulose, however at the end it was the condition that most reduced the content. So also, in lignin, the biochar with 10% of fish started with 10.52 and ended with 7.60%. In slaughterhouse, he started with 10.53 and finished with 8.90%. It is concluded that the additives used in both residues were efficient in retaining nitrogen, however the most suitable is the 10% biochar and still with a high reduction of solids. The greater addition of glycerin makes it difficult to reduce solids. The tested methodology can be used because it results in values similar to those in the literature in a conventional way.

Key-words: co-composting, N losses, pyrolysis, slaughterhouse waste

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O crescimento populacional ocorre de forma exponencial e necessita que a produção de alimentos acompanhe esta evolução. O Brasil se destaca mundialmente no agronegócio, sendo que somente a pecuária de corte contribuiu com 8,7% do PIB nacional no ano de 2019. Já no ano anterior as cadeias produtivas do peixes, suínos e bovinos somadas, produziram 14 milhões de toneladas de carne (ABPA, 2019; ABIEC, 2019; PEIXEBR, 2019), encerrando o ano com um saldo positivo na geração de novos empregos, o que caracteriza a importância destes setores para a economia do País. Porém, apesar destes resultados positivos, a indústria da carne é responsável por uma elevada geração de resíduos, sendo necessária a adoção de medidas para o tratamento e a agregação de valor desses resíduos tanto para os produtores quanto para a indústria.

Os resíduos produzidos nas indústrias frigoríficas de bovinos e suínos são geralmente representados pelo conteúdo visceral, couro, pelos e fragmentos de ossos. Já os resíduos gerados pela filetagem de peixes podem conter desde animais inteiros, que foram descartados por questões sanitárias, até escamas, espinha, cabeça e vísceras. Esses resíduos se caracterizam como potenciais agentes disseminadores de patógenos, e por questões sanitárias devem ser encaminhados para alguma forma de tratamento.

Segundo a Associação Brasileira de Reciclagem Animal (ABRA, 2018), o Brasil processou 12,5 milhões de toneladas de resíduos ou coprodutos de origem animal, destinando-os, na maior parte, como matéria-prima para a produção de farinhas e óleos para utilização em dieta animal. Apesar de alguns resíduos de origem animal terem esta destinação, nem sempre ela é possível em algumas regiões ou em casos específicos, como casos de contaminação, sendo assim, inviável o uso destes produtos na alimentação animal, necessitando de formas adequadas de descarte.

Como alternativa para a reciclagem dos resíduos sólidos, a compostagem se destaca por ser um método simples e barato, que se executado de maneira correta, pode alcançar elevadas reduções do volume inicial de resíduos (CHIARELOTTO et al., 2018). Como esse método alcança temperaturas na faixa termofílica, possui as vantagens de acelerar a degradação e sanitizar a massa em compostagem, finalizando o processo com um fertilizante orgânico que é rico em minerais, sem odor e benéfico para o solo e crescimento das plantas (ORRICO JR et al., 2010). No entanto, a compostagem de

resíduos cárneos, se conduzida de forma isolada, poderá comprometer a intensidade da degradação, devido a altos conteúdos de N, o que reduzirá a relação C:N, além dos altos teores de gordura, que podem causar toxicidade aos microrganismos, assim como facilitar o adensamento da massa em compostagem (VALENTE et al., 2014). Estudos recentes como de COSTA et al. (2017), sugerem que resíduos contendo produtos cárneos sejam associados a agentes volumosos, que tanto podem equilibrar a relação C:N, reduzindo as perdas de N, como facilitar o menor adensamento das partículas, quando formadas as leiras.

Um dos desafios na compostagem de resíduos com altos teores de N é promover a retenção deste nutriente durante o processo, principalmente no seu início, onde ocorrem as maiores temperaturas e consequentemente maiores perdas na forma de NH_3 . Desta forma, o uso de aditivos que reduzam as perdas de N é fundamental para melhorar a qualidade do composto produzido.

O biocarvão é um produto obtido por meio de pirólise e contém alto teor de carbono, além de possuir alta superfície específica devido aos seus poros, proporcionando a capacidade de reter gases gerados durante o processo, reduzindo emissão para o ambiente. A glicerina bruta possui elevada disponibilidade de C na forma de glicerol. ORRICO JR et al. (2018a) ao adicionarem 6% de glicerina bruta em co-compostagem com excreta de aves poedeiras, observaram maior conservação de N na compostagem como também redução de sólidos em relação a massa inicial. Porém, na literatura ainda é pouco encontrado o uso de glicerina bruta na compostagem.

Na literatura, tanto o biocarvão quanto a glicerina apresentam resultados positivos quando utilizados na compostagem de resíduos de origem vegetal, lodo de esgoto ou dejetos de animais, no entanto, para resíduos de abate as informações ainda são reduzidas, sendo necessárias pesquisas que possam resultar na melhor compreensão da eficácia destes aditivos na retenção de N.

CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Resíduos gerados em frigoríficos

Nas últimas décadas o Brasil tem investido para melhoria das condições de manejo, alimentação e sanidade em bovinocultura de corte, o que têm elevado os índices produtivos, sendo um segmento de grande importância no país e no mundo (GOMES et al., 2017). Considerando o ano de 2018, foram destinados ao abate 44,2 milhões de bovinos, gerando o equivalente a 10,9 milhões de toneladas de carcaças (ABIEC, 2019).

A aptidão do Brasil para a criação animal também é evidenciada na produção de suínos, que após décadas de pesquisas e avanços tecnológicos, ocupa a quarta posição mundial como maior produtor e exportador, com 3,9 milhões de toneladas produzidas, sendo 600 mil toneladas destinadas à exportação (ABPA, 2019).

Em relação a produção de pescado, somente no ano de 2019 foram geradas 722.560 toneladas de peixes cultivados, representando crescimento de 4,5% em relação ao ano anterior, atribuindo ao Brasil a quarta colocação do ranking mundial de produção de tilápia (PEIXEBR, 2019).

Considerando 100 quilogramas de peso vivo abatido, estima-se que cerca de 38, 20 e 45% deste total represente os resíduos gerados no abate de bovinos, suínos e pescado, respectivamente, podendo ser estes descartes de natureza sólida ou líquida (ABRA, 2014). A composição dos resíduos pode variar de acordo com a espécie animal, sendo mais característico dos abatedouros de bovinos e suínos a presença de sangue, dejetos, vômitos, vísceras, ossos e carcaças condenadas (SILVA e GERUDE NETO, 2018), enquanto para o pescado os constituintes mais presentes são: cabeça, espinhas, cauda, pele e escama (VALENTE et al., 2016). O destino adequado do descarte resultante do processamento de carnes deve ser primordial, por minimizar impactos ambientais, trazer maior confiabilidade para a empresa responsável e possibilidade de agregação de valor (PIERRE e ARAÚJO, 2017).

Uma das formas mais comuns de reaproveitamento destes descartes é dentro do próprio ciclo de produção animal, produzindo óleos e farinhas voltadas para a nutrição de não-ruminantes como fonte de proteínas e minerais (SILVA et al., 2018). Porém, nem todo volume de resíduos é destinado para esse fim como um coproduto de proveito para

alimentação animal, pois VALENTE et al. (2014) afirmam que em resíduos de pescado 68% é destinado a indústria, 23% para aterros e 9% são depositados diretamente em rios. Em um estudo de caso feito em frigorífico bovino, SANTOS et al. (2014) relataram que parte do material resultante do beneficiamento de carnes, especialmente as frações mais resistentes como unhas e cascos, ou dejetos e constituintes do trato gastrointestinal, podem permanecer por até 60 dias em condições insalubres, propiciando a proliferação de vetores prejudiciais à saúde humana. Logo, pode ser inferido que mesmo com a maior parte de resíduos gerados em frigoríficos sendo aproveitada, há um grande excedente que não é manejado corretamente.

O enterro desse material não é recomendado, devido a sua capacidade de contaminação de águas subterrâneas, por meio da lixiviação, especialmente se tratando de carcaças contaminadas, sendo de grande preocupação a dissipação de constituintes orgânicos e microrganismos patogênicos. As carcaças também são ricas em nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, causando um excesso desses elementos no solo, água e ar (CHOWDHURY et al., 2019). O descarte desse material diretamente em rios compromete a vida dos organismos aquáticos, pois possui uma demanda biológica de oxigênio (DBO) variando entre 800 a 32.000 mg/L, o que reflete seu elevado consumo de O₂ para estabilização da matéria orgânica (SANTOS et al., 2014).

Portanto, formas de destinação dos resíduos provenientes de abatedouros são imprescindíveis, para que não haja riscos de contaminação do meio ambiente, das populações humana e animal, atendendo assim a Lei 12.305, que se refere ao Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

Compostagem e perdas de N

A compostagem é uma técnica considerada ambientalmente correta para o destino dos resíduos sólidos orgânicos (BRASIL, 2010). Considerada de fácil manejo e baixo custo de implementação, promovendo, por intermédio da atuação de fungos e bactérias, a degradação biológica do material orgânico de forma acelerada, em relação ao que aconteceria naturalmente. Além de reduzir o volume de material inicial, reduz os riscos de contaminação por agentes patogênicos para humanos, animais e plantas, devido ao alcance de altas temperaturas. Como produto final é gerado o composto, que pode ser usado como condicionador de solo e fertilizante orgânico (ORRICO JR et al., 2018b),

reduzindo a demanda por fertilizantes químicos, com impacto na redução dos custos para produção vegetal (PEREIRA et al., 2013).

A compostagem pode ser uma alternativa para os resíduos de abatedouro e de peixe, mas por se tratar de resíduos de riscos biológicos, COSTA et al. (2005) relatam a necessidade de cuidados especiais, sobretudo no manejo e manipulação destes resíduos nos primeiros dias do processo. Por isso, leiras estáticas são as mais recomendadas, pois permitem que o processo de degradação ocorra (com o aumento da temperatura) sem que o material fique exposto no ambiente. A preocupação em se conduzir a compostagem em leiras estáticas é manter a disponibilidade de oxigênio no interior da leira, sendo recomendada em alguns casos a aeração forçada. No entanto, o uso de aeração forçada em leiras estáticas ainda é controverso. O estudo realizado por ORRICO JR et al. (2010) demonstrou eficiente alcance de temperatura (superiores a 50°C por 27 dias consecutivos) e conseqüentemente, efetiva redução de material orgânico (48,6% dos sólidos totais (ST)) ao realizarem a compostagem de carcaças de aves com cama de frangos sem aeração forçada.

Sendo assim, o suprimento de oxigênio em pilhas estáticas ainda é um componente que pode ser recomendado ou não, sendo esta recomendação dependente também das características físicas e composição química dos resíduos que serão associados para a formação das pilhas. Em trabalho conduzido por VILELA et al. (2018) foi realizada a compostagem, em pilhas estáticas, providas de aeração forçada ou não, com os resíduos de abatedouro de bovinos e do processamento de pescado, em associação com volumoso. Os autores verificaram que para ambos os resíduos, as reduções de ST e sólidos voláteis (SV) não sofreram influência da aeração. Ainda foi verificado pelos autores que o não uso de aeração forçada não comprometeu o aquecimento das massas, sendo que os resíduos abatedouros e de pescado apresentaram temperaturas médias dentro da faixa termofílica (49,9 e 48,1°C) considerando todo o período de compostagem, sendo as médias de temperaturas na fase termofílica de 55,8 e 54,6°C, respectivamente.

Durante a compostagem, o aquecimento da massa é essencial para que haja sanitização do material e também maior degradação dos constituintes resistentes, como componentes de parede celular, fragmentos ósseos, de couro, cartilagens e escamas. A fase mesofílica, caracterizada por temperaturas na faixa de 25 a 40°C, ocorrendo na fase inicial do processo, é onde predomina a maior gama de microrganismos degradando principalmente nutrientes mais facilmente degradáveis e conforme os microrganismos

vão atuando na colonização dos resíduos a própria atividade microbiana libera energia em forma de calor para o meio causando o aumento de temperatura. A segunda fase mesofílica ocorre após a ocorrência da fase termofílica, sendo comumente denominada de fase de maturação ou cura, onde a degradação de materiais lignocelulósicos é aumentada (BERNAL et al., 2009).

A fase termofílica, limitada por temperaturas entre 40 e 65°C, caracteriza os períodos iniciais do processo, onde a rápida degradação dos constituintes orgânicos resulta em aquecimento da massa. Essa fase é de extrema importância, pois é nela que ocorre a sanitização do material, sendo que de acordo com BRYNDUM et al. (2017), se houver a manutenção da temperatura acima de 50°C por três dias consecutivos, ocorrerá eliminação, ou ampla redução, de patógenos e sementes de plantas invasoras.

Apesar de ser de extrema importância, é durante a fase termofílica que ocorrerão as maiores perdas de N, pois normalmente, nos primeiros 20 dias de compostagem ocorrerá maior transformação do N presente no meio até a forma de amônia, que facilmente poderá ser volatilizado, se beneficiando com as altas temperaturas e se houver, pelo pH alcalino (VÁZQUEZ et al., 2018). Avaliando diferentes métodos de aeração e a junção de dois deles, RASAPOOR et al. (2016) investigaram a eficiência do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos em leiras estáticas e buscaram identificar também a relação entre aeração e perdas de N. Os autores observaram aumento acentuado de temperatura no início do processo, com três leiras atingindo mais de 70°C e somente o tratamento com ventilação natural (VN) não conseguiu alcançar esta temperatura, mas permaneceu por período maior em fase termofílica. A aeração forçada (AF), por meio de injeção de ar em tubos de PVC, manteve a temperatura acima de 45°C por quase 70 dias e, posteriormente, diminuiu de maneira gradual, já a VN, aeração por revolvimento mecânico (RM) e a junção de VN com AF mantiveram temperaturas em faixa termofílica por mais tempo, o que resultou em maiores perdas N, já que houve 52,8% de perda utilizando AF, 61% tanto com RM quanto com VN e perda de 56% para o tratamento com RM junto com VN.

No trabalho de VILELA et al. (2018) foi verificado efeito de interação entre o resíduo e a presença de aeração, pois apesar da aeração não ter influenciado as perdas de N durante a compostagem dos resíduos dos resíduos de filetagem de peixes, para o resíduo de abatedouro foi verificada influência, sendo as maiores reduções em leiras que receberam a aeração, alcançando valores médios de 83% de perda de N, enquanto que as não aeradas reduziram em média 76% do N contido inicialmente. A aeração em pilhas

estáticas pode facilitar as perdas de N, especialmente durante a fase inicial do processo, situada entre os primeiros 20 dias de compostagem, como mencionado por OGUNWANDE et al. (2008), que associou esta ocorrência com a formação de NH_3 , favorecida pela composição mais enriquecida do material no início do período de compostagem. Em relação a esta composição inicial, é possível associar as facilidades de perdas de N com os teores de N nos substratos iniciais, sendo maiores quanto mais concentrado em N os resíduos forem.

O resíduo de peixe, pode conter elevadas quantidades de N, P e Ca na composição e isto o torna como substrato recomendado para a produção de fertilizantes orgânicos, que beneficiarão as produções agrícolas (ILLERA-VIVES et al., 2015), porém contém características favoráveis para maximizar as perdas de N por esse nutriente estar biodisponível ao ataque microbiano e em elevadas concentrações. Assim como para o resíduo de pescado, também existe a preocupação das perdas de N com os resíduos de abatedouros bovinos e suínos, já que a constituição destes descartes apresenta similaridade, sobretudo em relação aos teores de N e sua disponibilidade. Em estudo realizado por MACHADO et al. (2019) foram relatadas perdas de 87,37 e 87,39% de N, considerando as concentrações finais, em relação a inicial, quando realizaram a compostagem, dos resíduos de abatedouros de bovinos e peixes, respectivamente.

Com a necessidade de que os resíduos de abatedouro sejam compostados em associação com agentes volumosos, para que se mantenha a condição de melhor aeração das pilhas, assim como haja ajuste da relação C:N, assume-se maior preocupação com as perdas de N. Os agentes volumosos mais recomendados para co-compostagem seriam maravalha ou restos de forragem (MARAGNO et al., 2007), que poderiam elevar a relação C/N e favorecer aeração. No entanto, estes volumosos apresentam fração orgânica de difícil degradação, que necessitam de maiores temperaturas e tempo de compostagem, reduzindo assim a disponibilidade de C no início do processo, onde se concentram as maiores perdas de N (WANG et al., 2016).

As elevadas perdas de N resultam em fertilizantes orgânicos de menor valor agrônomo, como mencionado em diferentes trabalhos (MOREIRA et al., 2013; SUNADA et al., 2015; VALENTE et al., 2016). Sendo assim, alternativas que possam reduzir estas perdas vêm sendo discutidas e avaliadas nos últimos anos, como no estudo desenvolvido por CAO et al. (2019) que realizaram uma meta-análise englobando aditivos como biocarvão, zeólita, superfosfatos, gesso na retenção de N durante a

compostagem. Estes aditivos foram apontados como estratégias favoráveis para reduzir as perdas de N na compostagem, no entanto, os autores mencionaram que existem lacunas que necessitam de complementação, principalmente sobre as quantidades adicionadas, que para alguns aditivos, como o biocarvão, podem sofrer alterações, em virtude das diferenças que podem ocorrer na sua composição em função da matéria-prima utilizada.

Biocarvão como aditivo durante a compostagem

O biocarvão é um produto obtido a partir da pirólise da biomassa tanto animal quanto vegetal, que pode ser feita por reatores fechados ou até mesmo em fornos mais rústicos como os de produção de carvão vegetal (PETTER et al., 2016). O biocarvão começou a ser produzido após cientistas visitarem a Amazônia e perceberem em alguns pontos, solos muito mais férteis, rico em minerais e matéria orgânica, com isso uma grande capacidade de reter carbono, esses solos foram atribuídos a antigas civilizações indígenas e dado o nome Terra Preta de Índio. Logo essa terra fomentou a procura de um fertilizante orgânico que imitasse essas características, assim o biocarvão ou biochar foi criado (MAIA et al., 2011), e por conter alta concentração de carbono (C), uma grande área de superfície e porosidade, tem aptidão para atuar na estruturação do solo e retenção de nutrientes, desse modo aumentar a microbiota e atividade enzimática (FOSTER et al., 2016).

