

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

JAQUELINE KRISTIANE DA ROSA

CONDICIONADORES QUÍMICOS NA COMPOSTAGEM DE CAMA DE
AVIÁRIO

DISSERTAÇÃO

DOIS VIZINHOS

2015

JAQUELINE KRISTIANE DA ROSA

**CONDICIONADORES QUÍMICOS NA COMPOSTAGEM DE CAMA DE
AVIÁRIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia - Área de Concentração: Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Conceição
Co-Orientadora: Dra. Jaqueline Pereira
Machado de Oliveira

DOIS VIZINHOS

2015

R788c Rosa, Jaqueline Kristiane da.

Condicionadores químicos na compostagem de cama de aviário – Dois Vizinhos: [s.n], 2015.
66f.:il.

Orientador: Laércio Ricardo Sartor.

Co-orientadora: Jaqueline Pereira Machado de Oliveira
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Zootecnia.
Dois Vizinhos, 2015.
Inclui bibliografia

1.Gases 2.Aviários 3.Nutrição I.Conceição, Paulo Cesar, orient. II.Oliveira, Jaqueline Pereira Machado de, co-orient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos.IV.Título.

CDD: 631.875



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Dois Vizinhos
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação n° 049

Condicionadores químicos na compostagem de cama de aviário

Jaqueline Kristiane da Rosa

Dissertação apresentada às oito horas e trinta minutos do dia vinte e oito de abril de dois mil e quinze, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, Linha de Pesquisa – Produção e Nutrição Animal, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (Área de Concentração: Produção animal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Dois Vizinhos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho.
.....

Banca examinadora:

Paulo Cesar Conceição
UTFPR-DV

Juliano Corulli Corrêa
EMBRAPA

Frederico Marcio Correa Vieira
UTFPR-DV

Jaqueline Pereira Machado de Oliveira
UTFPR-DV

Prof. Dr. Ricardo Yuji Sado
Coordenador do PPGZO

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por esta conquista em minha vida.

Agradeço à minha família, em especial aos meus pais que me ajudaram em mais esta caminhada, e por sempre entenderem os momentos de ausências, por todo amor, carinho, dedicação e torcida empenhados a mim. Obrigado! Amo vocês!

Aos meus irmãos que mesmos estando distantes sempre se preocuparam e dedicaram um tempinho durante seus afazeres para se dedicaram a mim desde o início desta caminhada.

Ao meu namorado Tiago Michels por toda compreensão, dedicação, amor e carinho que foram fundamentais durante este período.

Ao meu orientador Paulo Cesar Conceição pela orientação, ensinamentos e conselhos durante todo programa.

À minha coorientadora Jaqueline Pereira Machado de Oliveira pelos incentivos e orientação.

À UTFPR pela disponibilização de toda sua estrutura.

À CAPES, pela bolsa de estudo concedida.

Aos amigos e colegas do Grupo de Ciência dos Solos (Cidimar Cassol, Dionata Ricardo Piske, Carlos Theodoro Heberle, Samanta Kelly Almeida, Anderson Welter, Cristiane Dalagua Paier, Ana Regina Dahlem Ziech, Ezequiel Dal Bosco e Elias Siqueira) que de alguma forma ou de outra envolveram-se e ajudaram nas atividades, seja a campo ou laboratório, ou pelos constantes incentivos. Muito obrigado!

Meus sinceros agradecimentos a todos que me ajudaram direta ou indiretamente na conquista deste sonho que agora se torna realidade.

Muito Obrigado!

A minha família que é base da minha formação.

Dedico

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê” Arthur Schopenhauer

RESUMO

ROSA, Jaqueline Kristiane. Condicionadores químicos na compostagem de cama de aviário. 86f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2015.