A pirólise consiste na queima do material orgânico sob condições controladas de oxigênio, podendo reter 50% do carbono inicial, se diferenciando da combustão na presença de oxigênio, que retém em torno de 3% de carbono, onde temperaturas em torno de 500°C alteram as propriedades químicas do carbono, formando estruturas mais resistentes a degradação, sendo desta forma um estoque de carbono que poderá ser utilizado a longo prazo, diminuindo a emissão de CO₂ e outros gases poluentes para atmosfera (MANGRICH et al., 2011).

A temperatura de queima para produção de biocarvão logo se torna o fator que mais exerce influência na qualidade final e conseqüentemente sobre seu desempenho onde for aplicado, pois com a volatilização e perda de massa, há também formação de macro, meso e microporos, que além de servirem de abrigo para a microbiota presente (TRAZZI et al., 2018), ainda são responsáveis pela maior parte da superfície com cargas reativas, podendo a área de superfície variar de 200 a 400 m² g⁻¹ (PETTER et al., 2016).

O biocarvão vem sendo pesquisado nas últimas décadas principalmente na agricultura como um método para manter a fertilidade e qualidade de solos, contudo, na compostagem tem sido menos estudado, mas com todas as qualidades inerentes ao biocarvão, tem-se uma grande expectativa no seu uso (SÁNCHEZ-GARCÍA et al., 2015). Estudos como os de DIAS et al. (2010) e YU et al. (2019), relatam a otimização do processo de compostagem com a adição de biocarvão, que minimizou odores e gases de efeito estufa, reduzindo perdas de N, além de um composto rico em substâncias húmicas. O biocarvão também facilita a difusão de oxigênio, por impedir a formação de grandes aglomerados e sítios anaeróbios, favorecendo em mais um ponto a compostagem (SÁNCHEZ-GARCÍA et al., 2015).

A capacidade de absorção do biocarvão é um dos fatores que podem levar ao aumento da retenção de N, pois a área de superfície tem influência na absorção de NH_3 e adsorção de NH_4 , com efeito principal nas emissões de NH_3 , como relatado por AGYARKO-MINTAH et al. (2017) que obtiveram 17% a mais de retenção de N em compostagem com biocarvão, ressaltando a influência dos micro poros como benéficos para apreenderem as de imediato as moléculas gasosas. A capacidade de troca catiônica (CTC), grupos funcionais na superfície e volume de poros internos, junto com a área de superfície formam os principais meios para mitigar as perdas de N pela adição do biocarvão, pois a aptidão em adsorver compostos nitrogenados pode resultar numa menor mineralização e a oxidação do biocarvão gera grupos carboxílicos que prendem facilmente o amônio (KHAN et al., 2019).

Diferentes tipos de resíduos agropecuários podem servir de matéria prima para obtenção do biocarvão, porém dependendo de suas características e do processo, pode afetar as propriedades do mesmo (CHEN et al., 2017), assim como sua eficiência quando adicionado em diferentes resíduos que podem ser utilizados em compostagem, necessitando de estudos para melhor elucidar seu uso e quantidade aplicada.

Glicerina Bruta como aditivo durante a compostagem

A glicerina é um subproduto derivado da produção de biodiesel, que se tornou bastante interessante por ter como matéria-prima os recursos renováveis, como óleos e gorduras de origem animal e vegetal, gerando assim um combustível alternativo ao

petróleo (MIZE et al., 2013). Somente em 2017 foram produzidos 4,3 milhões de m³ de biodiesel no Brasil, representando aumento de 12,9% em relação ao ano anterior, sendo a Região Centro-Oeste a maior contribuinte, com 1,9 milhão de m³ ou 42,2% da produção nacional.

O aumento da geração de biodiesel se deve a Lei nº 13.263/2016, onde se dispõe sobre a incorporação de 8% de biodiesel no diesel comum, o chamado B8, a partir de março de 2017 (ANP, 2018). Porém, o biodiesel sofre transesterificação com um álcool, principalmente metanol para retirada de glicerina (ALVES et al., 2017), sendo uma preocupação a destinação desse residual de glicerina por conter altos níveis de glicerol, cerca de 100 kg por tonelada de biodiesel, logo o excedente produzido pode se tornar um passivo ambiental com alto nível de poluição (LOPES et al., 2014).

A glicerina bruta (GB) que é gerada do processo de transesterificação do biodiesel é a fase mais pesada e que contém maior nível de impurezas como o álcool utilizado no processo, assim como o catalisador, água e impurezas do próprio material que originou o biodiesel. Então, para ter-se um valor comercial e que possa ser utilizada como recurso para cosméticos, fármacos, têxtil, entre outros, seria necessária sua purificação, que é algo oneroso e precisa ser bem avaliada sua rentabilidade (MENDES e SERRA, 2012), resultando muitas vezes em descarte inadequado.

A glicerina bruta tem sido empregada com eficiência em estudos de digestão anaeróbia, resultando em acréscimos nas produções de biogás e metano, como demonstrado no estudo de SCHWINGEL et al. (2019). No entanto, apesar de atuar benéficamente, ficou evidenciada a necessidade de que a glicerina contenha no mínimo 40% de glicerol na sua composição e seja adicionada em concentrações de até 2,6% de glicerol, em relação aos sólidos em digestão. Estas recomendações podem limitar as quantidades de glicerina utilizadas para esta destinação, tendo em vista as amplas quantidades geradas no país.

A compostagem, apesar de diferentemente da digestão anaeróbia, ser conduzida de forma aeróbia, também necessita de nutrientes acessíveis e relação C:N adequada para atividade microbiana. O efeito benéfico da glicerina bruta como aditivo durante a compostagem foi comprovado por ORRICO JR et al. (2018) ao efetuarem a co-compostagem dos dejetos de poedeiras com doses crescentes do aditivo. Os autores

recomendaram a inclusão de 6% de glicerina bruta aos dejetos, como forma de maximizar as reduções de ST e SV e elevar a retenção de N durante o processo.

Avaliando a compostagem de resíduos da produção de frango com glicerina bruta nas doses de 1, 3, 4,5 e 6% combinadas com carvão FEHMBERGER et al. (2020), relataram que não houve diferença na redução de massa seca entre as doses testadas, variando de 26,62 a 42,39%, apenas para redução de volume a maior inclusão foi menor (26,85%). Quanto aos teores de nitrogênio, também não houve diferença das médias ao final do processo, variando de 2,91 a 3,16%.

Contudo, devido a glicerina bruta ser um produto líquido, apesar de possuir baixa umidade, em doses elevadas pode comprometer a condição de aeração das leiras, sobretudo em pilhas estáticas, como as conduzidas para compostagem de resíduos cárneos. Sendo assim, para que seja avaliada sua eficiência como aditivo na retenção de N em pilhas estáticas, estudos são necessários, inclusive para que sejam recomendadas as melhores doses de inclusão.

OBJETIVOS

Geral

- Avaliar o efeito da adição de biocarvão e da glicerina bruta na redução das perdas de nitrogênio durante a compostagem de resíduos de frigoríficos de bovinos e suínos e da filetagem de peixes.

Específicos

- Avaliar a melhor inclusão de biocarvão e glicerina bruta na retenção de N na massa em compostagem, dentre os níveis testados (0, 5 e 10%);
- Validar a eficiência da técnica de incubação de material em compostagem utilizando a recomendação de LIMA et al. (2017);
- Avaliar a melhor inclusão dos aditivos testados para a redução de sólidos, constituintes fibrosos e lipídicos durante a compostagem dos resíduos descritos;

- Avaliar a melhor inclusão dos aditivos testados para a composição dos fertilizantes orgânicos gerados

HIPÓTESES

- Com a inclusão de aditivos à compostagem de resíduos sólidos de frigoríficos o processo seguirá de forma mais eficiente, com boa redução de sólidos;
- A forma de avaliar aditivos à compostagem em um volume menor (bolsas) poderá ser indicado para estudos futuros por apresentar resultados semelhantes aos métodos convencionais.

REFERÊNCIAS

- ABRA. Associação Brasileira de Reciclagem Animal. 2018.
- ABRA. Associação Brasileira de Reciclagem Animal. 2014.
- ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Anuário 2019.
- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Anuário 2019.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Anuário 2018.
- AGYARKO-MINTAH, E.; COWIE, A.; VAN ZWIETEN, L.; SING, B. P.; SMILLIE, R.; HARDEN, S.; FORNASIER, F. Biochar lowers ammonia emission and improves nitrogen retention in poultry litter composting. **Waste Management**, v. 61, p. 129-137, 2017.
- ALVES, M. J.; CARDOSO, S. L.; GUIMARÃES, E.; BORGES NETO, W.; CARDOSO, V. L.; REIS, M. H. M. Improvement of glycerin removal from crude biodiesel through the application of a sulfonated polymeric adsorbent material. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 134, n. 38, p. 45330, 2017.
- BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresour. Technol.** v. 100, p. 5444-5453, 2009.
- BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm Acesso em: 03/09/2019.
- BRYNDUM, S.; MUSCHLER, R.; NIGUSSIE, A.; MAGID, J.; NEERGAARD, A. Reduced turning frequency and delayed poultry manure addition reduces N loss from sugarcane compost. **Waste Management**, v. 65, p. 169-177, 2017.
- CAO, Y.; WANG, X.; BAI, Z.; CHADWICK, D.; MISSELBROOK, T.; SOMMER, S. G.; QIN, W.; MA, L. Mitigation of ammonia, nitrous oxide and methane emissions during solid waste composting with different additives: A meta-analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 235, p. 626-635, 2019.
- COSTA, M. S. S. M.; BERNARDI, F. H.; COSTA, L. A. M., PEREIRA, D. C.; LORIN, H. E. F.; ROZATTI, M. A. T.; CARNEIRO, L. J. Composting as a cleaner strategy to broiler agro-industrial wastes: Selecting carbon source to optimize the process and improve the quality of the final compost. **Journal of cleaner production**, v. 142, p. 2084-2092, 2017.
- COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; OLIBONE, D.; RÖDER, C.; BURIN, A.; KAUFMANN, A.V.; ORTOLAN, M. L. Efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaça de aves. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 25, n.2, p. 549-556, 2005.
- CHEN, W.; LIAO, X.; WU, Y.; LIANG, J. B.; MI, J.; HUANG, J.; WANG, Y. Effects of different types of biochar on methane and ammonia mitigation during layer manure composting. **Waste management**, v. 61, p. 506-515, 2017.
- CHIARELOTTO, M; BOTTIN, W. C.; SPICKER, C. E.; DUARTE, S. S.; CHIARELOTTO, M.; BORTOLI, M. M. Composting of household organic waste: effect

on control parameters and final compound quality. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 12, n. 4, p. 272-287, 2018.

CHOWDHURY, S.; KIM, G.-H.; BOLAN, N.; LONGHURST, P. A critical review on risk evaluation and hazardous management in carcass burial. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 123, p. 272–288, 2019.

DIAS, B. O.; SILVA, C. A.; HIGASHIKAWA, F. S.; ROIG, A.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: effect on organic matter degradation and humification. **Bioresource technology**, 101(4), p. 1239-1246, 2010.

FEHMBERGER, C.; SANTOS, F. T.; 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**, 251, 119739. 2020.

FOSTER, E. J.; HANSEN, N.; WALLENSTEIN, M.; COTRUFO, M. F. Biochar and manure amendments impact soil nutrients and microbial enzymatic activities in a semi-arid irrigated maize cropping system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 233, p. 404–414, 2016.

GOMES, R. C.; FEIJÓ, G. L. D.; CHIARI, L. **Evolução e Qualidade da Pecuária Brasileira**. Embrapa Gado de Corte, 2017.

ILLERA-VIVES, M.; LABANDEIRA, S. S.; BRITO, L. M.; LÓPEZ-FABAL, A.; & LÓPEZ-MOSQUERA, M. E. Evaluation of compost from seaweed and fish waste as a fertilizer for horticultural use. **Scientia Horticulturae**, v. 186, p. 101-107, 2015.

KHAN, M. B.; CUI, X.; JILANI, G.; TANG, L.; LU, L.; CAO, X.; SAHITO, Z. A.; HAMID, Y.; HUSSAIN, B.; YANG, X.; HE, Z. New insight into the impact of biochar during vermi-stabilization of divergent biowastes: Literature synthesis and research pursuits. **Chemosphere**, v. 238, 144679, 2019.

LOPES, A. P.; CANESIN, E. A.; SUZUKI, R. M.; TONIN, L. T. D.; PALIOTO, G. F.; SEIXAS, F. L. Purificação de Glicerina Residual Obtida na Produção de Biodiesel a Partir de Óleos Residuais. **Rev. Virtual Quim.**, 6 (6), p. 1564-1582, 2014.

MAIA, C. M. B.; MADARI, B. E.; NOVOTNY, E. H. **Advances in biochar research in Brazil**. Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado. 2011.

MAIA, C. M. B. **Biochar: uma nova ferramenta no manejo de solos**. Anais do II Seminário de Atualização Florestal e XI Semana de Estudos Florestais, 2010.

MACHADO, J. F.; DIAS, A. M. D. F.; OLIVEIRA, J. D.; MACENA, I. A.; LEITE, B. K. V.; ORRICO, A. C. A. **Avaliação da qualidade do composto produzido a partir de leiras estáticas, aeradas ou não e manejadas no inverno e verão**. Enepex – Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, Dourados, 2019.

MANGRICH, A. S.; MAIA, C. M. B. F.; NOVOTNY, E. H. Biocarvão: as terras pretas de índios e o sequestro de carbono. **Ciência Hoje**, v.47, p.48-52, 2011.

MARAGNO, E. S.; TROMBIN, D. F.; VIANA, E. O uso da serragem no processo de minicompostagem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 355-360, 2007.

- MIZE, H. E.; LUCIO, A. J.; FHANER, C. J.; PRATAMA, F. S.; ROBBINS, L. A.; KARPOVICH, D. S. Emulsions of crude glycerin from biodiesel processing with fuel oil for industrial heating. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61, n. 6, p. 1319-1327, 2013.
- MENDES, D. B.; SERRA, J. C. V. Glicerina: uma abordagem sobre a produção e o tratamento. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 13, n. 20, p. 01-XX, jul./dez, 2012.
- MOREIRA, M. F.; SANTOS, P. R.; RIZK, M. C. Tratamento orgânico dos resíduos de um frigorífico. **Revista Tópos**, v. 7, n. 1, p. 21-31, 2013.
- OGUNWANDE, G. A.; OSUNADE, J. A.; ADEKALU, K. O.; OGUNJIMI, L. A. O. Nitrogen loss in chicken litter compost as affected by carbon to nitrogen ratio and turning frequency. **Bioresource Technology**, 99: 7495-7503, 2008.
- ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.30, n.3, p.538-545, maio/jun, 2010.
- ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; FAVA, A. F.; SUNADA, N. S.; SCHWINGEL, A. W.; GARCIA, R. G.; BORQUIS, R. R. A. Crude glycerin in co-composting with laying hen manure reduces N losses. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 5, p. 361-367, 2018a.
- ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; MANARELLI, D. M.; LOPES, W. R. T.; SCHWINGEL, A. W. Estimated reduction in solids during sheep bedding composting as a function of the composition of the organic fractions. **Compost Science & Utilization**, v. 26, n. 2, p. 91-97, 2018b.
- PEIXE BR. **Associação Brasileira de Piscicultura**. Anuário 2018.
- PEREIRA, D. C.; WILSEN NETO, A.; NÓBREGA, L. H. P. Adubação orgânica e aplicações. **Varia Scientia Agrárias**, v. 3, n. 2, p. 159-174, 2013.
- PETTER, F. A.; LIMA, L. B.; MORALES, M. M.; MARIMON JÚNIOR, B. H.; MORAIS, L. A. **Biocarvão no solo: aspectos agronômicos e ambientais**. Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso. Simpósio brasileiro de agropecuária sustentável. Sinop. 2016.
- PIERRE, F. C.; ARAÚJO, S. M. F. Tratamento de resíduos em frigorífico de bovino corte. **Tekhne e Logos**, Botucatu, SP, v.8, n.4, dezembro, 2017.
- RASAPOOR, M.; ADL, M.; POURAZIZI, B. Comparative evaluation of aeration methods for municipal solid waste composting from the perspective of resource management: A practical case study in Tehran, Iran. **Journal of Environmental Management**. v.184, p.528-534, 2016.
- SÁNCHEZ-GARCÍA, M.; ALBURQUERQUE, J. A.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A.; ROIG, A.; CAYUELA, M. L. Biochar accelerates organic matter degradation and enhances N mineralisation during composting of poultry manure without a relevant impact on gas emissions. **Bioresource Technology**, v. 192, p. 272-279, 2015.
- SILVA, G. S. O.; GERUDE NETO, O. J. A. Análise dos impactos socioambientais gerados por descartes de efluentes de abatedouros no bairro Maracanã, São Luis – MA.

Revista Interdisciplinar em Cultura e Sociedade (RICS), v. 4, Número Especial - Jul./Dez. 2018.

SILVA, J. M. S.; GOUVEIA, A. B. V. S.; SILVA, W. J.; PAULO, L. M.; SANTOS, F. R. S.; MINAFRA, C. S. Uso de enzimas para aumentar a qualidade nutricional de farinhas de origem animal. **PUBVET**. v. 12, n. 8, a156, p. 1-13, 2018.

SANTOS, J. J. N.; SOUSA, I. C. D. S.; BEZERRA, D. C.; COIMBRA, V. C. D. S.; CHAVES, N. P. Challenges of adapting to environmental issue in cold storages in the city of São Luís, Maranhão: situation diagnosis. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 4, p. 315-321, 2014.

SCHWINGEL, A. W.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; BORQUIS, R. R. A.; FAVA, A. F. Laying hen manure in anaerobic Co-Digestion with glycerin containing different glycerol and impurity levels. **Journal of cleaner production**, v. 215, p. 1437-1444, 2019.

SUNADA, N. S.; ORRICO, A. C. A.; ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; CENTURION, S. R.; OLIVEIRA, A. B. M.; FERNANDES, A. R. M.; LUCAS JÚNIOR, J.; SENO, L. O. Compostagem de resíduo sólido de abatedouro avícola. **Ciência Rural**, v. 45, n. 1, p. 178-183, 2015.