No processo de compostagem da cama de aviário ocorre a emissão de gases, estes podem diminuir o valor nutricional do composto gerado. O trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes condicionadores químicos aplicados à cama de aviário durante o processo de maturação. Foram realizados dois experimentos distintos para avaliar o potencial do condicionador nas dependências da UTFPR - Dois Vizinhos. Os condicionadores utilizados foram o sulfato de alumínio e superfosfato simples, ambos aplicados nas doses de 0; 2,5; 5; 7,5 e 10%, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, avaliados em períodos diferentes. Realizou-se durante o processo de maturação da cama avaliações de pH, temperatura, emissão de NH_3 e CO_2 . Além de coletas, durante o processo de compostagem da cama, para a quantificação das concentrações de cálcio, magnésio, nitrogênio, fósforo, potássio e carbono total. A adição de sulfato de alumínio na cama de aviário para o processo de compostagem, diminuiu a emissão de amônia e CO_2 com o aumento das doses. Os maiores valores de pH foram encontrados na dose 0% durante todo o período de compostagem. Para o nitrogênio a dose 10% de sulfato de alumínio apresentou a maior concentração atingindo $27,9 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto a dose 0% obteve 22 g kg^{-1} . A concentração de cálcio diminuiu nas doses 7,5 e 10% em relação a dose 0% aos 90 dias de compostagem. Para o magnésio aos 90 dias a dose 5% apresentou a maior concentração ($9,1 \text{ g kg}^{-1}$). A adição de sulfato de alumínio diminuiu as concentrações de fósforo e potássio no composto. Com a utilização de superfosfato simples como condicionador as menores emissões de amônia e CO_2 foram observadas na dose 10%, com $0,08 \text{ g de N amoniacal m}^2 \text{ dia}^{-1}$ e $383,2 \text{ g de CO}_2 \text{ m}^2 \text{ dia}^{-1}$. Os valores mais elevados de pH foram observados na dose 0%, com média de 8,6. A concentração de nitrogênio e cálcio teve comportamento linear crescente com o aumento da dose, enquanto que o magnésio teve sua concentração diminuída com o aumento da dose de superfosfato simples. A adição de sulfato de alumínio e superfosfato simples no processo de compostagem de cama de aviário diminuem a emissão de amônia e CO_2 e contribuem para o aumento da concentração de nitrogênio no composto, promovendo melhorias na qualidade química do produto final para posterior utilização em culturas.

Palavras-chave: Gases. Nutrientes. Resíduo

ABSTRACT

ROSA, Jaqueline Kristiane. Chemical conditioners in composting the of poultry litter. 2015. 86f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2015.

In poultry litter composting process takes place emission of gases, they can reduce the nutritional value of the generated compound. The study aimed to evaluate the effect of different chemical conditioners applied to poultry litter during the maturation process. Two separate experiments were conducted to evaluate the potential conditioner in the dependencies of UTFPR – Dois Vizinhos. Conditioners used were aluminum sulfate and single superphosphate, both applied at rates of 0; 2.5; 5; 7.5 and 10% in a randomized design with three replications, evaluated at different times. It was performed during the maturation process litter reviews pH, temperature, emission of NH₃ and CO₂. Besides collected during the composting process the litter, to quantify the concentrations of calcium, magnesium, nitrogen, phosphorus, potassium and total carbon. The addition of aluminum sulphate in poultry litter to the process of composting reduced the emissions ammonia and CO₂ with increasing doses. The highest values of pH were found in the 0% doses during the composting period. For nitrogen doses 10% aluminum sulphate had the highest concentration reached 27.9 g kg⁻¹, while the dose 0% obtained 22 g kg⁻¹. Calcium concentration decreased at doses 7.5 and 10% compared to dose 0% at 90 days of composting. To magnesium at 90 days showed the highest concentration dose 5% (9.1 g kg⁻¹). The addition of aluminum sulphate decreased phosphorus and potassium levels in the composite. With the use of superphosphate conditioner as lower emissions of ammonia and CO₂ were observed at dose of 10%, with 0.08 g of N ammonia m² day⁻¹ and 383.2 g of CO₂ day⁻¹ m². The highest pH values were observed in the dose 0%, averaging 8.6. The concentration of nitrogen and calcium had linear increase with increasing dose, while the magnesium concentration was decreased with increased dose superphosphate. The addition of aluminum sulphate and superphosphate in poultry litter composting process reduce the emission of ammonia and CO₂ and contribute to the increase of nitrogen concentration in the composite, providing improvements in chemical quality of the final product for subsequent use in cultures.

Keywords: Gases. Nutrients. Residue.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Perda de nitrogênio amoniacal durante o processo de compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015. 19
- Figura 2: Liberação de CO₂ no processo de compostagem de cama de aviário com diferentes doses de aplicação de sulfato de alumínio. 21
- Figura 3: Temperatura da compostagem e do ambiente durante o processo de decomposição da cama de aviário, com aplicação de doses de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015. 22
- Figura 4: pH da compostagem de cama de aviário em decomposição, submetida a doses de aplicação de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos–2015. 25
- Figura 5: Concentração nitrogênio (N) em cama de aviário em compostagem, com doses de aplicação de sulfato de alumínio aos 16 (A), 56 (B), 90 (C) dias e concentração média (D) de nitrogênio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015. 28
- Figura 6: Relação carbono:nitrogênio (C:N) da compostagem de cama de aviário com doses de aplicação de sulfato de alumínio aos 16 (A), 56 (B), 90 (C) dias e concentração média (D). UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015. 29
- Figura 7: Concentração de cálcio na cama de aviário em compostagem com doses de aplicação de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015. 31
- Figura 8: Concentração de magnésio na cama de aviário em compostagem com doses de aplicação de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015. 32
- Figura 9: Concentração de fósforo (P) aos 16 (A), 56 (B), 90 dias (C) e valores médios (D) em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015. 33
- Figura 10: Concentração de potássio (N) aos 16 (A), 56 (B), 90 dias (C) e valores médios (D) em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015. 34
- Figura 11: Perda de nitrogênio amoniacal (NH₃) durante o processo de compostagem de cama de aviário com doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015. 46