TRAZZI, P. A.; HIGA, A. R.; DIECKOW, J.; MANGRICH, A. S.; HIGA, R. C. V. Biocarvão: realidade e potencial de uso no meio floresta. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 28, n. 2, p. 875-887, abr.- jun., 2018.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; PEREIRA, H.; PILOTTO, M. V. T. Compostagem na gestão de resíduos de pescado de água doce. **Boletim do Instituto de Pesca**, 40 (1), 95-103, 2014.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; PEREIRA, H. S; PILOTTO, M. V. T. Compostagem de resíduos da filetagem de pescado marinho e casca de arroz. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.17, n.2, p.237-248 abr./jun., 2016

VÁZQUEZ, M. A.; VARGA, D.; PLANA, R.; SOTO, M. Nitrogen losses and chemical parameters during co-composting of solid wastes and liquid pig manure. **Environmental technology**, v. 39, n. 16, p. 2017-2029, 2018.

VILELA, R. N. S.; ORRICO, A. C. A.; SCHWINGEL, A. W.; AVILA, M. R.; SANTOS, W. S.; OLIVEIRA, J. D.; DIAS, A. M. D. F.; ALVES, G. P. Reduções de sólidos em leiras de compostagem formadas por resíduos de pescado e de abatedouros. Congresso Brasileiro de Zootecnia, Goiania, GO, 2018.

WANG, X.; ZHANG, W.; GU, J.; GAO, H.; QIN, Q. Effects of different bulking agents on the maturity, enzymatic activity, and microbial community functional diversity of kitchen waste compost. **Environmental Technology**, 37(20), 2555–2563, 2016.

YU, H.; XIE, B.; KHAN, R.; SHEN, G. The changes in carbon, nitrogen components and humic substances during organic-inorganic aerobic co-composting. **Bioresource technology**, v. 271, p. 228-235, 2019.

CAPÍTULO 2 – Eficiência do uso do biocarvão e glicerina bruta como aditivos para a redução de perdas de N durante a compostagem dos resíduos de pescado

RESUMO

Com o intuito de reduzir as perdas de N na compostagem, aditivos podem ser empregados durante o processo, tendo o biocarvão e a glicerina bruta apresentado bons resultados na compostagem com resíduos agroindustriais. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do biocarvão e da glicerina bruta na redução das perdas de nitrogênio durante a compostagem de resíduos do abate de pescado, que foram associados com volumoso (palha) na proporção de 3:1 (massa:massa). Foi adotado delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (sem adição, 5 e 10% de biocarvão e 5 e 10% de glicerina bruta) e 20 repetições. As repetições experimentais foram formadas por bolsas de TNT com capacidade para conter em média 1kg de substrato, sendo as misturas acondicionadas dentro das bolsas somente após serem preparadas e homogeneizadas, para então serem incubadas no interior das leiras de campo (capacidade média de 200 kg), entre a formação das camadas de resíduos de pescado e volumoso. Nos primeiros 20 dias foram avaliadas as perdas de N, em intervalos de quatro dias, e diariamente foram aferidas as temperaturas. Aos 50 e 70 dias foram realizados revolvimentos e aos 90 dias encerrou-se o experimento. Em cada revolvimento e ao final do processo, coletaram-se amostras para determinação dos teores de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), N, hemicelulose, celulose e lignina. A maior redução de ST ocorreu com adição de 5% de glicerina (46,10%) não diferindo das outras condições, exceto com adição de 10% de biocarvão (42,45%). Já as reduções de SV, a adição de 5% de glicerina também proporcionou a maior média (57,74%), sendo a menor obtida pela adição de 10% de glicerina (48,66%). Os aditivos foram efetivos em relação às perdas de N. Ao final dos 20 dias, a maior perda de N foi obtida no tratamento controle (45,60%), diferindo das adições de biocarvão (média 29,20%) e de 10% de glicerina (24,29%). Já ao final de 90 dias, a maior perda também ocorreu para a condição sem inclusão dos aditivos (52,43%) e as menores foram obtidas com a adição de 10% de biocarvão (32,66%) e de glicerina (29,72%). Os teores de N quase não apresentaram diferença entre início e fim, com médias iniciais entre 3,58 e 3,98% e finais entre 3,31 e 3,80%. Para as porções fibrosas, a hemicelulose foi bastante reduzida durante o processo, não diferenciando entre as condições testadas, iniciando em média com 25% e ao final com média de 11,84%. Os teores de celulose foram bem maiores nas leiras em que se adicionou biocarvão, principalmente 10% (9,63%) e finalizando com 8,73%. Nas demais condições avaliadas, também não foram observadas reduções significativas ao final, sendo a maior variação proporcionada pela adição de 5% de biocarvão (8,39 e 5,78%, início e fim, respectivamente). Observou-se comportamento semelhante da concentração de lignina quando comparada à celulose, sendo o maior teor inicial quando se adicionou 10% de biocarvão (10,52%), porém apresentou maior redução quando comparado aos outros tratamentos, com final de 7,60. Conclui-se que os aditivos foram eficientes em reter nitrogênio em relação ao controle. Contudo, a menor perda ocorreu com a adição de 10% de biocarvão, podendo esta ser indicada, pois ao final dos 90 dias também apresentou maior redução de matéria orgânica. O uso de bolsas para incubação para testar aditivos durante a compostagem também é indicada por proporcionar resultados compatíveis com metodologias convencionais. A adição de 10% de glicerina não é indicada por retardar a atividade de microrganismos.

Palavras-chave: co-compostagem, mitigação, pirólise, resíduos orgânicos

ABSTRACT

In order to reduce N losses in composting, additives can be used during the process, with biochar and crude glycerin showing good results in composting with agro-industrial waste. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of biochar and crude glycerin in reducing nitrogen losses during the composting of fish slaughter residues, which were associated with bulking agent (straw) in the proportion of 3: 1 of mass. A completely randomized design was adopted, with five treatments (without addition, 5 and 10% biochar and 5 and 10% crude glycerin) and 20 repetitions. The experimental repetitions were formed by TNT bags with the capacity to contain an average of 1 kg of substrate, and the mixtures were stored inside the bags only after being prepared and homogenized, and then incubated inside the field windmills (average capacity of 200 kg), between the formation of layers of fish and roughage residues. In the first 20 days, N losses were evaluated at four-day intervals, and temperatures were measured daily. At 50 and 70 days, rotations were performed and at 90 days the experiment ended. At each turn and at the end of the process, samples were collected to determine the levels of total solids (TS) and volatiles (VS), N, hemicellulose, cellulose and lignin. The greatest reduction in TS occurred in glycerin 5% (46.10%), which did not differ from the other conditions, except for biochar 10% (42.45%). The reductions in VS, glycerin 5% were also the highest average (57.74%) and lowest glycerin 10% (48.66%). The additives were effective in relation to the N losses, at the end of the 20 days the biggest loss was for the control treatment (45.60%), differing from the biochar additions (average 29.20%) and the smallest loss was glycerin 10% (24.29%). At the end of 90 days, the greatest loss also occurred for the condition without inclusion of additives (52.43%), the lowest losses were for biochar 10% (32.66%) and glycerin 10% (29.72%). The levels of N showed almost no difference between beginning and end, with initial averages between 3.58 and 3.98% and final averages between 3.31 and 3.80%. For fibrous partitions, hemicellulose was greatly reduced during the process, not differentiating between the conditions tested, starting with an average of 25% and at the end with an average of 11.84%. The cellulose contents were much higher in the addition of biochar, mainly 10% (9.63%) and ending with 8.73%, however the other conditions were also not so reduced at the end, where the greatest variation was for biochar 5% (8.39 and 5.78%, beginning and end, respectively). Lignin presented a similar behavior to cellulose, with a higher initial content for biochar 10% (10.52%), but with a better reduction compared to other treatments, with a final of 7.60. It is concluded that the additives were efficient in retaining nitrogen in relation to non-addition, however, the lowest loss occurred in 10% of inclusion of biochar, which can be indicated, because at the end of the 90 days it also showed excellent reduction of organic matter. The use of incubation bags to test additives during composting is also indicated for reaching results compatible with conventional methodologies. Glycerin with 10% inclusion is not indicated for delaying the activity of microorganisms.

Key-words: co-composting, mitigation, organic waste, pyrolysis

INTRODUÇÃO

A agroindústria brasileira é um dos principais setores com atividade crescente, que nas últimas décadas elevou os índices produtivos na criação animal devido a melhoria de manejo, nutrição e sanidade, sendo importante na cadeia de alimentos para o país e mundo (GOMES et al., 2017). Em relação a produção de pescado, em 2018 foram produzidas mais de 700 mil toneladas de peixes cultivados no Brasil, permanecendo em quarto no ranking mundial (PEIXEBR, 2019). Contudo, cerca de 65% do pescado produzido é considerado resíduo e possui alta capacidade poluidora, sendo imprescindível um destino que beneficie tanto produtores quanto o meio ambiente pela redução de impactos negativos (VALENTE et al., 2016).

A compostagem é um método eficaz na estabilização da matéria orgânica pela ação de microrganismos aeróbios e ao final do processo se tem um produto que pode servir como fertilizante orgânico e melhorador do solo, sendo de grande importância o conteúdo de nitrogênio ao final do processo (YANG et al., 2019). Com isso, métodos que promovam a mitigação das perdas desse nutriente durante a compostagem vêm sendo estudadas, visando a obtenção de um composto de melhor qualidade e resulte em menos gases emitidos ao ambiente durante o processo devido a facilidade de perda na forma de amônia (CAO et al., 2019). Neste sentido, pode-se citar DIAS et al. (2018) que ao conduzirem a compostagem de resíduos de abatedouros de bovinos e de pescado, verificaram valores acima de 80% de redução em relação ao nitrogênio inicial.

O biocarvão, em estudos prévios, tem mostrado ser um aditivo da compostagem, pois em função da sua superfície reativa, que aprisiona parte dos nutrientes ao mesmo tempo que melhora a atividade microbiana, resultando num produto de maior qualidade e com maior teor de nitrogênio (DIAS et al., 2010; AGYARKO-MINTAH et al., 2017a). Os benefícios do biocarvão foram mencionados por JANCZAK et al. (2017) ao conduzirem leiras de compostagem com dejetos de poedeiras em associação com palha de trigo. Os resultados demonstraram que o uso de biocarvão foi eficiente na retenção de N, reduzindo as emissões de amônia em 30 e 44%, para as doses de 5 e 10% de biocarvão em comparação com a não inclusão.

Assim como o biocarvão, a glicerina bruta tem demonstrado potencialidade para reduzir as perdas de N durante a compostagem, sobretudo em resíduos com maiores

concentrações deste nutriente. Em trabalho conduzido por ORRICO JÚNIOR et al. (2018a) foi realizada a compostagem dos dejetos de poedeiras em associação com doses crescentes de glicerina bruta, sendo que os melhores resultados ocorreram quando foi adicionado 6% de glicerina bruta. Os autores observaram elevadas reduções dos constituintes sólidos (64 e 72% para sólidos totais (ST) e voláteis (SV), respectivamente) e maiores teores de N no composto final.

Além dos cuidados em relação ao processo de compostagem e sua eficiência em reter nutrientes, cuidados com a manipulação do material em compostagem também requerem atenção, pois dependendo do resíduo utilizado a manipulação pode apresentar riscos à saúde do manipulador, seja por conterem microrganismos patogênicos ou liberarem gases prejudiciais, como a amônia. Sendo assim, as leiras podem ser conduzidas estaticamente, desde que as pilhas formadas inicialmente sejam mantidas o máximo de tempo possível sem revolvimento, porém sem que haja perdas na eficiência, sendo um parâmetro de monitoramento a temperatura alcançada neste período (COSTA et al., 2005).

Apesar de estudos anteriores terem validado o uso de biocarvão e glicerina bruta como aditivos que favorecem a retenção de N durante a compostagem, ainda permanecem questionamentos da eficiência destes aditivos em resíduos cárneos compostados em leiras estáticas e doses a serem utilizadas. Sendo assim, o trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito do biocarvão e da glicerina bruta na redução das perdas de nitrogênio durante a compostagem de resíduos de frigoríficos de abate de pescado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área de Manejo de Resíduos Agropecuários da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados - MS, entre novembro de 2018 a fevereiro de 2019, na estação de verão com duração de 90 dias. A temperatura máxima e mínima média nesse período do ano foram 32°C e 21°C, respectivamente (Embrapa, 2019) e segundo a classificação de Köppen o clima anual é mesotérmico úmido tipo Cwa com precipitação entre 1250 e 1500mm.

Este trabalho foi planejado com base no estudo prévio realizado por VILELA (2019) ao compostar os resíduos da filetagem de pescado e de abatedouros de ruminantes em pilhas estáticas, aeradas ou não, com o objetivo de verificar em quais condições de aeração ocorreriam as maiores perdas de N, e na sequência, realizar o presente estudo utilizando os aditivos na condição onde as perdas de N fossem maiores. Como os resultados de VILELA (2019) não indicaram influência da aeração sobre as perdas de N na compostagem dos resíduos de pescado, optou-se por realizar a compostagem em pilhas estáticas sem o uso da aeração forçada.

O resíduo de pescado foi doado por empresa frigorífica autorizada localizada em um município próximo a Dourados. A palha foi disponibilizada pela Fazenda Escola da UFGD e a glicerina bruta doada por empresa de produção de biodiesel localizada na região de Dourados. Já o biocarvão foi produzido na própria UFGD, adotando como matéria-prima a maravalha de eucalipto.

Para condução do experimento foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, constando de 5 tratamentos compostos pelo controle (0% de aditivo), adição de 5 e 10% de biocarvão e 5 e 10% de glicerina bruta e 20 repetições. As adições de biocarvão e glicerina bruta foram em relação a massa fresca de resíduo e as repetições experimentais foram acondicionadas em bolsas de TNT (tecido não tecido) pré-confeccionadas, onde foram colocadas as misturas dos tratamentos experimentais, para serem incubadas no interior de leiras estáticas. A técnica utilizada para incubação das bolsas em compostagem, no interior das pilhas foi baseada no trabalho desenvolvido por LIMA et al. (2017).

O resíduo da filetagem de pescado foi composto por: cabeça, espinhas, escamas, pele, vísceras e filés, principalmente, sendo este material associado a um agente volumoso

(palha) na proporção de 3:1, com base na massa *in natura*. Para a formação das unidades experimentais (bolsas) e também das leiras, as proporções foram as mesmas, sendo que os aditivos somente foram adicionados nas bolsas, seguindo as doses já descritas. As leiras foram formadas para proporcionar um ambiente de melhor desenvolvimento da atividade microbiana, e assim permitir que as bolsas estivessem em contato e expostas a este meio. A caracterização dos resíduos utilizados na formação das leiras e das bolsas está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização inicial dos resíduos utilizados para a compostagem de pescado.

Resíduos	C (%)	N (%)	ST (%)	SV (%)	EE (%)
Pescado	44,20	5,42	52,46	98,20	21,36
Feno	41,09	0,47	90,00	94,25	0,60

ST= sólidos totais, SV= sólidos voláteis, EE= extrato etéreo

As leiras foram formadas em camadas, respeitando a proporção resíduo:volumoso adotada. Em cada camada foram adicionadas 5 bolsas, sendo cada uma correspondente a um tratamento experimental, objetivando assim retirar o efeito de favorecimento ou não, em relação ao posicionamento das bolsas em diferentes pontos das leiras. Sendo assim, para a incubação das 20 bolsas que compuseram as unidades experimentais de cada um dos tratamentos, foram constituídas 20 camadas (cada camada com bolsas+resíduo+palha) divididas em 5 leiras, já que a altura de formação de cada leira limitava em 4 camadas. A representação das leiras de campo e das bolsas incubadas em seu interior está nas Figuras 1 e 2.

As bolsas experimentais foram confeccionadas em TNT com capacidade para conter em média 1,0 kg de material fresco. As misturas contendo as proporções de resíduo, palha e aditivo (com exceção do grupo controle) foram preparadas previamente e então colocadas nas bolsas (identificadas por cores, segundo os diferentes tratamentos), que foram acomodadas entre as camadas das leiras estáticas. As leiras possuíam 120x58 cm e 1m de altura, com capacidade para compostar em média, 200 kg de material *in natura*, sendo construídas por madeiras vazadas, que permitiram maior circulação de ar atmosférico entre as camadas e foram sucintamente descritas por VILELA (2019).



1

Figura 1: Acondicionamento das bolsas no interior das leiras estáticas de compostagem.



2

Figura 2: Leiras estáticas construídas de paletes.

O período total de compostagem foi de 90 dias, ocorrendo o primeiro revolvimento aos 50 e o segundo aos 70 dias do processo, sendo que para o revolvimento, todo o material do interior da leira foi retirado e acondicionado sobre lona plástica para homogeneização e adequação do teor de umidade, e posteriormente devolvido à composteira. A temperatura no interior de cada leira foi mensurada diariamente com auxílio de termômetro do tipo espeto em 10 pontos distintos e distribuídos aleatoriamente entre a base, o centro e o topo da leira para compor dessa maneira a média da temperatura.

Nos primeiros 20 dias foram realizadas coletas parciais para estimativa das perdas de massa e de N, onde foi escolhida a camada mais superficial em 3 diferentes leiras, havendo o mínimo de contato entre manipulador e material ainda fresco. As coletas foram realizadas a cada 4 dias, totalizando assim 5 medições, nas quais foram retiradas 3 bolsas de cada tratamento, que foram pesadas e tiveram seu conteúdo exposto para a coleta de amostra. Após a coleta, o material restante foi acondicionado novamente na bolsa e esta retornou para o interior da leira, de onde havia sido retirada. Em cada amostragem era retirado aproximadamente 30 gramas de material fresco, cuidando-se para que não fosse reduzida drasticamente a quantidade de material em degradação dentro das bolsas utilizadas para amostragem. Com as amostras coletadas nesta etapa foram determinados os teores de sólidos totais (ST) e nitrogênio (N) total.

Nos revolvimentos de 50, 70 e 90 dias foram coletadas amostras para avaliação da degradação dos constituintes orgânicos. Durante os 90 dias de compostagem foram avaliadas as condições de umidade das leiras, elegendo-se aleatoriamente pontos para a coleta de amostras no perfil, e determinando os ST, para que fossem acrescentadas pequenas quantidades de água (evitando assim a formação de chorume) e se mantivesse a umidade dentro da faixa considerada ideal de 40 a 60%. A compostagem foi finalizada quando as temperaturas das leiras se mantiveram na condição do ambiente, as degradações de sólidos se estabilizaram e os teores de carbono (C) mantiveram as concentrações constantes, sendo então as bolsas pesadas, homogeneizadas e amostradas para a caracterização final do composto.

No material inicial, 50, 70 e 90 dias de compostagem foram determinados os ST, sólidos voláteis (SV), pH, hemicelulose, celulose e lignina, C e N.

A análise dos teores de ST, SV e pH, foram de acordo com APHA (2005). Para hemicelulose, celulose e lignina, foram utilizadas metodologias descritas por DETMANN et al. (2012). Os conteúdos de carbono e nitrogênio foram determinados por meio do analisador Elementar modelo VARIO MACRO.

Os resultados foram submetidos à análise de variância considerando-se como fontes de variação em cada um dos resíduos orgânicos: o uso ou não de aditivos (considerando as doses empregadas) e os tempos de compostagem e ainda, a interação dos mesmos, testados à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, utilizando o pacote computacional R (versão 3.1.0 for Windows).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Temperatura no processo de compostagem

A temperatura média correspondente a todo período experimental está representada na Figura 3. O comportamento demonstra que nos resíduos orgânicos avaliados as temperaturas permaneceram em faixa termofílica por no mínimo 20 dias consecutivos, sendo que nos primeiros 14 dias de compostagem, ficaram acima de 50°C. Observa-se que após os revolvimentos de 50 e 70 dias ocorreram novos aumentos de temperatura, sendo alcançados os valores de 69,7 e 74,5°C para o primeiro e segundo revolvimento, respectivamente. De acordo com BRYNDUM et al. (2017) com a manutenção da temperatura por no mínimo 50° C por três dias consecutivos, há uma ampla eliminação de patógenos. No trabalho realizado por SILVA et al. (2018) foram utilizadas elevadas proporções de material volumoso (de 3 a 4 partes) em compostagem com os resíduos de pescado (para cada 1 parte) e as máximas temperaturas verificadas pelos autores foram de 43 e 48°C, respectivamente. A alta temperatura verificada no presente estudo deve-se a maior quantidade de pescado utilizado.

Com o revolvimento, houve uma melhor homogeneização do material dentro das leiras, misturando o resíduo de pescado com a palha e ainda realocando partes cárneas que estariam em locais menos favoráveis à degradação, como fundo e topo das leiras para o interior. A adição de água nestas ocasiões possivelmente foi o fator de maior importância para a elevação da temperatura nesse período, pois o material se encontrava com elevada porcentagem de sólidos (superiores à 60%), sobretudo em virtude da alta proporção de feno, que estava maior em função da alta degradação dos resíduos cárneos. Apesar de ter sido adicionada água em períodos anteriores, aos 50 dias de compostagem, sendo a pilha estática, há a possibilidade de a água criar caminhos preferenciais para percorrer o perfil das leiras, não sendo distribuída homogeneamente. Ainda, como os resíduos orgânicos foram degradados em maior proporção em relação ao feno, havia dificuldade de manter o material em compostagem umedecido devido a alta capacidade de absorção do feno e também as altas temperaturas do ambiente durante a execução do trabalho.

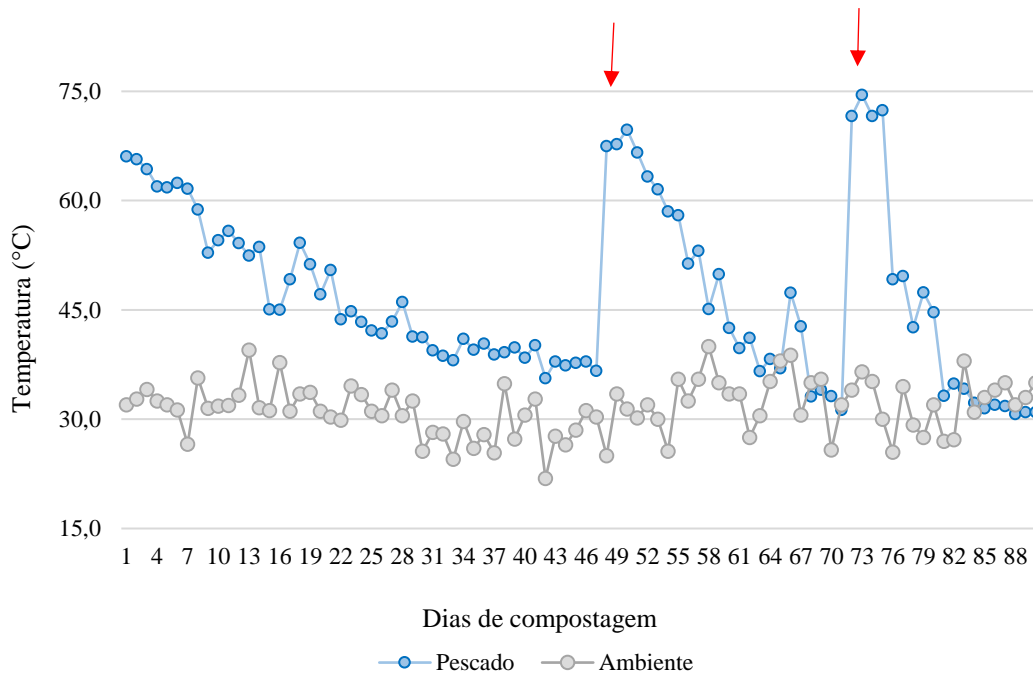


Figura 3: Médias de temperatura das leiras de resíduos de pescado ao longo dos 90 dias de compostagem.

Reduções de sólidos totais e sólidos voláteis

Em todas as condições avaliadas, observou-se crescente aumento das reduções de sólidos totais e voláteis com o decorrer do tempo de compostagem, o que referencia o comportamento padrão do processo, sendo que tanto para ST e como para SV as menores reduções ocorreram aos 50 dias, aumentando aos 70 dias e então 90 dias (Tabela 2). Este comportamento semelhante, segundo o tempo de avaliação e independente do uso de aditivo, pode ser atribuído a composição dos resíduos empregados no início do processo (Tabela 1), visto que o resíduo de pescado, possuía elevadas concentrações de SV, N e EE (extrato etéreo), que são componentes facilmente acessíveis durante o processo de degradação. Os resultados obtidos por VILELA et al. (2018), utilizando ou não aeração em leiras estáticas com resíduo de pescado, demonstraram reduções de 68,7% dos SV na condição sem o uso de aeração, ao término do período experimental de 90 dias, sendo este um resultado um pouco acima do encontrado no presente trabalho para a condição sem inclusão de aditivo. Porém, mesmo que na composição dos resíduos houvesse principalmente filés, várias bolsas tiveram em sua composição cabeças de peixe, uma parte mais difícil de ser degradada, o que pode ter feito diferença, já que o trabalho citado não utilizou bolsas.

Tabela 2: Reduções de sólidos totais (ST) e voláteis (SV) durante compostagem de resíduo de pescado utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo.

Dias	Controle	Bio5%	Bio10%	Gli5%	Gli10%
	ST* (g)				
Inicial	471,48	467,63	522,23	628,39	525,19
50	333,14	390,92	428,85	458,75	397,87
70	278,62	311,28	418,96	360,04	391,53
90	277,32	278,48	351,96	293,85	317,88
	Redução de ST (%)				
50	29,32Ca	16,40Cc	17,88Cc	26,74Cab	24,24Cb
70	32,11Ba	31,27Ba	27,68Bc	30,56Bab	28,06Bbc
90	44,70Aab	44,66Aab	42,45Ab	46,10Aa	43,40Aab
	Redução de SV (%)				
50	41,10Ca	24,14Cd	27,72Cc	38,54Ca	30,85Bb
70	50,49Ba	46,15Bb	37,37Bc	45,27Bb	32,92Bd
90	54,18Ab	54,34Ab	54,02Ab	57,74Aa	48,66Ac

* Massa média de ST contida na bolsa de incubação

Letras maiúsculas, na coluna, evidenciam diferença ($p < 0,05$) entre os dias de compostagem e minúsculas, na linha, diferença ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

Apesar de ter sido verificado efeito dos aditivos sobre as reduções de ST, é importante salientar que eles foram utilizados com a função de reter N durante a compostagem, e que devido a sua participação ter sido na inclusão máxima de 10% da massa incubada, é possível que sua colaboração para as reduções de ST tenha sido limitada, principalmente pelas características do biocarvão.

A participação do biocarvão como aditivo colaborou com a inclusão de sólidos resistentes a degradação, devido a sua natureza inerte que é capaz de dificultar o ataque microbiano (DIAS et al., 2010), sobretudo na fase inicial da compostagem, sendo esta resistência reduzida com o decorrer do processo, principalmente em virtude das elevadas temperaturas, que além da fase inicial, ocorreram também após cada revolvimento. Já a glicerina bruta, se contiver níveis mais elevados de impurezas, como extrato etéreo, pode elevar o teor lipídico das massas em compostagem e assim reduzir a atividade microbiana, como já foi salientado por ORRICO JUNIOR et al. (2018a), sendo este um efeito dependente da pureza da glicerina e também reduzido ao longo do tempo de compostagem e aumentos de temperaturas.

As reduções de SV apresentaram comportamento similar as de ST (Tabela 1) em relação ao tempo de compostagem, sendo crescentes com o adiantar do processo. Em relação ao uso de aditivos, é possível observar que com a inclusão de 10% de glicerina as reduções de SV pouco evoluíram de 50 para 70 dias, e que apesar de alcançarem valores maiores aos 90 dias, ainda apresentaram as menores reduções de SV durante o processo ($p < 0,05$, 48,66%), em comparação com os demais aditivos e controle. Desta forma, pode entender-se que a glicerina na proporção de 10% ocasionou diminuição da degradação dos SV, podendo este efeito estar associado a toxicidade causada pelos maiores teores de EE na mistura, pois além da glicerina, o resíduo de pescado já apresentava maior concentração de EE (21,36%, Tabela 1). O elevado teor de EE também pode causar limitação de atividade dos microrganismos pois a gordura pode criar uma barreira entre microrganismos e matéria orgânica (SCHWINGEL et al., 2019), e assim, a sua ação no meio em compostagem pode ter dificultado o acesso do conteúdo fibroso da palha, protegendo-o do ataque microbiano.

A inclusão de glicerina bruta recomendada por ORRICO JUNIOR et al. (2018a) foi de 6%, ao associarem este resíduo na compostagem dos dejetos de poedeiras, obtendo nesta condição reduções de SV superior a 60%. No entanto, a disponibilidade de degradação das misturas testadas pelos autores e avaliadas neste trabalho são diferentes, já que a presença de palha, irá dificultar o acesso dos microrganismos ao material em compostagem, minimizando as perdas de SV.

Em estudo conduzido por MALÍNSKA et al. (2014) com a inclusão de 4% de biocarvão na compostagem de lodo de esgoto e lascas de madeira, verificaram efeito benéfico para a degradação da matéria orgânica de 2,4% com biocarvão e 1% para o controle. O estudo foi feito em condição fechada com 16 dias de duração. Em trabalho similar SÁNCHEZ-GARCÍA et al. (2015) observaram uma acelerada degradação de matéria orgânica inicial quando adicionaram 3% de biocarvão com dejetos de aves, porém não diferenciando do tratamento somente dejetos de aves e volumoso ao final do processo.

Perdas iniciais e finais de nitrogênio e teores ao longo da compostagem

As maiores perdas de nitrogênio ocorreram nos primeiros dias de compostagem (Figura 4) que coincide com a rápida elevação da temperatura, tornando uma condição favorável a perdas em forma de NH_3 por volatilização principalmente se o pH estiver alcalino, que são diminuídas quando os substratos mais facilmente degradados forem consumidos (CHEN et al., 2017). Ao longo dos 20 dias iniciais, as perdas de N apresentaram os maiores valores até os primeiros 8 dias de compostagem, independente da presença do aditivo, sendo que neste período, o maior valor ($p < 0,05$) ocorreu no grupo controle (18,33%), enquanto os aditivos obtiveram efeito semelhante. Em relação a eficiência apresentada pelos aditivos, observa-se que nos primeiros 4 dias, a maior perda também ocorreu na condição sem inclusão de aditivos (29,96%).

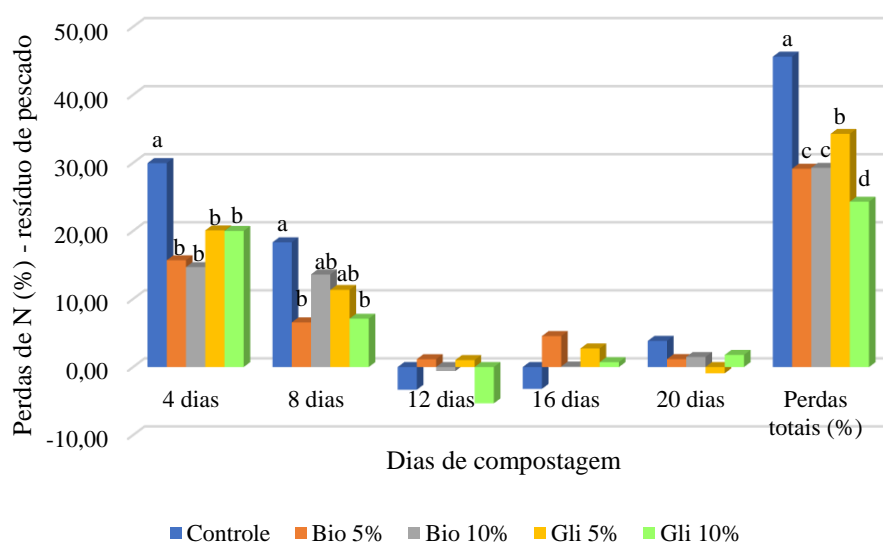


Figura 4: Perdas de N (%) na compostagem do resíduo de pescado utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo. Dentro de dias de compostagem, colunas com letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Observa-se decréscimo das reduções de N a partir dos 8 dias, com valores reduzidos de perdas aos 12, 16 e 20 dias de condução do processo, não diferindo entre tratamentos, chegando inclusive a apresentar alguns valores negativos, independente do uso de aditivo. Este comportamento já havia sido relatado por JANCSAK et al. (2017) ao compostarem dejetos de poedeiras em associação com palha de aveia e inclusões de biocarvão, como 5

e 10% da massa enleirada. Os autores verificaram que as maiores perdas de N aconteceram nos primeiros 5 dias de compostagem e relacionaram estes decréscimos com o aumento de temperatura nas pilhas, que oscilaram em torno de 70°C. No entanto, mesmo com as maiores perdas de N concentradas nos primeiros 5 dias de compostagem, os autores verificaram benefícios com o uso do biocarvão, que reduziu em 30 e 44% a emissão de NH₃, nas doses de 5 e 10%, respectivamente, em comparação com o grupo controle.

A condição experimental sem inclusão de aditivos foi a que resultou em maiores perdas de N ($P < 0,05$) nos primeiros 20 dias de compostagem, alcançando redução de 45,6% na quantidade de N, em relação as condições que utilizaram glicerina bruta e biocarvão como aditivos, com 34,3; 29,3; 29,1 e 24,29 para glicerina 5%, biocarvão 10 e 5%, e glicerina 10%, respectivamente. Com estes resultados é possível observar a contribuição dos aditivos na melhoria das perdas iniciais de N, que pelas características do biocarvão, sua alta porosidade e área de superfície, vários trabalhos relatam que isso ajudaria a prender gases formados pela capacidade e absorver NH₃ e adsorver NH₄ (MALÍŃSKA et al., 2014; CHEN et al., 2017), principalmente mostrando sua eficiência nesse período mais sensível às perdas.

Com relação as reduções de N aos 90 dias (Figura 5) houve influência pela presença dos aditivos ($p < 0,05$), apresentando benefícios quando ocorreu a inclusão de glicerina bruta ou biocarvão, em qualquer das doses utilizadas, se comparadas ao controle. As maiores perdas de N foram observadas no controle, resultando em decréscimo de 52,43% em relação ao conteúdo de N no substrato original. Este comportamento é indesejável, pois reduz a qualidade do composto como fertilizante, e pode ser minimizado ao adicionar 5% e 10% dos aditivos que foram testados, independentemente de ser a glicerina bruta ou biocarvão. As menores reduções de massa no início da compostagem podem resultar em menores perdas de N também, pois a diminuição de massa é uma resposta das elevadas taxas de degradação, e como consequência resultarão no aumento de temperatura, que é condição favorável para a perda de N por volatilização.

Em estudo conduzido por JANCZAK et al. (2017) as perdas de N, tanto com a adição de 5 ou 10% de biocarvão, foram semelhantes e apresentaram valores de 45%. Sendo assim, os autores verificaram melhoria na retenção de N total com o uso do biocarvão, em comparação com o controle (49% de perdas de N), mas não observaram melhor retenção de N com o aumento da dose de biocarvão empregada. Este

comportamento contraria os resultados obtidos no presente trabalho, e pode estar associado com o tempo de compostagem, que no experimento citado foi de apenas 42 dias, o que pode ter sido insuficiente para que o aditivo expressasse seu potencial. Em 60 dias de compostagem de lodo de esgoto com biocarvão a 12% + zeólita e cal, AWASTHI et al. (2016) também observaram maiores perdas de N, que ocorreram na primeira semana, sendo que após o décimo dia de execução as perdas foram mínimas. No presente estudo nota-se esse comportamento, pois ao se comparar as perdas ocorridas até os 20 dias com as observadas aos 90 dias, verifica-se que neste intervalo reduções de N não foram elevadas, se comparadas ao início do processo, sobretudo nas condições de inclusão de 10% de aditivo. A inclusão de glicerina bruta em dejetos de poedeiras ORRICO JÚNIOR et al. (2018a) evidenciou o ótimo desempenho em reter N, pois conforme o aumento da inclusão de glicerina, menos se perdeu desse nutriente, com 30% a menos de perdas para a condição máxima de inclusão de 12% em relação à sem adição de glicerina.