Figura 12: Emissão de dióxido de carbono (CO ₂) no processo de compostagem de cama de aviário com doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.....	48
Figura 13: Temperatura na compostagem e ambiente durante o processo de decomposição da cama de aviário, com aplicação doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.....	49
Figura 14: pH da compostagem durante o processo de decomposição da cama de aviário, com doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.....	51
Figura 15: Concentração de nitrogênio (N) aos 14 (A), 42 (B), 91 dias (C) e valores médios (D) em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.....	53
Figura 16: Concentração de cálcio (Ca) aos 14 (A), 42 (B), 91 dias (C) e valores médios (D) em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.....	54
Figura 17: Concentração de magnésio (Mg) aos 14 (A), 42 (B), 91 dias (C) e valores médios (D) em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.....	55
Figura 18: Concentração de carbono (C) aos 14 (A), 42 (B), 91 dias (C) e valores médios em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.....	57
Figura 19: Relação carbono nitrogênio (C:N) aos 14 (A), 42 (B), 91 dias (C) e valores médios (D) em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.....	58
Figura 20: Concentração de fósforo (P) aos 14 (A), 42 (B), 91 dias (C) e valores médios (D) em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.....	59
Figura 21: Concentração de potássio (K) aos 14 (A), 42 (B), 91 dias (C) e valores médios (D) em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Liberação de CO ₂ no processo de decomposição de cama de aviário no decorrer das semanas, com aplicação de sulfato de alumínio.	20
Tabela 2: Teor de umidade (%) da compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.....	24
Tabela 3: Concentração de carbono orgânico total da compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de sulfato de alumínio.	27
Tabela 4: Emissão de CO ₂ no processo de decomposição de cama de aviário no decorrer das semanas, com aplicação de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.....	47
Tabela 5: Teor de umidade (%) da compostagem de cama de aviário, com aplicação de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	2
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 PRODUÇÃO AVÍCOLA	3
2.2 CAMA DE AVIÁRIO	4
2.3 PROCESSO DE COMPOSTAGEM DA CAMA DE AVIÁRIO	4
2.4 CONDICIONADORES QUÍMICOS OU ADITIVOS	6
2.5 UTILIZAÇÃO DA CAMA DE AVIÁRIO	7
2.6 REFERÊNCIAS	8
3.0 CAPÍTULO 1: UTILIZAÇÃO DE SULFATO DE ALUMÍNIO NA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE ORGÂNICO DE CAMA DE AVIÁRIO	3
3.1 RESUMO	4
3.2 ABSTRACT	5
3.3 INTRODUÇÃO	6
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.4.1 Caracterização da Área Experimental e Instalação do Experimento.....	14
3.4.2 Parâmetros Avaliados	15
3.4.2.1 Coleta das emissões de dióxido de carbono (CO ₂), amônia (NH ₃) e temperatura	15
3.4.2.1.1 Quantificação das emissões de CO ₂	15
3.4.2.1.2 Quantificação da emissão de NH ₃	16
3.4.2.1.3 Medição da temperatura	16
3.4.2.2 Potencial de Hidrogênio (pH).....	17
3.4.2.3 Teor de Umidade e Análise de Nutrientes	17
3.4.3 Análise estatística	17
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.5.1 Emissão de NH ₃ e CO ₂	18
3.5.2 Temperatura	21
3.5.3 Umidade	23
3.5.4 pH	24
3.5.5 Composição do composto orgânico.....	26
3.6 CONCLUSÕES	35
3.7 REFERÊNCIAS	36
4.0 CAPÍTULO 2: UTILIZAÇÃO DE SUPERFOSFATO SIMPLES NA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE ORGÂNICO DE CAMA DE AVIÁRIO	14
4.1 RESUMO	15
4.2 ABSTRACT	16
4.3 INTRODUÇÃO	17
4.4 MATERIAL E MÉTODOS	43
4.4.1 Caracterização da Área Experimental e Instalação do Experimento.....	43