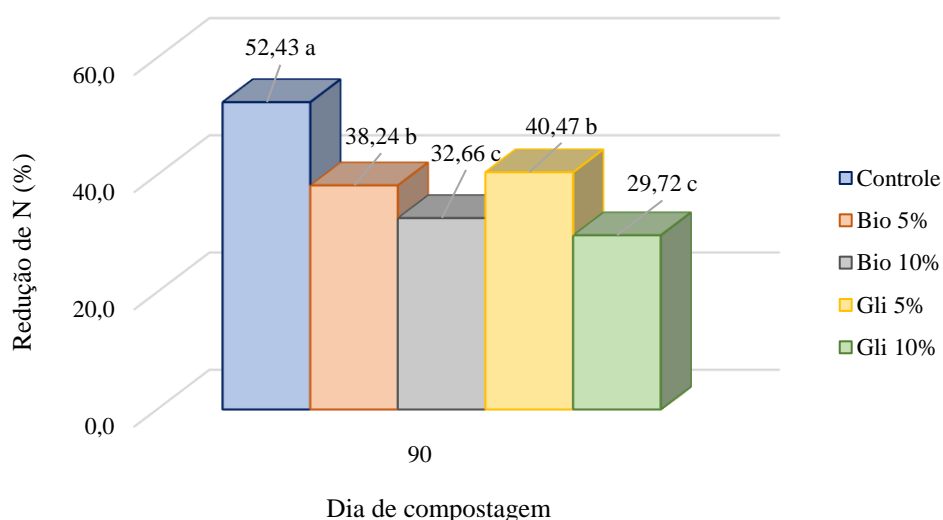


Figura 5: Reduções de N (%) na compostagem do resíduo de pescado utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo. Colunas com letras distintas, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Em relação aos teores de N ao longo do período de compostagem (Figura 6), observa-se similaridade no comportamento destas concentrações, que variam em virtude das perdas ocorridas e também da degradação de matéria orgânica. Em estudo desenvolvido por JANCZAK et al. (2017) não foram observadas diferenças com o uso ou

não de biocarvão para as concentrações de N nos compostos, no entanto, os autores utilizaram resíduos com menores concentrações de N (entre 2,5 e 2,9% dos ST) se comparado com o presente estudo (de 3,6 a 4,0% de N), e isso pode ter influenciado para não terem verificado efeito do biocarvão. Já em AGYARKO-MINTAH et al. (2017b) observaram efeito benéfico do uso de biocarvão no aumento das concentrações de N ao compostarem dejetos de aves com bagaço de cana, partindo do teor inicial de 3,2% de N para a concentração de 3,6% de N no composto. Como já foi mencionado, é importante que as concentrações de N sejam associadas as perdas de massa, para que assim seja considerado o rendimento de N em função da quantidade de composto gerada, permitindo o planejamento do seu uso como fertilizante orgânico.

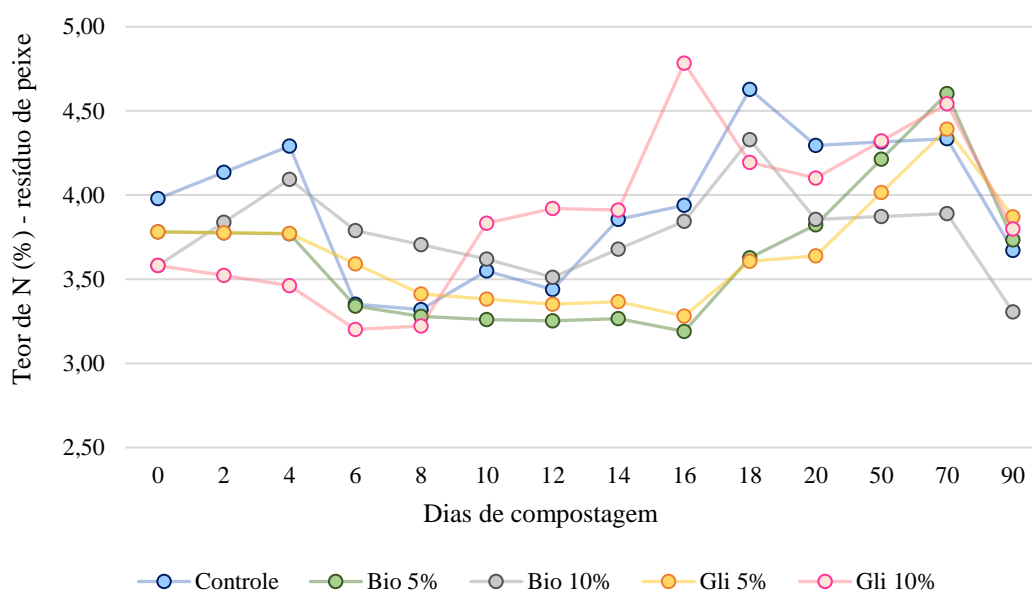


Figura 6: Teores de N (%) durante a compostagem do resíduo de peixe utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo.

No estudo desenvolvido por FEHMBERGER et al. (2020) foram associados em compostagem os resíduos de aves (incubatório, cama de frango e lodo), palha de trigo e glicerina bruta (de 1,5 até 6% de adição). Os autores não observaram diferenças nas concentrações de N no composto, independente da dose de aditivos avaliada. Diferentemente, ORRICO JÚNIOR et al. (2018a) observaram no composto obtido com a inclusão de 6% de glicerina nos dejetos de poedeiras, o aumento na concentração de N, alcançando o valor de 5,01%.

Partições fibrosas

Dentre os constituintes de parede celular a hemicelulose é um dos principais componentes, podendo ser facilmente degradada durante a compostagem e servir de substrato energético para os microrganismos, logo após o consumo dos nutrientes biodisponíveis (YU et al., 2019). A sua degradação durante o período de compostagem é um indicativo da disponibilidade e utilização do material volumoso, assim como demonstra a eficiência do processo, já que o intuito é reduzir o material orgânico instável.

Os resultados obtidos (Figura 7) evidenciam redução das concentrações de hemicelulose ao longo do período de compostagem, demonstrando assim utilização desta fração fibrosa, mesmo no início do processo, quando outras fontes orgânicas de mais fácil degradação estavam à disposição. Certamente os revolvimentos realizados aos 50 e 70 dias, por melhorarem a disponibilidade de aeração e permitirem melhor ajuste da umidade, contribuíram para auxiliar na disponibilidade dos conteúdos fibrosos a degradação, especialmente a hemicelulose, por ser o mais digestível.

Os fungos estão em menor quantidade que bactérias na compostagem e podem até ser menos tolerantes à altas temperaturas, tendo melhor performance entre 35 e 55°C e com um bom suprimento de oxigênio, porém quando se trata de substratos com alto teor de fibras, os fungos exercem papel fundamental na degradação desses constituintes durante todo o processo, principalmente se tratando de celulose e lignina, pois além de secretarem enzimas, alguns fungos formam hifas, sendo conectadas e envolvem o composto ajudando a degradação (TRAUTMANN e KRASNY, 1997).

O pico de concentração de hemicelulose observado aos 20 dias de compostagem para o grupo controle pode estar associado a redução mais acentuada de outras frações, como o N, por exemplo.

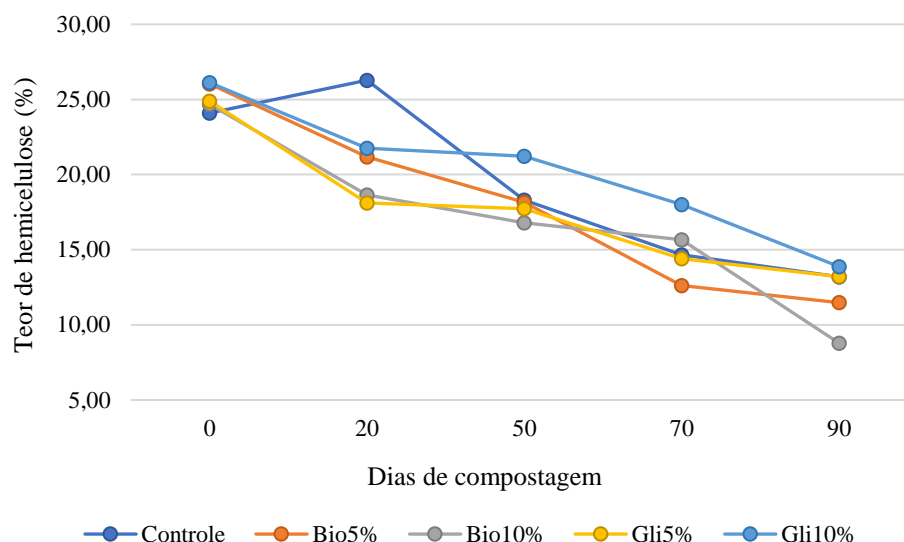


Figura 7: Teores de hemicelulose (%) durante a compostagem do resíduo de pescado utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo.

Em relação aos teores de celulose (Figura 8) observa-se que as concentrações desta fração nos tratamentos com biocarvão iniciaram mais elevadas e assim permaneceram, com picos aos 20 dias, para as massas em compostagem que receberam o biocarvão na composição. Este fato era esperado, já que o biocarvão utilizado neste experimento foi obtido a partir de maravalha, que é um substrato composto por madeira e assim apresenta elevada proporção de celulose e especialmente, lignina (Figura 9). A celulose é um componente de mais difícil degradação que hemicelulose, portanto a maior concentração desta fração nos primeiros dias de compostagem seria um comportamento natural, já que existe a disponibilidade de nutrientes de fácil acesso para os microrganismos, e que certamente serão consumidos primeiro. A lignina cria uma barreira física, limitando, ou mesmo impedindo o acesso dos microrganismos celulolíticos e hemicelulolíticos aos demais constituintes de parede celular, sendo inclusive comprovado que o menor conteúdo de lignina é correlacionado com maiores degradações desses constituintes (ORRICO JÚNIOR et al., 2018b) durante a compostagem.

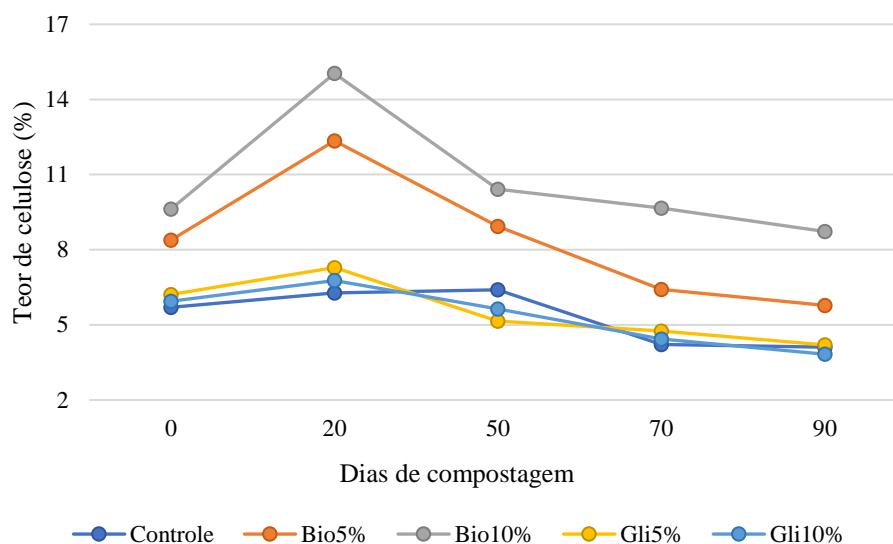


Figura 8: Teores de celulose (%) durante a compostagem do resíduo de pescado utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo.

Os teores de lignina (Figura 9) foram bastante semelhantes no decorrer do processo no tratamento controle e com as adições de glicerina em 5 e 10%, apresentando teores menores que os tratamentos que receberam o biocarvão. Em YU et al. (2019), os teores de lignina iniciaram acima dos observados neste trabalho, entre 9,2 e 10,2%, porém com menor teor na condição de maior adição de biocarvão (15%) feito de casca de arroz. Esses autores relatam maior eficiência em degradar esse componente fibroso conforme o aumento de inclusão de biocarvão. O comportamento foi semelhante ao observado no presente trabalho, pois o valor de início de lignina não diferiu muito dos teores ao final da compostagem, com 9,2 e 8,75% respectivamente. Contudo, neste trabalho, o maior teor 10,52% encerrando com 7,60%, mostrando ainda mais eficiência na degradação de lignina e corroborando com estudos em que o biocarvão pode melhorar a degradação deste constituinte.

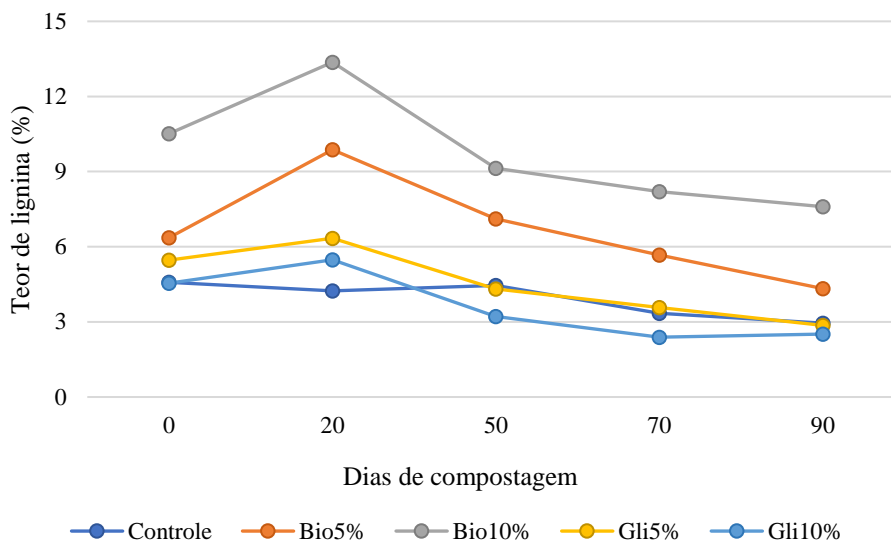


Figura 9: Teores de lignina (%) durante a compostagem do resíduo de pescado utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo.

CONCLUSÃO

A inclusão dos aditivos testados foi eficiente para reduzir as perdas de nitrogênio, sendo o mais eficiente a inclusão de 10% de biocarvão tanto nas perdas iniciais, quando se caracteriza a fase mais crítica, quanto no final da compostagem.

A glicerina bruta adicionada em 10% também foi eficiente para a retenção de nitrogênio, porém, não é indicada por ter proporcionado menor redução de sólidos.

A metodologia de incubação do material em compostagem foi eficiente para recomendar o uso de aditivos, assim como pode ser uma ferramenta importante no desenvolvimento de estudos futuros.

REFERÊNCIAS

AGYARKO-MINTAH, E.; COWIE, A.; SINGH, B. P.; JOSEPH, S.; VAN ZWIETEN, L.; COWIE, A.; SMILLIE, R. Biochar increases nitrogen retention and lowers greenhouse gas emissions when added to composting poultry litter. **Waste Management**, v. 61, p. 138-149, 2017a.

AGYARKO-MINTAH, E.; COWIE, A.; VAN ZWIETEN, L.; SING, B. P.; SMILLIE, R.; HARDEN, S.; FORNASIER, F. Biochar lowers ammonia emission and improves nitrogen retention in poultry litter composting. **Waste Management**, v. 61, p. 129-137, 2017b.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 21th ed. Washington: American Water Works Association. 1.368 p. 2005.

AWASTHI, M. K.; WANG, Q.; REN, X.; ZHAO, J.; HUANG, H.; AWASTHI, S. K.; ZHANG, Z. Role of biochar amendment in mitigation of nitrogen loss and greenhouse gas emission during sewage sludge composting. **Bioresource technology**, v. 219, p. 270-280, 2016.

BRYNDUM, S.; MUSCHLER, R.; NIGUSSIE, A.; MAGID, J.; NEERGAARD, A. Reduced turning frequency and delayed poultry manure addition reduces N loss from sugarcane compost. **Waste Management**, v. 65, p. 169-177, 2017.

CAO, Y.; WANG, X.; BAI, Z.; CHADWICK, D.; MISSELBROOK, T.; SOMMER, S. G.; QIN, W.; MA, L. Mitigation of ammonia, nitrous oxide and methane emissions during solid waste composting with different additives: A meta-analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 235, p. 626-635, 2019.

CHEN, W.; LIAO, X.; WU, Y.; LIANG, J. B.; MI, J.; HUANG, J.; WANG, Y. Effects of different types of biochar on methane and ammonia mitigation during layer manure composting. **Waste Management**, v. 61, p. 506-515, 2017.

COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; OLIBONE, D.; RÖDER, C.; BURIN, A.; KAUFMANN, A. V.; ORTOLAN, M. L. Efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaça de aves. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 25, n.2, p. 549-556, 2005.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos** - INCT - Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema, 214p. 2012.

DIAS, A. M. D. F.; ORRICO, A. C. A.; VILELA, R. N. S.; SCHWINGEL, A. W.; OLIVEIRA, O. D.; AVILA, M. ORRICO JUNIOR, M. A. P.; MACHADO, J. F. Carbon and nitrogen reductions in composting windrows formed by organic residues. **Congresso Brasileiro de Zootecnia**, Goiania, GO, 2018.

DIAS, B. O.; SILVA, C. A.; HIGASHIKAWA, F. S.; ROIG, A.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: effect on organic matter degradation and humification. **Bioresource technology**, 101(4), p. 1239-1246, 2010.

EMBRAPA. Guia Clima. 2019. Acesso em: 07/10/2019. Disponível em: <https://clima.cpao.embrapa.br/?lc=site/banco-dados/construtor-basico>.

FEHMBERGER, C.; SANTOS, F. T.; 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**, 251, 119739. 2020.

GOMES, R. C.; FEIJÓ, G. L. D.; CHIARI, L. **Evolução e Qualidade da Pecuária Brasileira**. Embrapa Gado de Corte, 2017.

JANCZAK, D.; MALÍNSKA, K.; CZEKALA, W.; CÁCERES, R.; LEWICK, A.; DACH, J. Biochar to reduce ammonia emissions in gaseous and liquid phase during composting of poultry manure with wheat straw. **Waste Management**, v. 66, p. 36-45, 2017.

LIMA, L. M.; DOS SANTOS, J. P.; CASAGRANDE, D. R.; ÁVILA, C. L. S.; LARA, M. S.; BERNARDES, T. F. Lining bunker walls with oxygen barrier film reduces nutrient losses in corn silages. **Journal of Dairy Science**, 100(6), p. 4565–4573, 2017.

MALÍNSKA, K.; ZABOCHNICKA-ŚWIĄTEK, M.; DACH, J. Effects of biochar amendment on ammonia emission during composting of sewage sludge. **Ecological Engineering**, v. 71, p. 474-478, 2014.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; FAVA, A. F.; SUNADA, N. S.; SCHWINGEL, A. W.; GARCIA, R. G.; BORQUIS, R. R. A. Crude glycerin in co-composting with laying hen manure reduces N losses. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 5, p. 361-367, 2018a.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; MANARELLI, D. M.; LOPES, W. R. T.; SCHWINGEL, A. W. Estimated reduction in solids during sheep bedding composting as a function of the composition of the organic fractions. **Compost Science & Utilization**, v. 26, n. 2, p. 91-97, 2018b.

PEIXE BR. Anuário Brasileiro da Piscicultura. 2019. Acesso em: 22/10/2019. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/Anuario2019/AnuarioPeixeBR2019.pdf>.

SÁNCHEZ-GARCÍA, M.; ALBURQUERQUE, J. A.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A.; ROIG, A.; CAYUELA, M. L. Biochar accelerates organic matter degradation and enhances N mineralisation during composting of poultry manure without a relevant impact on gas emissions. **Bioresource Technology**, v. 192, p. 272-279, 2015.

SILVA, F. X.; BESSA, M. D. L.; SENA, A.; SAKAMOTO, S. Compostagem segura na utilização de resíduos de pescado com maravalha de pinus e casca de arroz. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas-TO, v. 4, n. 2, p. 24-33, 2018.

SCHWINGEL, A. W. et al. Laying hen manure in anaerobic Co-Digestion with glycerin containing different glycerol and impurity levels. **Journal of Cleaner Production**, v. 215, p. 1437–1444, 2019.

TRAUTMANN, N. M.; KRASNY, M. E. **Composting in the Classroom: Scientific Inquiry for High School Students**. Kendall/Hunt Publishing Company, 1998.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; PEREIRA, H. S; PILOTTO, M. V. T. Compostagem de resíduos da filetagem de pescado marinho e casca de arroz. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.17, n.2, p.237-248 abr./jun., 2016.

VILELA, R. N. S.; ORRICO, A. C.A.; SCHWINGEL, A. W.; AVILA, M. R.; SANTOS, W. S.; OLIVEIRA, J. D.; DIAS, A. M. D. F.; ALVES, G. P. Reduções de sólidos em leiras de compostagem formadas por resíduos de pescado e de abatedouros. **Congresso Brasileiro de Zootecnia**, Goiania, GO, 2018.

VILELA, R. N. S. **Efeitos da aeração e da estação do ano na compostagem dos resíduos orgânicos de abatedouro**. 2019. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2019.

YANG, X-C.; HAN, Z-Z.; RUAN, X-Y.; CHAI, J.; JIANG, S-W.; ZHENG, R. Composting swine carcasses with nitrogen transformation microbial strains: Succession of microbial community and nitrogen functional genes. **Science of the Total Environment**, v. 688, p. 555–566, 2019.

YU, H.; XIE, B.; KHAN, R.; SHEN, G. The changes in carbon, nitrogen components and humic substances during organic-inorganic aerobic co-composting. **Bioresource technology**, v. 271, p. 228-235, 2019.

CAPÍTULO 3 - Uso do biocarvão e glicerina bruta como aditivos para a redução de perdas de N durante a compostagem dos descartes de abatedouro em leiras estáticas aeradas

RESUMO

Um dos desafios na compostagem é a retenção de nitrogênio, necessitando de meios para que este não seja perdido e nem diminua o valor agregado do produto final. Assim, diferentes aditivos vêm sendo testado para este fim, sendo que o biocarvão e a glicerina bruta têm mostrado eficiência. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de biocarvão e glicerina bruta na redução das perdas de nitrogênio durante a compostagem de resíduos de abatedouro de bovinos e suínos sob areação forçada em leiras estáticas. Dos resíduos do abate de bovinos e suínos foi feita uma mistura e esta foi associada com volumoso (palha) na proporção de 3:1 de massa. Os dois aditivos foram inclusos nas doses de 5 e 10% da massa fresca. Foi adotado delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (sem adição, 5 e 10% de biocarvão e 5 e 10% de glicerina bruta) e 20 repetições. As repetições foram formadas por bolsas de TNT com capacidade em torno de 1kg de substrato, sendo estas preparadas com as misturas que representam os tratamentos, então acondicionadas no interior de leiras estáticas, entre camada de resíduo e volumoso. A aeração foi feita com cano de PVC com fluxo de $0,6 \text{ L.min}^{-1}$. Nos primeiros 20 dias foram avaliadas as perdas de N, de quatro em quatro dias. Foram realizadas aferições de temperatura diariamente. Aos 50 e 70 dias foram feitos revolvimentos e aos 90 dias encerrou-se o experimento. Em cada revolvimento e ao final do processo, coletaram-se amostras para determinação dos teores de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), N, hemicelulose, celulose e lignina. Ao final do processo, a maior redução de ST foi observada no tratamento em que se adicionou 5% de biocarvão (64,70%). As maiores inclusões para ambos os aditivos foram as que apresentaram menores reduções de ST, com média de 51%. Para as reduções de SV, a inclusão de 5% de ambos os aditivos, proporcionou os maiores valores, 67,02% para biocarvão e 68,31% para glicerina. Os aditivos mostraram-se eficientes em promover redução nas perdas de N, pois ao final dos 20 primeiros dias a não inclusão de aditivos ocasionou a maior perda (47,01%), enquanto 10% de biocarvão foi a menor (22,82%). Ao final dos 90 dias, o tratamento controle apresentou maior perda (54,70%) de N e a adição de 10% de biocarvão, a menor (27,32%). Os teores iniciais de hemicelulose foram próximos, com média de 22,84%, e ao final, os menores teores foram observados para as adições de biocarvão, com média de 10,82%. Para celulose, as inclusões de biocarvão ocasionaram maiores teores iniciais, principalmente em 10% de biocarvão (14,31%), porém, ao final este também apresentou maiores reduções terminando com (12,08%). Para a inclusão de glicerina observou-se concentração em relação aos valores iniciais. A adição de biocarvão também resultou em maior teor inicial de lignina, principalmente 10% de biocarvão (10,53%), mesmo assim, resultou em maior decréscimo desse teor, terminando com 8,90%. Conclui-se que os aditivos testados foram eficientes em reter nitrogênio do início ao fim da compostagem, sendo que a adição de 10% de adição de biocarvão proporcionou a maior retenção.

Palavras-chave: aeração forçada, mitigação, pirólise, resíduo animal.

ABSTRACT

One of the challenges in composting is the retention of nitrogen, requiring means so that it is not lost and doesn't decrease the added value of the final product. Thus, different additives have been tested for this purpose, and biochar and crude glycerin have shown efficiency. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of the addition of biochar and crude glycerin in the reduction of nitrogen losses during the composting of cattle and pig slaughterhouse residues under forced sanding in static windrows. A mixture of bovine and swine slaughter residues was made and this was associated with roughage (straw) in the proportion of 3:1 of mass. The two additives were included in the doses of 5 and 10% of the fresh mass. A completely randomized design was adopted, with five treatments (without addition, 5 and 10% biochar and 5 and 10% crude glycerin) and 20 repetitions. The repetitions were formed by TNT bags with a capacity of around 1 kg of substrate, these being prepared with the mixtures that represent the treatments, then packed inside static windrows, between the residue and bulky layer. Aeration was performed with a PVC pipe with a flow of 0.6 L.min⁻¹. In the first 20 days, N losses were evaluated every four days. Temperature measurements were performed daily. At 50 and 70 days, rotations were made and at 90 days the experiment was ended. At each turn and at the end of the process, samples were collected to determine the levels of total solids (TS) and volatiles (VS), N, hemicellulose, cellulose and lignin. At the end of the process, the greatest reduction in TS was observed in the treatment in which 5% biochar was added (64.70%). The highest inclusions for both additives were those with the lowest TS reductions, with an average of 51%. For SV reductions, the inclusion of 5% of both additives, provided the highest values, 67.02% for biochar and 68.31% for glycerin. The additives proved to be efficient in promoting a reduction in N losses, since at the end of the first 20 days, the non-inclusion of additives caused the greatest loss (47.01%), while 10% of biochar was the lowest (22.82%). At the end of the 90 days, the control treatment showed the greatest loss (54.70%) of N and the addition of 10% of biochar, the lowest (27.32%). The initial levels of hemicellulose were close, with an average of 22.84%, and at the end, the lowest levels were observed for biochar additions, with an average of 10.82%. For cellulose, the inclusions of biochar caused higher initial contents, mainly in 10% of biochar (14.31%), however, in the end it also presented greater reductions ending with (12.08%). For the inclusion of glycerin, concentration was observed in relation to the initial values. The addition of biochar also resulted in a higher initial lignin content, mainly 10% of biochar (10.53%), even so, it resulted in a greater decrease of this content, ending with 8.90%. It was concluded that the tested additives were efficient in retaining nitrogen from the beginning to the end of the composting, and the addition of 10% of addition of biochar provided the greatest retention.

Key-words: animal waste, forced aeration, mitigation, pyrolysis.

INTRODUÇÃO

A grande quantidade de resíduos gerados na produção animal, pode implicar em sérios problemas ambientais, visto que, principalmente em descartes cárneos com elevada matéria orgânica, há alta capacidade poluidora se despejados de forma inadequada, podendo comprometer a ecossistema aquático por reduzir o O₂ dissolvido na água (SANTOS et al., 2014).

Sendo o Brasil um país onde o agronegócio é uma das principais atividades econômicas, meios para a destinação de resíduos de frigoríficos são deveras importante. Considerando o ano de 2018, mais de 13 milhões de carcaças, entre bovinos e suínos foram produzidas (ABIEC, 2019; ABPA, 2019), contudo, cerca de 38 e 20% de bovino e suíno, respectivamente, considerando 100 kg desses animais abatidos, são descartes de natureza líquida ou sólida (ABRA, 2014).

A compostagem é um meio ambientalmente correto para destinação final de resíduos orgânicos, segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010), pois reduz o volume de sólidos, eliminando microrganismos patogênicos, além de agregar valor ao que seria dado como lixo, por gerar adubo orgânico de qualidade com nutrientes e minerais necessário para crescimento de vegetais.

Entretanto, a perda de N pela volatilização da amônia é uma das formas mais comuns de redução desse nutriente. As perdas ocorrerem pelas altas temperaturas alcançadas e pelo aumento do pH, sendo algo indesejado por tornar o composto final de menor qualidade agrônômica. Logo, a retenção de nitrogênio é uma solução para um eficiente reciclagem de nutrientes (ORRICO JUNIOR et al., 2018). Assim, a utilização de aditivos químicos e físicos vem ganhando espaço não somente para reter N, mas para diminuir emissões de gases de efeito estufa prejudiciais ao meio ambiente (CAO et al., 2019)

O biocarvão, obtido a partir da pirólise de materiais orgânicos, vem demonstrando eficiência na preservação de N na compostagem. AGYARKO-MINTAH et al. (2017) relatam a influência da grande área superficial e alta porosidade do biocarvão no aprisionamento de gases, conseguindo alcançar 17% a mais de retenção de N na compostagem de dejetos de aves. Assim como o biocarvão, a glicerina bruta, resíduo da produção de biodiesel, pode ser empregada à compostagem por contribuir com C lábil

para eficiente utilização pelos microrganismos. ORRICO JUNIOR et al. (2018) ao adicionarem 6% de glicerina bruta a dejetos de poedeiras, observaram maior redução de sólidos e 32% mais retenção de N quando comparada a não adição. Já FEHMBERGER et al. (2020) não observaram diferença em reduções de sólidos e nem em teores de N a final do processo.

Mesmo com os teores de nutrientes ajustados, se outros fatores não estiverem dentro dos limites ótimos, a compostagem pode ser prejudicada e não ser finalizada com bons resultados, é o caso da aeração, o mal suprimento de oxigênio gera sítios anaeróbios, produzindo gases ainda mais indesejáveis como CH_4 (VALENTE et al., 2009). Porém, resíduos como os de abatedouro merecem um cuidado especial ao serem manipulados, por oferecerem risco a saúde de quem os manipula, podendo ser indicado leiras estáticas. Com isso, VILELA (2019) avaliou a eficiência de leiras estáticas com areação forçada de ar para resíduos de abatedouro de ruminantes, observando perdas elevadas de N no verão, de 84,6 e 79,2% para aeração e sem aeração, respectivamente.

Assim, o objetivo deste trabalho foi utilizar resíduos de abatedouro de bovinos e suínos em compostagem com biocarvão ou glicerina bruta com intuito de reter N em leiras estáticas aeradas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área de Manejo de Resíduos Agropecuários da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados - MS, entre novembro de 2018 a fevereiro de 2019, na estação de verão com duração de 90 dias. A temperatura máxima e mínima média nesse período do ano foram 32°C e 21°C, respectivamente (Embrapa, 2019) e segundo a classificação de Köppen o clima anual é mesotérmico úmido tipo Cwa com precipitação entre 1250 e 1500mm.

Este trabalho foi planejado com base no estudo prévio realizado por VILELA (2019) ao compostar os resíduos da filetagem de pescado e de abatedouros de ruminantes em pilhas estáticas, aeradas ou não, com o objetivo de verificar em quais condições de aeração ocorreriam as maiores perdas de N, e na sequência, realizar o presente estudo utilizando os aditivos na condição onde as perdas de N fossem maiores. Como os resultados de VILELA (2019) indicaram influência da aeração sobre as perdas de N na compostagem dos resíduos de abatedouros, optou-se por realizar a compostagem em pilhas estáticas com uso da aeração forçada.

O resíduo de pescado foi doado por empresa frigorífica autorizada localizada em um município próximo a Dourados. A palha foi disponibilizada pela Fazenda Escola da UFGD e a glicerina bruta doada por empresa de produção de biodiesel localizada na região de Dourados. Já o biocarvão foi produzido na própria UFGD, adotando como matéria-prima a maravalha de eucalipto.

Para condução do experimento foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, constando de 5 tratamentos compostos pelo controle (0% de aditivo), adição de 5 e 10% de biocarvão e 5 e 10% de glicerina bruta e 20 repetições. As adições de biocarvão e glicerina bruta foram em relação a massa fresca de resíduo e as repetições experimentais foram acondicionadas em bolsas de TNT (tecido não tecido) pré-confeccionadas, onde foram colocadas as misturas dos tratamentos experimentais, para serem incubadas no interior de leiras estáticas. A técnica utilizada para incubação das bolsas em compostagem, no interior das pilhas foi baseada no trabalho desenvolvido por LIMA et al. (2017).

O resíduo da filetagem de pescado foi composto por: cabeça, espinhas, escamas, pele, vísceras e filés, principalmente, sendo este material associado a um agente volumoso

(palha) na proporção de 3:1, com base na massa *in natura*. Para a formação das unidades experimentais (bolsas) e também das leiras, as proporções foram as mesmas, sendo que os aditivos somente foram adicionados nas bolsas, seguindo as doses já descritas. As leiras foram formadas para proporcionar um ambiente de melhor desenvolvimento da atividade microbiana, e assim permitir que as bolsas estivessem em contato e expostas a este meio. A caracterização dos resíduos utilizados na formação das leiras e das bolsas está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3: Caracterização inicial dos resíduos utilizados para a compostagem de abatedouro.

Resíduos	C (%)	N (%)	ST (%)	SV (%)	EE (%)
Abatedouro	39,90	1,97	45,33	94,77	23,35
Feno	40,79	0,60	90,00	94,53	0,60

ST= sólidos totais, SV= sólidos voláteis, EE= extrato etéreo

As leiras foram formadas em camadas, respeitando a proporção resíduo:volumoso adotada. Em cada camada foram adicionadas 5 bolsas, sendo cada uma correspondente a um tratamento experimental, objetivando assim retirar o efeito de favorecimento ou não, em relação ao posicionamento das bolsas em diferentes pontos das leiras. Sendo assim, para a incubação das 20 bolsas que compuseram as unidades experimentais de cada um dos tratamentos, foram constituídas 20 camadas (cada camada com bolsas+resíduo+palha) divididas em 5 leiras, já que a altura de formação de cada leira limitava em 4 camadas. A representação das leiras de campo e das bolsas incubadas em seu interior está nas Figuras 10 e 11.

As bolsas experimentais foram confeccionadas em TNT com capacidade para conter em média 1,0 kg de material fresco. As misturas contendo as proporções de resíduo, palha e aditivo (com exceção do grupo controle) foram preparadas previamente e então colocadas nas bolsas (identificadas por cores, segundo os diferentes tratamentos), que foram acomodadas entre as camadas das leiras estáticas. As leiras possuíam 120x58 cm e 1m de altura, com capacidade para compostar em média, 200 kg de material *in natura*, sendo construídas por madeiras vazadas, que permitiram maior circulação de ar atmosférico entre as camadas e foram sucintamente descritas por VILELA (2019).

Para a aeração das leiras, foram inseridos tubos de PVC com diâmetro de 50 mm entre as camadas de resíduos formadas, sendo estes canos perfurados ao longo do

comprimento para que pudessem conduzir a aeração por todo perfil da leira. Estes canos foram distribuídos na horizontal, acompanhando a profundidade da célula, com distância de 25 cm da base para o primeiro cano e 55 cm da base para o segundo cano, sendo estes dois canos interligados na parte frontal da composteira em uma única entrada, que foi acoplada a um motor tipo soprador de ar, permitindo a injeção de ar por 15 minutos diários com fluxo médio de $0,6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$.



Figura 10 Leiras estáticas construídas de paletes e canos de PVC acoplados para aeração.

Figura 11: Saco pronto para ser incubado.

O período total de compostagem foi de 90 dias, ocorrendo o primeiro revolvimento aos 50 e o segundo aos 70 dias do processo, sendo que para o revolvimento, todo o material do interior da leira foi retirado e acondicionado sobre lona plástica para homogeneização e adequação do teor de umidade, e posteriormente devolvido à composteira. A temperatura no interior de cada leira foi mensurada diariamente com auxílio de termômetro do tipo espeto em 10 pontos distintos e distribuídos aleatoriamente entre a base, o centro e o topo da leira para compor dessa maneira a média da temperatura.

Nos primeiros 20 dias foram realizadas coletas parciais para estimativa das perdas de massa e de N, onde foi escolhida a camada mais superficial em 3 diferentes leiras, havendo o mínimo de contato entre manipulador e material ainda fresco. As coletas foram realizadas a cada 4 dias, totalizando assim 5 medições, nas quais foram retiradas 3 bolsas de cada tratamento, que foram pesadas e tiveram seu conteúdo exposto para a coleta de amostra. Após a coleta, o material restante foi acondicionado novamente na bolsa e esta

retornou para o interior da leira, de onde havia sido retirada. Em cada amostragem era retirado aproximadamente 30 gramas de material fresco, cuidando-se para que não fosse reduzida drasticamente a quantidade de material em degradação dentro das bolsas utilizadas para amostragem. Com as amostras coletadas nesta etapa foram determinados os teores de sólidos totais (ST) e nitrogênio (N) total.