4.4.2 Parâmetros Avaliados	44
4.4.2.1 Coleta de dióxido de carbono (CO ₂), amônia (NH ₃) e temperatura	44
4.4.2.2 Quantificações das emissões de CO ₂	45
4.4.2.3 Quantificações das emissões de NH ₃	45
4.4.2.4 Medição da temperatura e Potencial de Hidrogênio (pH)	45
4.4.2.5 Teor de Umidade e Análise de Nutrientes	45
4.4.3 Análise estatística	45
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.5.1 Emissão de Amônia e Dióxido de Carbono.....	45
4.5.2 Temperatura	48
4.5.3 Umidade	50
4.5.4 pH	51
4.5.5 Composição do composto orgânico.....	52
4.6 CONCLUSÕES.....	62
4.7 REFERÊNCIAS	63
5. CONSIDERAÇÕES GERAIS	66
6. ANEXOS.....	67

1 INTRODUÇÃO GERAL

A avicultura brasileira está em constante crescimento. Em 2013 o Brasil produziu 12,3 milhões de toneladas de carne de frango, e manteve a posição de maior exportador mundial e terceiro maior produtor de carne de frango, atrás somente dos Estados Unidos e da China (UBA, 2014).

Os resultados da avicultura brasileira são extremamente positivos quando analisados pelo aspecto produtivo e econômico. No entanto, algumas questões devem ser consideradas. Entre estas, a questão ambiental e o impacto provocado pelo excesso de resíduos sólidos produzidos pela atividade estão entre as principais (BADO, 2006). A medida que a avicultura cresce e se intensifica, cresce também a preocupação com os efeitos das criações intensivas de aves sobre o meio ambiente, especialmente no que diz respeito ao aumento da geração de resíduos e disposição dos resíduos produzidos (ORRICO JÚNIOR et al., 2010).

Atualmente, um dos principais resíduos gerados pelo setor avícola na propriedade agrícola é a cama de aviário, podendo esta ser utilizada na agricultura como fertilizante orgânico. No entanto, antes desta ser aplicada ao solo necessita passar pelo processo de compostagem, sendo um dos métodos mais antigos empregados no tratamento de resíduos da produção animal que tende transformar suas características químicas e físicas, originando um composto orgânico (GOMES et al., 2014).

O processo de compostagem é definido como a conversão biológica da matéria orgânica putreficável, ou seja, da cama in natura para uma forma mais estabilizada. Com destruição dos patógenos e um produto final cujo os sólidos biodegradáveis da matéria orgânica foram convertidos para um estado estável. Podendo ser manejado, estocado e aplicado como adubo orgânico, sem promover efeitos nocivos ao meio ambiente, desde que utilizado na dose adequada (INÁCIO E MILLER, 2009; ORRICO JÚNIOR et al., 2007).

Durante o processo de compostagem da cama de aviário ocorre a emissão de gases tais como NH_3 , CO_2 e NH_4 , ocorrendo a perda de nitrogênio pela volatilização da amônia, e de carbono através do gás carbônico, diminuindo, o potencial fertilizante do composto orgânico final. Para minimizar essas emissões podem ser utilizados condicionadores químicos no processo de compostagem. Estes consistem em uma solução rápida e econômica de melhorar a qualidade física, química e microbiológica da cama de aviário e ainda proporcionar a redução na volatilização de amônia (SANTOS et al., 2012).

Vários produtos estão sendo utilizados como condicionadores químicos na cama de frangos (OLIVEIRA et al., 2003, 2004; MEDEIROS et al., 2008; BORDIGNON, 2013). No entanto, no processo de compostagem poucos estudos relatam quais são os produtos que podem ser utilizados e quais são os seus efeitos.

Neste contexto, novas pesquisas são necessárias relacionadas com o desenvolvimento de métodos que possam ser adotados e intensificados, visando a diminuição dos riscos de contaminações ambientais. Dentre esses métodos, o tratamento da cama de aviário com condicionadores químicos antes de ser utilizada como fertilizante agrícola apresenta-se como uma possibilidade de reduzir a emissão de gases poluentes para a atmosfera e aumentar o valor nutricional do composto final.

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do uso de condicionadores químicos sobre a volatilização de gases e qualidade nutricional do composto gerado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PRODUÇÃO AVÍCOLA

A produção brasileira de carne de frangos de corte passou de 5,98 milhões de toneladas em 2000 para 12,3 milhões de toneladas em 2013. Esta quantidade de carne é distribuída em dois tipos de mercado de consumo: o interno, que absorve 68,4% do volume total produzido, gerando um consumo per capita de 41,8 kg de carne, e o mercado de exportação responsável por consumir 31,6% da produção nacional de carnes de frango (UBA, 2014). Além disso, segundo Bado (2006) a avicultura de corte no Brasil gera mais de quatro milhões de empregos diretos e indiretos e responde com 1,5% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional.

O estado do Paraná lidera o ranking na produção nacional de frangos de corte, contribuindo com 31% da produção, seguido por Santa Catarina (17%) e Rio Grande do Sul (14%) (UBA, 2014). Além da importância econômica para o estado do Paraná, a avicultura industrial tem também uma importância social, pois está inserida em grande parte das propriedades rurais.