Nos revolvimentos de 50, 70 e 90 dias foram coletadas amostras para avaliação da degradação dos constituintes orgânicos. Durante os 90 dias de compostagem foram avaliadas as condições de umidade das leiras, elegendo-se aleatoriamente pontos para a coleta de amostras no perfil, e determinando os ST, para que fossem acrescentadas pequenas quantidades de água (evitando assim a formação de chorume) e se mantivesse a umidade dentro da faixa considerada ideal de 40 a 60%. A compostagem foi finalizada quando as temperaturas das leiras se mantiveram na condição do ambiente, as degradações de sólidos se estabilizaram e os teores de carbono (C) mantiveram as concentrações constantes, sendo então as bolsas pesadas, homogeneizadas e amostradas para a caracterização final do composto.

No material inicial, 50, 70 e 90 dias de compostagem foram determinados os ST, sólidos voláteis (SV), pH, hemicelulose, celulose e lignina, C e N.

A análise dos teores de ST, SV e pH, foram de acordo com APHA (2005). Para hemicelulose, celulose e lignina, foram utilizadas metodologias descritas por DETMANN et al. (2012). Os conteúdos de carbono e nitrogênio foram determinados por meio do analisador Elementar modelo VARIO MACRO.

Os resultados foram submetidos à análise de variância considerando-se como fontes de variação em cada um dos resíduos orgânicos: o uso ou não de aditivos (considerando as doses empregadas) e os tempos de compostagem e ainda, a interação dos mesmos, testados à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, utilizando o pacote computacional R (versão 3.1.0 for Windows).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comportamento da temperatura durante a compostagem

As médias de temperatura durante o período experimental estão apresentadas na Figura 12. Mesmo não havendo inclusão dos aditivos nas leiras, a temperatura é um bom parâmetro para observar se o processo está ocorrendo de forma adequada e essencial para a sanitização dos substratos utilizados durante a compostagem, principalmente para este tipo de resíduo que foi utilizado. Observa-se a rápida elevação de temperatura para fase termofílica a partir do segundo dia, permanecendo nessa faixa por 22 dias consecutivos, onde quase todos esses dias foram marcados por temperaturas acima dos 50°C, podendo ser inferido que houve uma sanitização adequada, pois temperaturas acima de 50°C por três dias podem ser o suficiente para destruir a grande maioria de patógenos (BRYNDUM et al., 2017). Esse resultado foi muito semelhante às temperaturas na compostagem feita por VILELA (2019), com resíduos de abatedouro em leiras estáticas com aeração ou não, porém, as leiras sem aeração alcançaram temperaturas mais altas que as aeradas antes dos revolvimentos, e após, houve comportamento inverso, com temperaturas mais elevadas nas leiras com aeração.

Com os revolvimentos de 50 e 70 dias nota-se o novo aumento de temperatura, chegando a maiores temperaturas com 74 e 74,7° para os respectivos dias. Os revolvimentos proporcionaram uma melhor homogeneização dentro das leiras, em que resíduos que estariam em locais menos favoráveis foram realocados para o centro da composteira podendo ser degradados de maneira mais eficiente. Contudo, um fator de extrema importância foi a efetiva adição de água, pois a umidade é imprescindível para a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos, podendo inibir essa atividade se abaixo de 30% (VALENTE et al., 2009), assim como ocorreu com PAIVA et al. (2013), ao compostar carcaças de frango em leira aeradas, onde ocorreu alguns picos depois da correção da umidade. O alcance de altas temperaturas apresenta importância também para a degradação dos constituintes de mais difícil degradação, pois o material volumoso degrada mais lentamente que o resíduo de abatedouro, já este, ajudou na elevação de temperatura favorecendo crescimento de actinomicetos, bactérias e fungos termofílicos, principais consumidores de fibras (SUNADA et al., 2015).

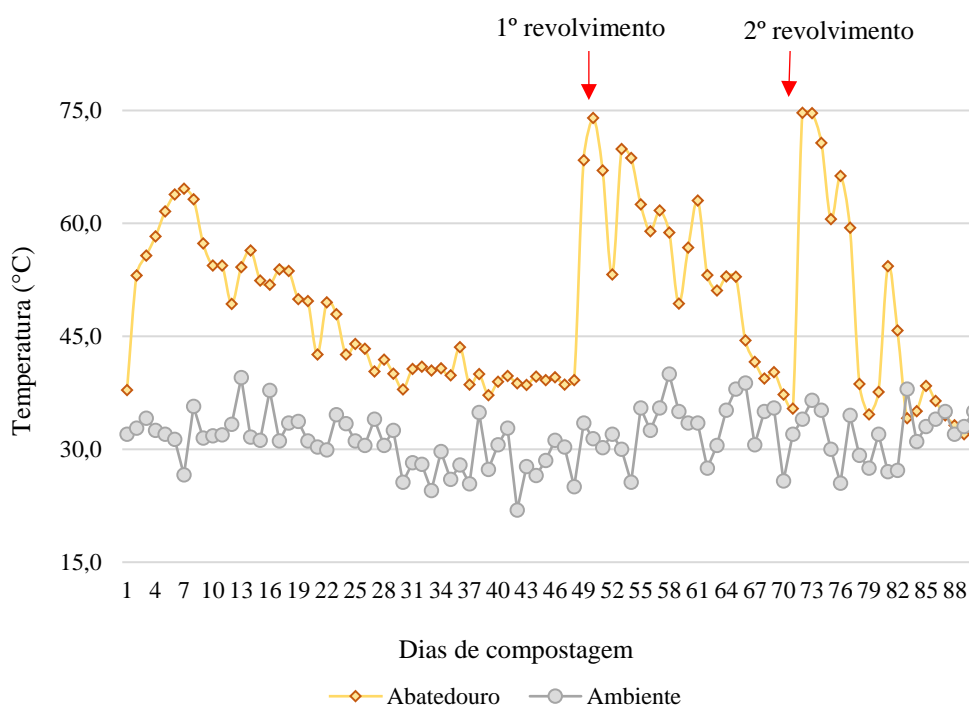


Figura 12: Médias de temperatura das leiras de resíduos de abatedouro ao longo dos 90 dias de compostagem.

Reduções de sólidos totais e sólidos voláteis

Em quase todas as condições avaliadas, as reduções de sólidos totais e voláteis foram crescentes conforme o avançar do tempo de compostagem, sendo um comportamento esperado devido a degradação dos sólidos. Para ST e SV as menores reduções foram aos 50 dias, seguidas de aumento aos 70 e 90 dias (Tabela 4), exceto para a o uso de 5% de glicerina, que não apresentou diferença na redução de ST de 50 para 70 dias. Porém, esse resultado pode estar mais ligado a parte de resíduo de abatedouro que compunha as repetições (bolsas) do que propriamente o aditivo, pois aos 50 dias, este tratamento foi o que apresentou maior redução de ST (32,12%).

A inclusão de aditivos influenciou também as degradações de ST ($p < 0,05$) nos outros dias analisados. Aos 70 dias o maior valor encontrados foi para o controle, e ao final do processo, aos 90 dias as maiores reduções ocorreram nas misturas que receberam 5% de inclusão de biocarvão (64,07%). Contudo, ao final de 90 dias, as maiores inclusões em ambos os aditivos foram as que apresentaram menores reduções entre as condições

testadas. Como biocarvão possui alta concentração de carbono de mais difícil acesso aos microrganismos pela sua natureza inerte (DIAS et al., 2010), em maior inclusão também adicionou mais sólidos e resultou em menor redução, assim também como a glicerina, porém como a glicerina é líquida, ela pode criar aglomerados formando sítios anaeróbios que dificultam o fluxo de oxigênio e logo a degradação de massa pelos microrganismos (ORRICO JUNIOR et al., 2018). Mesmo assim, essas condições ainda terminaram com alta porcentagem de degradação, visto que, a composição dos resíduos utilizados (Tabela 1) possuíam elevadas concentrações de SV e EE (extrato etéreo), que são constituintes facilmente consumidos pelos microrganismos.

As reduções de sólidos voláteis (Tabela 4) apresentaram comportamento similar aos ST, crescendo no decorrer do processo. Pode ser observado que as reduções de 90 dias têm valores bem maiores que 70 dias, pode ser pelo fato de ainda conterem bastante material orgânico para serem consumidos, necessitando de mais esse tempo para degradação e maturação. Aos 50 dias, assim como em ST, a maior redução de SV foi com a adição de 5% de glicerina (34,16%) e também em 70 dias com 49,71%. Já na última coleta aos 90 dias, 5% de glicerina foi semelhante a 5% na inclusão de biocarvão (68,31 e 67,02%, respectivamente). Os demais tratamentos não diferiram entre si ($p > 0,05$). O tratamento controle terminou com uma redução de 62,03%, resultado próximo do relatado por VILELA, (2019), que ao final dos 90 dias de compostagem de resíduos de abatedouro bovino, não observou diferença na redução de voláteis com 65,8 e 69,9% para com e sem aeração, respectivamente, resultado muito próximos com o ocorrido neste trabalho.

Mesmo aparentando alta redução de SV, as massas com a inclusão de 10% glicerina continham muito mais substratos ao final da compostagem que as outras inclusões de aditivos. Isso pode ter ocorrido que pela maior adição de lipídios na massa, ocasionando um ambiente não favorável aos microrganismos, além do que, o excesso de EE pode formar uma barreira dificultando o acesso dos microrganismos à matéria orgânica (SCHWINGEL et al., 2019). FEHMBERGER et al. (2020) ao compostarem resíduos da produção de aves (incubatório, cama de frango e lodo) com adição de até 6% de glicerina bruta, observaram que as reduções de massa ficaram em média 34,71%, somente o volume reduzido foi prejudicado com a maior inclusão de glicerina com redução de 26,85%. Já ORRICO JUNIOR et al. (2018) obtiveram êxito ao incluir 6% de glicerina bruta à dejetos de aves, pois assim alcançou reduções acima de 60% e associado a mitigação das perdas de N.

Em CHEN et al. (2017) a inclusão de 10% de biocarvão de diferentes matérias primas melhoraram a redução de matéria orgânica em relação à não adição, exceto para biocarvão feito de dejetos e turfa. Já em SÁNCHEZ-GARCÍA et al. (2015), a inclusão de apenas 3% de biocarvão já mostrou eficiência com rápida degradação de matéria orgânica, estabilização e sanitização dos substratos.

Tabela 4: Reduções de sólidos totais (ST) e voláteis (SV) durante compostagem de resíduo de abatedouro utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivos.

Dias	Controle	Bio5%	Bio10%	Gli5%	Gli10%
	ST*(g)				
Inicial	522,09	543,19	504,22	537,40	510,01
50	405,45	401,35	419,91	364,77	406,05
70	292,61	338,30	343,65	357,13	372,66
90	213,17	195,19	251,27	212,76	245,61
Redução de ST (%)					
50	22,34Cc	26,11Cb	16,72Cd	32,12Ba	20,38Cc
70	43,95Ba	37,72Bb	31,84Bc	33,55Bc	26,93Bd
90	59,17Ab	64,07Aa	50,17Ac	60,41Ab	51,84Ac
Redução de SV (%)					
50	27,93Cc	30,47Cb	22,38Cd	34,16Ca	24,70Cd
70	46,58Bb	45,55Bb	45,68Bb	49,61Ba	34,00Bc
90	62,03Ab	67,02Aa	58,33Ab	68,31Aa	59,83Ab

*Massa média de ST contida na bolsa de incubação.

Letras maiúsculas, na coluna, evidenciam diferença ($p < 0,05$) entre os dias de compostagem e minúsculas, na linha, diferença ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

Perdas iniciais e finais de nitrogênio e teores ao longo da compostagem

As perdas de N aconteceram grande parte nos primeiros dias de compostagem e principalmente nos quatro dias iniciais (Figura 13). Há grandes condições para perdas nos primeiros dias, pois com a grande disponibilidade de nutrientes ao ataque microbiano e logo o rápido aumento de temperatura, gera meio favorável para a volatilização em forma de NH_3 , principalmente em condições de pH alcalino, e as perdas serão reduzidas a medida que a matéria orgânica de mais fácil degradação vai sendo consumida (CHEN et al., 2017). As maiores perdas de N foram observadas nos primeiros quatro dias, exceto

no tratamento em que se adicionou 10% de biocarvão, situação em que se observou a maior perda no oitavo dia, porém não diferindo dos outros tratamentos, assim como ao decorrer dos 20 dias, pois todas as condições testadas não diferiram entre si.

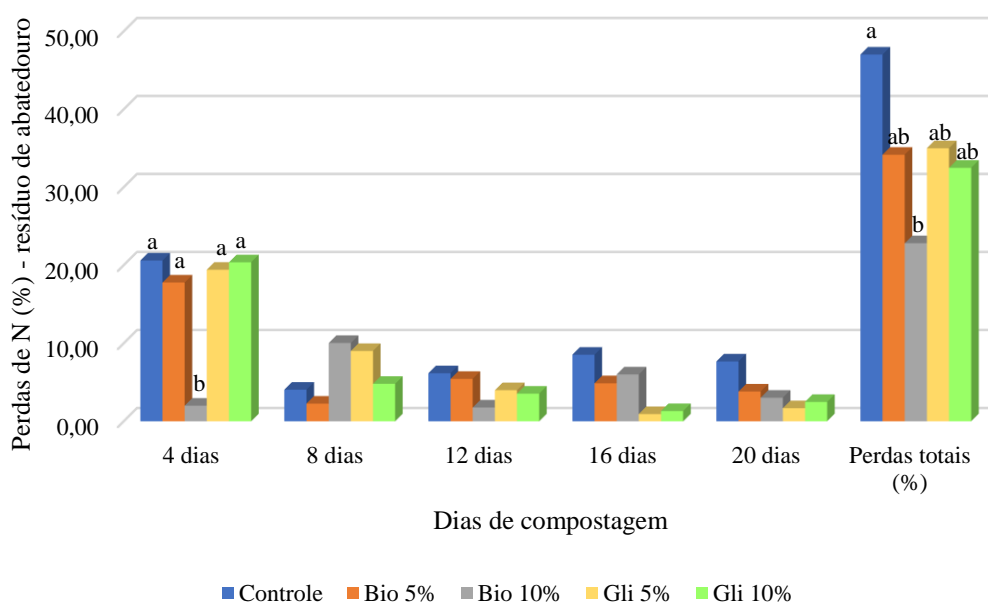


Figura 13: Reduções de N (%) nos primeiros dias de compostagem do resíduo de abatedouro utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo. Colunas com letras distintas, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Mesmo com as variações, ao final dos primeiros 20 dias, a redução total foi maior para a condição sem inclusão de aditivos (47,53% de perdas), porém sendo semelhante às inclusões de aditivos, somente em biocarvão 10% houve diferença do controle, com 22,82%. Assim como o apresentado, CHOWDHURY et al. (2014) também relatam maiores perdas de nitrogênio até os 10 dias de compostagem, observando formação de NH_3 e N_2O . Porém foi adicionado biocarvão em compostagem com dejetos de aves e aeração forçada, apresentando perdas significativamente menores com a adição de biocarvão em baixos fluxos de aeração, onde consideraram $0,22 \text{ L min}^{-1}$. Em JANCZAK et al. (2017), as inclusões 5% e 10% de biocarvão à compostagem de dejetos de aves e palha de aveia, reduziram em 30 e 40% as emissões de amônia que ocorreram até o quinto dia, após esse período as emissões foram mínimas.

Assim como nos autores já citados, foi possível observar a influência dos aditivos utilizados para conseguir reter nitrogênio no período mais sensível a perdas. Mesmo o biocarvão apresentando carbono recalcitrante para o ataque microbiano, ele pode sofrer modificação durante a compostagem devido alta temperatura e intensa ação de microrganismos, fazendo com que principalmente mudanças na sua área superficial e tornando-a mais reativa com mais capacidade de adsorção de compostos derivados da compostagem (SANCHEZ-MONEDERO et al., 2018). A glicerina bruta nesse primeiro momento mostrou efetividade na redução de perdas de N, pois apresenta carbono mais facilmente degradado pelos microrganismos. Por essa razão, contribuiu para menores perdas nessa fase, podendo ser uma importante ferramenta para a degradação de resíduos da produção animal, principalmente aqueles com maior teor de N, como relatado por ORRICO JUNIOR et al. (2018), porém também vai depender dos níveis lipídicos contidos na glicerina.

Ao final do processo de compostagem, pode ser observado que independentemente do nível de inclusão dos aditivos, estes apresentaram efeito benéfico para a redução das perdas de N (Figura 14). No trabalho de VILELA (2019) foram compostados resíduos de abatedouro com o uso de aeração forçada em pilhas estáticas e sem o uso de aditivos. No referido trabalho, as perdas de N ao final de 90 dias de compostagem alcançaram 83% em relação ao valor inicial deste nutriente, representando também redução acentuada e consequente depreciação do composto. Contudo, para o tratamento sem a inclusão de aditivos aqui apresentado, a perda de N foi muito inferior do que o relatado pela autora, 54,70% de redução em relação ao conteúdo inicial. Apesar de ambos trabalhos utilizarem resíduo de abatedouro, podem ter sido compostados diferentes componentes de descarte. RASAPOOR et al. (2016) estudando quatro formas para aeração de resíduos sólidos municipais em larga escala, afirmam que as pilhas revolvidas de forma convencional liberaram mais nitrogênio em forma de gás, pois o oxigênio estaria mais acessível para os microrganismos aeróbios, favorecendo sua atividade, além da maior evaporação de água.

Os resultados indicam que a inclusão de biocarvão e glicerina bruta nas concentrações a partir de 5% são eficazes para reduzir as perdas de N em relação a condição sem o uso de aditivo (Figura 14). No entanto, a inclusão de 10% de biocarvão foi ainda mais eficiente na retenção de N, reduzindo 27,32%, mesmo com a aeração. A capacidade do biocarvão em absorver gases devido a sua grande porosidade e área de

superfície, pode ser evidenciado também em CHOWDHURY et al. (2014), pois na compostagem de dejetos de aves com a adição de biocarvão, em condição de alto fluxo (AF) e baixo fluxo (BF) de aeração, esses autores relataram a melhoria de 27 e 32% a menos de CO₂-eq emitido em AF e BF, respectivamente, ao utilizar o biocarvão além dos agentes de volumes comumente utilizados.

Já a glicerina bruta, também mostrou sua eficiência em reter nitrogênio, com menor perda para os 10% de inclusão. Os resultados de ORRICO JUNIOR et al. (2018) mostraram que a associação de glicerina bruta com dejetos de aves resultou num produto de melhor qualidade devido à menor perda de nitrogênio sendo acentuada conforme o aumento de inclusão de glicerina, com 30% a menos de perdas para a máxima inclusão (12%) em relação à sem adição de glicerina. Desta forma, o incentivo ao uso de aditivos para promover a retenção de N durante a compostagem é necessário.

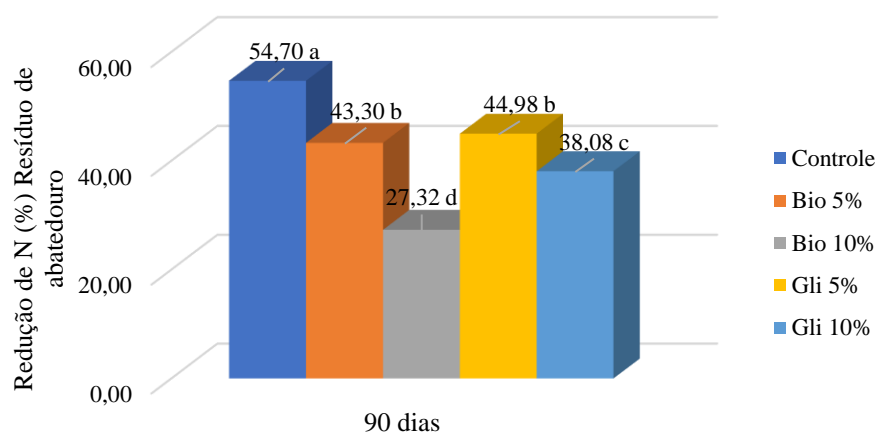


Figura 14: Reduções de N (%) ao final da compostagem do resíduo de abatedouro utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivo. Colunas com letras distintas, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Os teores de N presentes nos substratos estão apresentados na Figura 15. Pode-se observar oscilações durante o período de compostagem, que pode estar relacionado com as perdas de massa durante o processo. Porém, ao final houve um aumento desse teor, (1,88 e 1,99% no início), terminando entre 2,57 e 3,09%, sendo um comportamento desejado. Os teores finais obtiveram valores bem próximos em todos os tratamentos,

somente em biocarvão a 10% terminou um pouco abaixo. RASAPOOR et al. (2016) utilizando quatro métodos de aeração para sólidos municipais, também observaram uma concentração de N ao final do processo, porém principalmente nas leiras aeradas. Esse aumento nos teores de N conforme o decorrer do processo está relacionado à volatilização de compostos orgânicos.

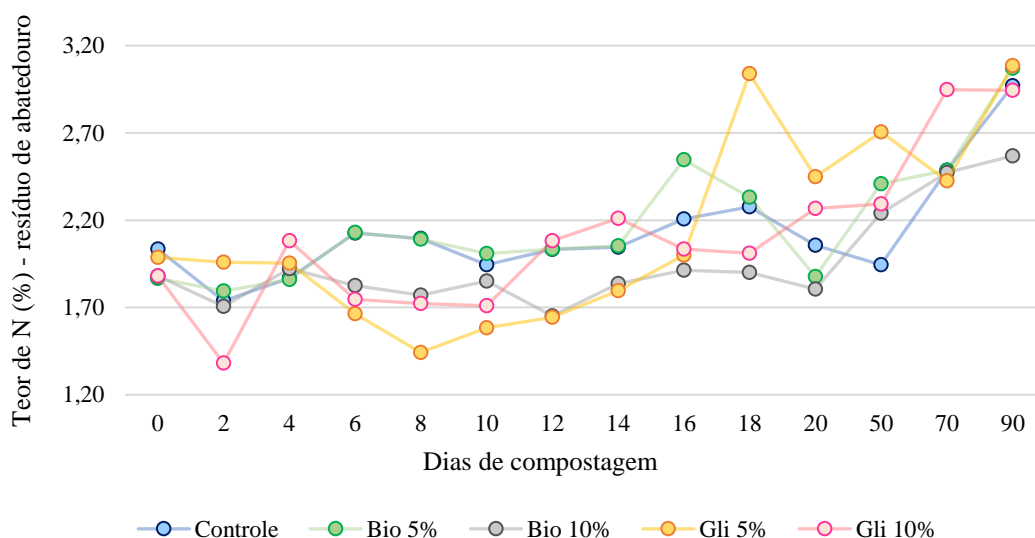


Figura 15: Teor de N (%) na compostagem de resíduo de abatedouro utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivos.

Com relação aos aditivos, no trabalho conduzido por JANCZAK et al. (2017) adicionando 5 e 10% de biocarvão à compostagem de dejetos de ave e palha de trigo, não observaram concentrações de N ao final do processo, iniciando com 2,6 e 2,4% e terminando com 0,99 e 0,80%. Já em AGYARKO-MINTAH et al. (2017) foi observado um aumento na concentração de N ao utilizar biocarvão preparado a partir de dejetos de aves em compostagem com bagaço de cana e dejetos de aves, iniciando com 3,2 e ao final obteve 3,6%.

Na compostagem realizada por ORRICO JÚNIOR et al. (2018) ao final do período experimental, a inclusão de 6% de glicerina à dejetos de aves beneficiou a concentração desse nutriente elevando de 2,26 para 5,01%, resultados superiores ao encontrados no presente estudo. O nitrogênio é um micronutriente de alta importância para crescimento de plantas e logo também determina a qualidade do composto orgânico produzido, sendo um mecanismo para uma eficiente reciclagem de nutrientes (ORRICO JUNIOR et al.,

2018). Resultado diferente ocorreu em FEHMBERGER et al. (2020), pois não houve diferença nos teores de N independentemente do nível da inclusão de glicerina bruta que foi de 1,5 a 6% do peso inicial dos substratos de resíduos da produção de aves e palha de trigo.

Partições fibrosas

Podemos observar os teores de hemicelulose decrescendo principalmente nos primeiros 20 dias de compostagem (Figura 16). Mesmo sendo um componente da parede celular das plantas, a hemicelulose pode ser primeiro degradada junto com açúcares, lipídeos, ácidos orgânicos e outros compostos mais facilmente consumidos pelos microrganismos num primeiro momento, servindo de substrato para o crescimento destes, e logo contribuindo para a rápida elevação da temperatura (YU et al., 2019). Após estes primeiros dias, a hemicelulose foi decrescendo aos poucos, com decréscimos acentuados nas inclusões de biocarvão.

Para a degradação das partições fibrosas, a presença de fungos é de extrema importância. Mesmo em menor quantidade que as bactérias, e ainda que em condições de muito altas temperaturas sejam menos tolerantes, pois atuam principalmente entre 35-55°C e em com bom suprimento de oxigênio, quando há substratos com alto teor de fibra, esses microrganismos são atuantes durante todo o processo de compostagem, onde além de secretarem enzimas para degradação, suas hifas formam uma rede que envolvem os substratos e ajudam ainda mais a degradação dos constituintes fibrosos, sendo ainda mais necessários em altos teores de celulose e lignina (TRAUTMANN e KRASNY, 1997).

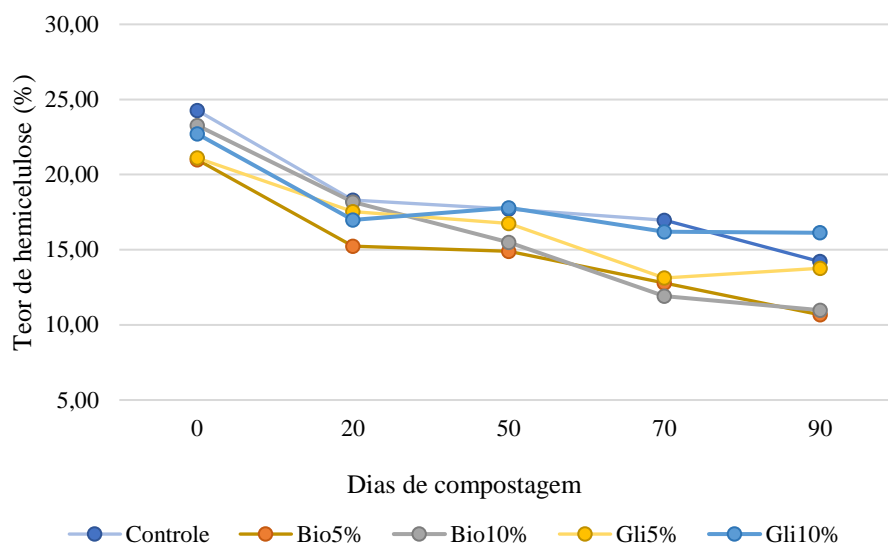


Figura 16: Teor de hemicelulose (%) na compostagem de resíduo de abatedouro utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivos.

O teor de celulose (Figura 17) iniciou com maiores valores para as duas inclusões de biocarvão. No decorrer do processo houveram variações, onde biocarvão 5%, glicerina 10% e controle sofreram uma concentração até os 20 dias. Porém com o decorrer do processo, pouca diferença foi observada, exceto para glicerina 5% que ocorreu as maiores variações. Ao final, as inclusões de biocarvão continuaram com os maiores teores, porém, o restante das condições, exceto controle, aumentou as porcentagens em relação à inicial, porém, as duas inclusões de biocarvão foram as que mais diminuíram seus teores, iniciando em 14,31 e 10,01% e ao final 12,08 e 8,88% para 10 e 5% de inclusão, respectivamente. Como característica, o biocarvão pode elevar essa concentração no início, adicionado tanto celulose como lignina, já a glicerina não possui esses constituintes na sua composição.

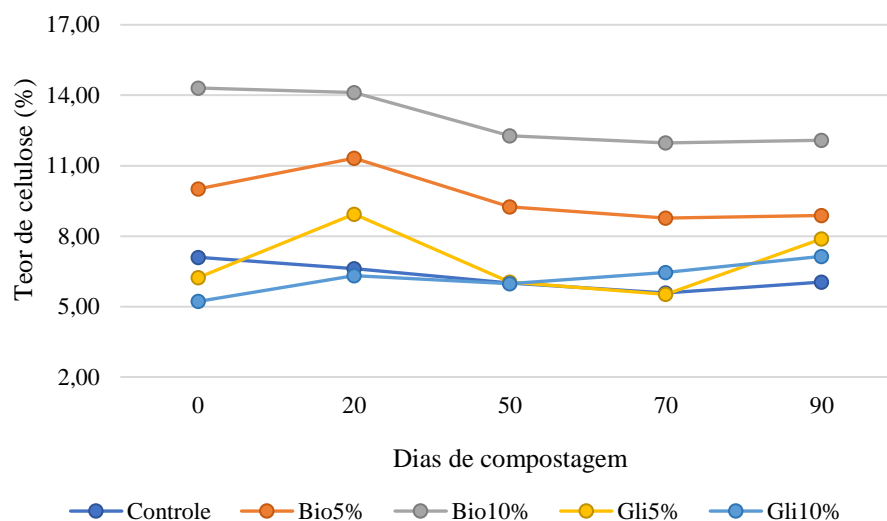


Figura 17: Teor de celulose (%) na compostagem de resíduo de abatedouro utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivos.

A lignina (Figura 18), assim como celulose, apresentou maiores valores ao início da compostagem por suas características já mencionadas. Em YU et al. (2019), os teores de lignina iniciaram semelhantes a este trabalho, entre 9,2 e 10,2%, porém utilizando somente adição de biocarvão feito a partir de casca de arroz, mas a maior inclusão (15%) iniciou com um menor teor, diferente do aqui apresentado, porém eles relatam uma degradação melhorada conforme a o aumento da inclusão de biocarvão, contudo, em seus valores iniciais e finais não houveram muita diferença entre teores, assim como neste trabalho, terminaram entre 9,2 e 8,7%. Entretanto, no presente trabalho, o maior teor iniciou em 10,53% e ao final 8,90%, indicando que a lignina foi consumida e o biocarvão pode agir para melhorar a degradação dessa fibra.

A degradação de celulose e hemicelulose dependem da concentração de lignina, quanto mais lignina, menor a degradação dos outros componentes (DIAS et al., 2010), porém, hemicelulose ocorreu um ótima degradação, com celulose o comportamento foi semelhante ao da lignina.

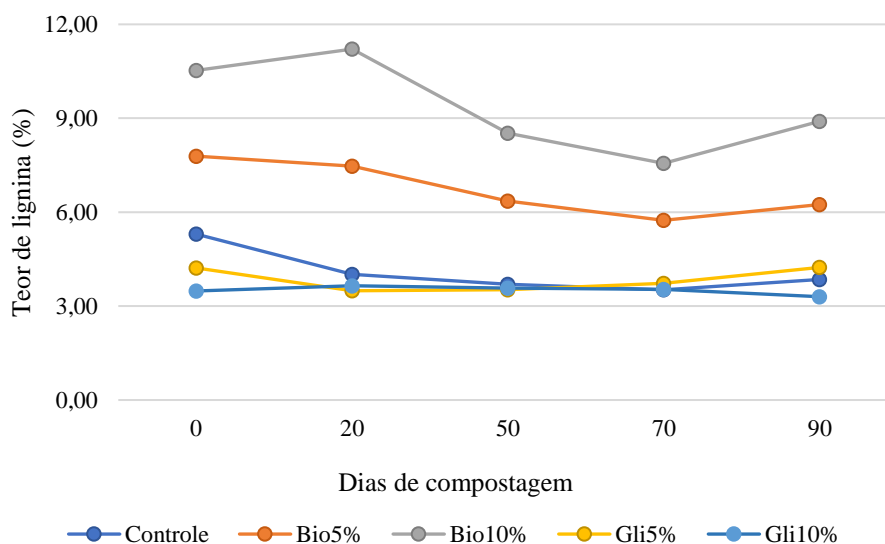


Figura 18: Teor de lignina (%) na compostagem de resíduo de abatedouro utilizando biocarvão ou glicerina bruta como aditivos.

CONCLUSÃO

Com a adição de 10% de biocarvão houve maior retenção de N, conseguindo ser eficiente tanto nos primeiros dias de compostagem como no final, reduzindo pela metade as perdas quando compara ao controle, mesmo sob aeração, podendo ser indicada principalmente para compostagem de resíduos contendo altos teores de N.

REFERÊNCIAS

- ABRA. Associação Brasileira de Reciclagem Animal. 2014.
- ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Anuário. 2019. Acesso em 22/10/2019. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/controle/uploads/arquivos/sumario2019portugues.pdf>.
- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Anuário 2019. Acesso em: 22/10/2019. Disponível em: <http://cleandrodias.com.br/wp-content/uploads/2019/05/RELATO%C3%ACRIO-ANUAL-ABPA-2019.pdf>.
- AGYARKO-MINTAH, E. et al. Biochar lowers ammonia emission and improves nitrogen retention in poultry litter composting. **Waste Management**, v. 61, n. May 2016, p. 129–137, 2017.
- BRYNDUM, S. et al. Reduced turning frequency and delayed poultry manure addition reduces N loss from sugarcane compost. **Waste Management**, v. 65, p. 169–177, 2017.
- CAO, Y. et al. Mitigation of ammonia, nitrous oxide and methane emissions during solid waste composting with different additives: A meta-analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 235, p. 626–635, 2019.
- CHEN, W. et al. Effects of different types of biochar on methane and ammonia mitigation during layer manure composting. **Waste Management**, v. 61, p. 506–515, 2017.
- CHOWDHURY, M. A.; DE NEERGAARD, A.; JENSEN, L. S. Potential of aeration flow rate and bio-char addition to reduce greenhouse gas and ammonia emissions during manure composting. **Chemosphere**, v. 97, p. 16–25, 2014.
- DIAS, B. O. et al. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humification. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 4, p. 1239–1246, 2010.
- FEHMBERGER, C. et al. 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. 119739, 2020.
- JANCZAK, D. et al. Biochar to reduce ammonia emissions in gaseous and liquid phase during composting of poultry manure with wheat straw. **Waste Management**, v. 66, p. 36–45, 2017.
- MALIŃSKA, K.; ZABOCHNICKA-ŚWIATEK, M.; DACH, J. Effects of biochar amendment on ammonia emission during composting of sewage sludge. **Ecological Engineering**, v. 71, p. 474–478, 2014.
- ORRICO JUNIOR, M. A. P. et al. Crude glycerin in co-composting with laying hen manure reduces N losses. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 5, p. 361–367, 2018.
- PAIVA, E. C. R. et al. Avaliação De Leiras Estáticas Aeradas Na Compostagem De Carcaças De Frango. **Revista Engenharia Na Agricultura - Reveng**, v. 21, n. 5, p. 482–492, 2013.
- RASAPOOR, M.; ADL, M.; POURAZIZI, B. Comparative evaluation of aeration methods for municipal solid waste composting from the perspective of resource

management: A practical case study in Tehran, Iran. **Journal of Environmental Management**, v. 184, p. 528–534, 2016.

SÁNCHEZ-GARCÍA, M. et al. Biochar accelerates organic matter degradation and enhances N mineralisation during composting of poultry manure without a relevant impact on gas emissions. **Bioresource Technology**, v. 192, p. 272–279, 2015.

SANCHEZ-MONEDERO, M. A. et al. Role of biochar as an additive in organic waste composting. **Bioresource Technology**, v. 247, p. 1155–1164, 2018.

SCHWINGEL, A. W. et al. Laying hen manure in anaerobic Co-Digestion with glycerin containing different glycerol and impurity levels. **Journal of Cleaner Production**, v. 215, p. 1437–1444, 2019.

VALENTE, B. et al. Fatores Que Afetam O Desenvolvimento Da Compostagem De Resíduos Orgânicos Issues Concerning Composting of Organic Residues. **Arch. Zootec**, v. 58, p. 59–85, 2009.

YU, H. et al. The changes in carbon, nitrogen components and humic substances during organic-inorganic aerobic co-composting. **Bioresource Technology**, v. 271, p. 228–235, 2019.