Independente da importância econômica e social do setor avícola tanto para o Paraná quanto para o restante do país, esta atividade gera uma grande quantidade de resíduos,

entre eles a cama de aviário, a qual se não for tratada e distribuída corretamente ao solo pode causar sua contaminação.

2.2 CAMA DE AVIÁRIO

A cama de aviário, também conhecida como cama de frangos ou esterco de aviário, é na realidade a forração do piso do galpão onde as aves se alojam, tendo como principais atributos proteção, conforto e absorção dos dejetos gerados pelas aves. É constituída pelas dejeções, penas de galináceos, restos de rações e material orgânico (maravalha, palhas, cascas) absorvente da umidade usado sobre o piso do galpão. Para Bado (2006) a cama é um componente essencial no processo produtivo, pois atua como isolante térmico entre a ave e o piso, além de modificar a característica de dureza do mesmo e ter como função reter as fezes, restos de alimentos, descamações da pele, penas e umidade no transcorrer da produção. Torna-se desta forma um dos principais resíduos do sistema de produção de frangos de corte com potencial poluidor após a utilização no aviário.

A cada lote produzido, as dejeções das aves são misturadas ao material utilizado como substrato, e no final do ciclo, tem-se a cama de aviário que pode ser utilizada como fertilizante ou reaproveitada para o próximo lote de frangos (HAHN, 2004). Durante o processo de produção, o material utilizado como cama recebe uma carga de nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), provenientes do metabolismo dos alimentos em forma de fezes, restos de alimentos desperdiçados, penas e descamações da pele das aves (BADO, 2006). A origem do material utilizado como cama e sua posterior utilização em lotes seguintes irão influenciarão na composição do material final que passou pelo processo de compostagem, especialmente quanto à concentração de elementos químicos.

2.3 PROCESSO DE COMPOSTAGEM DA CAMA DE AVIÁRIO

A compostagem pode ser definida de acordo com o enfoque microbiológico, agrônômico ou ambiental, ressaltando-se as características aeróbicas e termófilas do processo, excluindo totalmente os processos anaeróbicos. A compostagem é um processo de biodecomposição de matéria orgânica com dependência de oxigênio e com geração de calor, com temperaturas em torno de 50°C a 65°C, podendo ocorrer picos maiores que 70°C (INÁCIO; MILLER, 2009). Este processo é caracterizado pelo aumento da temperatura em

uma das suas fases e liberação de gás carbônico, vapor de água e formação da matéria orgânica estável.

A compostagem pode ser dividida em duas fases distintas, a primeira como termofílica e a segunda mesofílica. Na primeira fase ocorre o aumento da atividade microbiológica e as principais modificações da matéria orgânica, com aumento gradativo da temperatura, devido ao processo de biodegradação. Ocorre ainda a diminuição da população de organismos mesófilos e aumenta a proliferação dos microrganismos termófilos. Com o aumento da temperatura ocorre uma rápida degradação da matéria orgânica e eliminação dos microrganismos patogênicos, marcando a segunda fase. Posteriormente ocorre o processo de maturação com atividades menos intensas, diminuição da temperatura e proliferação dos microrganismos mesófilos e o início do processo de humificação (FERNANDES; SILVA, 1999). No final do processo de compostagem há formação de húmus, um complexo formado por vários elementos em conjunto, que proporciona disponibilidade dos nutrientes às plantas e melhorias na estrutura e na qualidade do solo e na capacidade de retenção de água (BUDZIAK et al., 2004; DINIZ FILHO et al., 2007)

A compostagem retém grande parte dos nutrientes presentes no material de origem na forma de substâncias orgânicas estáveis. No entanto, podem ocorrer perdas de alguns nutrientes, como é o caso do nitrogênio, em que uma fração é perdida na forma de amônia, que volatiliza junto com o vapor de água, durante a fase termofílica (INÁCIO; MILLER, 2009). Esta perda ocorre porque no início do processo de decomposição da matéria orgânica o meio se torna ácido pela liberação de ácidos orgânicos, mas em seguida, ocorre a formação de ácidos húmicos, e também a formação de humatos alcalinos. O pH sofre com o efeito da mineralização do nitrogênio orgânico, que corresponde a maior parte do N da matéria orgânica, esse é transformado em N amídico e depois em N amoniacal, elevando desta forma o pH do meio devido a reação alcalina, característica da amônia (NH₃) (FIALHO, et al., 2005), aumentando assim a volatilização de NH₃ (INÁCIO; MILLER, 2009).

Apesar de a compostagem ser um processo trabalhoso, quando comparada com a aplicação direta do produto in natura ao solo, o processo oferece várias vantagens, entre elas: (I) armazenagem de materiais orgânicos com um mínimo de liberação de odor, até a época de aplicação ao solo, (II) é mais fácil lidar com o composto do que com a matéria prima, em razão de o volume ser 30 a 60% menor, além da melhor uniformidade do material resultante, (III) resíduos com relação C/N inicial elevada, a compostagem adequada garante que qualquer período de degradação do nitrato ocorra na pilha do composto e não no solo, evitando a deficiência de N, que poderia ser induzida, (IV) a compostagem possibilita a

junção de materiais de baixa relação C/N (esterco de gado, lodo de esgoto, etc) com matérias de alta C/N (serragem, madeira, etc), fornecendo assim carbono suficiente aos microrganismos para a imobilização do excesso de nitrogênio, (V) as temperaturas elevadas durante a compostagem, matam sementes de plantas daninhas e organismos patogênicos, (VI) a maioria dos compostos tóxicos que podem estar contidos nos resíduos orgânicos (pesticidas, produtos químicos, etc) estarão destruídos quando o composto estiver “curado” e pronto para uso (BRADY e WEIL 2013).

2.4 CONDICIONADORES QUÍMICOS OU ADITIVOS

Condicionadores químicos são substâncias que quando acrescentadas à cama de aviário melhoram a sua qualidade química, física e microbiológica, proporcionando maior conforto as aves, favorecendo seu desempenho zootécnico e sanitário (OLIVEIRA et al., 2004). A utilização de aditivos na cama de aviário é dita como uma solução rápida e econômica para reduzir a volatilização de amônia e, conseqüentemente, reduzir a perda de nitrogênio e aumentar seu valor como fertilizante, além de diminuir problemas como à incidência de doenças respiratórias nas aves e no ser humano (OLIVEIRA, et al., 2003). Além disso, poderão favorecer a partir de reações químicas o aumento na fixação de nitrogênio (SIMIONI Jr. et al., 2009).

Alguns produtos utilizados como condicionadores químicos possuem propriedades acidificantes, como o sulfato de alumínio e o superfosfato simples (OLIVEIRA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2004). Outros podem alterar o teor de umidade da cama, como o gesso agrícola e calcário (OLIVEIRA et al., 2004).

Medeiros et al. (2008), trataram a cama de aviário com diferentes doses de fosfato (testemunha, 5, 10, 15, 20, 25%), na forma de superfosfato simples, em quatro ciclos de produção e verificaram que a dosagem de 15% apresentou a maior eficiência na diminuição da volatilização de amônia, reduzindo em 95,4%. Quando Medeiros et al. (2008) testaram diferentes condicionadores, nos níveis 1, 2, 3, 4 e 5% em relação ao peso da cama do aviário após 24h, observaram que o sulfato de cobre, seguido pelo sulfato de alumínio e pelo superfosfato simples, foram os condicionadores mais eficientes na redução de amônia volatilizada da cama de aviário quando comparados ao sal de Glauber e carbonato de sódio.

Em estudo realizado por Oliveira et al. (2004), utilizando como condicionadores o sulfato de alumínio (100 g Kg⁻¹ de cama), o gesso agrícola na proporção de

400 g kg⁻¹ do peso total e o superfosfato simples (3 g t⁻¹), observaram que o sulfato de alumínio inibe a volatilização de amônia por ser efetivo em manter o pH baixo da cama, enquanto o superfosfato simples não conseguiu manter o pH baixo durante o período experimental, não sendo eficaz na inibição da volatilização de amônia, o mesmo podendo ser observado para o gesso agrícola.

2.5 UTILIZAÇÃO DA CAMA DE AVIÁRIO

O destino final que normalmente os produtores dão para a cama de aviário é a aplicação no solo como fertilizante, por possuir boa qualidade nutricional, com teores médios de nitrogênio (29,6 g kg⁻¹), fósforo (26,6 g kg⁻¹), potássio (38 g kg⁻¹), cálcio (47 g kg⁻¹) e magnésio (6,6 g kg⁻¹) (OLIVEIRA et al., 2008). Devido sua composição química, a quantidade a ser adicionada ao solo deve ser equivalente à necessidade nutricional das plantas para seu desenvolvimento, de forma que não haja deficiências e nem excessos (BADO, 2006).

A cama de aviário é amplamente utilizada na adubação de pastagens, pois segundo Konzen (2003) ela possui ótimo potencial para a adubação de culturas, desde que sejam realizadas medidas que assegurem a proteção do meio ambiente. A cama também foi utilizada para a alimentação animal até 2001, a qual foi proibida utilização para este fim, através da Instrução Normativa Nº 15 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. A proibição ocorreu devido ao fato de que os animais que a consumissem poderiam estar se contaminando com a Encefalopatia Espongiforme Bovina (Doença da Vaca Louca) causada por uma proteína chamada príon. A presença dessa proteína na cama de aviário é possível porque as aves podem se alimentar de outros produtos que possuem proteína e gordura animal (IMA, 2012).

Há outras formas de aproveitamento da cama de aviário, como a queima e a cogeração de energia em indústrias ou no local de produção do resíduo. No entanto, esta queima gera a produção de gases poluentes como o CO₂, que é responsável por problemas ambientais como o efeito estufa (TESSARO, 2011). Conforme comentado anteriormente, uma medida que pode ser adotada para assegurar a proteção ao meio ambiente é através da compostagem do material, que além de eliminar efeitos nocivos, tende a melhorar a qualidade dos nutrientes disponíveis para o solo.

2.6 REFERÊNCIAS

BADO, Cesar. **Gestão de resíduos resultantes da produção de frangos de corte**, 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

BRADY, Nyle C e WEIL, Ray R. **Matéria orgânica do solo**, in: Elementos da natureza e propriedades dos solos. Tradução técnica: Igor Fernando Lepsch, 3 ed. – Porto Alegre, RS, 2013.

BUDZIAK, Criatiane R.; MAIA, Claudia. M. B. F.; MANGRICH, Antonio S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. **Química Nova**, v.27, n.3, p.399-403, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422004000300007>

DINIZ FILHO, Edimar T. Et al. A prática da compostagem no manejo sustentável de solos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.2, n.2, p.27-36, 2007.

HANH, Leandro. **Processamento da cama de aviário e suas implicações nos agroecossistemas**. 2004. 131 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

IMA, Fiscalização de cama de aviário permanece ativa em MG, **Instituto Mineiro de Agropecuária**. 2012. Disponível em < <http://www.ima.mg.gov.br/acontece-no-ima/1430-fiscalizacao-da-cama-de-aviario-permanece-ativa-em-mg->. Acesso em < 04/08/2012.

INÁCIO, Caio de T.; MILLER, Paul R. M. **Compostagem: Ciência e prática para a gestão de resíduos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

FERNANDES, Fernando; SILVA, Sandra M. C. P da. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. PROSAB - Programa de Pesquisa em saneamento Básico. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 1999, 91p.

FIALHO, Lucimar L. et al. Monitoramento químico e físico do processo de compostagem de diferentes resíduos orgânicos. **Revista Circular Técnica 29**. São Carlos, São Paulo, 2005.

GOMES, Luciana P. et al. Indicadores de sustentabilidade na avaliação de granjas suinícolas. **Engenharia Sanitária e Ambiental** [online]. 2014, vol.19, n.2, pp. 143-154.

KONZEN, Egídio A. Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves. In: **Anais... V SEMINÁRIO TÉCNICO DA CULTURA DO MILHO, INFORME TÉCNICO**, 2003. Videira, Santa Catarina Disponível em: < www.cnpms.embrapa.br/destaques/dejetos/dejetos.pdf>. Acesso em: 04 ago 2013.

MEDEIROS, Rangel et al. A adição de diferentes produtos químicos e o efeito da umidade na volatilização de amônia em cama de frango. **Ciência Rural** [online]. 2008, vol.38, n.8, pp. 2321-2326.

OLIVEIRA, Fábio L. et al. Desempenho de taro em função de doses de cama de aviário, sob sistema orgânico de produção. **Horticultura Brasileira** [online]. 2008, vol.26, n.2, pp. 149-153.

OLIVEIRA, Maria C. de et al., Teor de matéria seca, pH, amônia volatilizada da cama de frango tratada ou não com diferentes aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Rio Verde, Goiás, v.32, n.4, p.951-954, 2003. Disponível em: <<http://www.revista.sbz.org.br/artigo/visualizar.php?artigo=3778>>. Acesso em: 04 jul. 2013.

OLIVEIRA, M. C.; FERREIRA, H. A.; CANCHERINI, L. C. Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade da cama de frango. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Jaboticabal, São Paulo, v.56, n.4, p.536-541, 2004. Disponível em: <[//www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352004000400016&script=sci_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352004000400016&script=sci_arttext)>. Acesso em: 30 jun. 2013.

ORRICO JUNIOR, Marco A. P.; ORRICO, Ana C. A. e LUCAS JUNIOR, Jorge de. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Engenharia Agrícola**. [online]. 2010, vol.30, n.3, pp. 538-545. ISSN 0100-6916.

ORRICO, Ana C. A.; LUCAS JUNIOR, Jorge de; ORRICO JUNIOR, Marco A. P. Alterações físicas e microbiológicas durante a compostagem dos dejetos de cabras. **Engenharia Agrícola**. [online]. 2007, vol.27, n.3, pp. 764-772.

UBA, **União Brasileira de avicultura** (São Paulo). 2014. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/732e67e684103de4a2117dda9ddd280a.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2014.

SIMIONI Jr., J. R. et al. Efeito da aplicação de diferentes aditivos na cama avícola sobre os níveis de amônia volatilizada, 2009. **Anais... I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Animais, Emissão de gases Associados à Produção Animal e ao Manejo adotado**, Florianópolis, Santa Catarina, 2009.

SANTOS, Marcos J. B. et al. Manejo e tratamento de cama durante a criação de aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, Artigo 164. v.9, nº 03, p. 1801-1815, maio/junho 2012. Disponível em: <www.nutritime.com.br/arquivos.../164C_Ebook_maio%202012_.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2013.

TESSARO, Amarildo A. **Potencial energético da cama de aviário produzida na região sudoeste do Paraná utilizada como substrato para produção de biogás**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento de tecnologias - PRODETEC) – Instituto para o desenvolvimento – LACTEC, em parceria com o Instituto de engenharia do Paraná (IEP), Paraná, Curitiba, 2011.

3.0 CAPÍTULO 1: UTILIZAÇÃO DE SULFATO DE ALUMÍNO NA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE ORGÂNICO DE CAMA DE AVIÁRIO

3.1 RESUMO

A cama de aviário é rica em matéria orgânica e apresenta uma alta concentração em nutrientes, que justifica a sua valorização como fertilizante orgânico. Deste modo, avaliou-se à aplicação de sulfato de alumínio no processo de compostagem de cama de aviário sobre a volatilização de gases e sua qualidade nutricional. O experimento foi realizado na UTFPR-Dois Vizinhos, com doses de 0; 2,5; 5; 7,5 e 10% de sulfato de alumínio (SA), em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Durante o processo de maturação da cama realizaram-se avaliações de pH, temperatura, emissão de NH_3 e CO_2 . As coletas de NH_3 e CO_2 foram realizadas em intervalo de dois, quatro e sete dias. Os mesmos intervalos foram seguidos para a medição da temperatura. Realizaram-se avaliações das concentrações dos elementos: cálcio, magnésio, nitrogênio, fósforo, potássio, alumínio e carbono total, aos 16, 56 e 90 dias de compostagem. A adição de sulfato de alumínio na cama de aviário durante o processo de compostagem diminuiu a emissão de amônia e CO_2 , na dose 10% foram encontradas as menores emissões. Os maiores valores médios de pH foram encontrados na dose 0% (8,6). Para o nitrogênio, a maior concentração foi obtida na dose 10% de SA com $27,9 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto a dose 0% obteve 22 g kg^{-1} . A concentração de cálcio diminuiu com o aumento da concentração de condicionador aplicada nas doses 7,5 e 10% em relação a dose 0% aos 90 dias de compostagem. Para o magnésio aos 90 dias a dose 5% apresentou a maior concentração ($9,1 \text{ g kg}^{-1}$). Para fósforo e potássio a adição de sulfato de alumínio teve tendência em diminuir a concentração no composto. A aplicação de sulfato de alumínio demonstra ser eficiente na redução do pH, na volatilização de amônia e na liberação de dióxido de carbono, reduzindo a perda de nitrogênio e contribuindo para melhorar a qualidade do composto final.

Palavras-chave: Gases. Nutrientes. Resíduo.

3.2 ABSTRACT

The poultry litter is rich in organic matter and has a high concentration of nutrients, which explains its value as organic fertilizer. Thus, we evaluated the application of aluminum sulfate in poultry litter composting process on gas volatilization and its nutritional quality. The experiment was conducted in UTFPR - Dois Vizinhos, with doses of 0; 2.5; 5; 7.5 and 10% aluminum sulfate (SA), in a randomized design with three replications. During the maturation process litter were held reviews pH, temperature, emission of NH₃ and CO₂. The collections of NH₃ and CO₂ were held in range of two, four and seven days. The same intervals were followed for the measurement of temperature. Evaluations were performed concentrations of the elements: calcium, magnesium, nitrogen, phosphorus, potassium, aluminum and total carbon, at 16, 56 and 90 days of composting. The addition of aluminum sulphate in poultry litter during the composting process decreased the emission of ammonia and CO₂, at a dose 10% lower emissions were found. The highest average values of pH were found in the dose 0% (8.6). For nitrogen, the highest concentration was obtained at a dose 10% SA 27.9 g kg⁻¹, while the dose 0% obtained 22 g kg⁻¹. The calcium concentration decreases with increasing concentration of conditioner applied in doses 7.5 and 10% compared to dose 0% at 90 days of composting. To magnesium at 90 days showed the highest dose 5% concentration (9.1 g kg⁻¹). For phosphorus and potassium aluminum sulphate addition had tendency to decrease the concentration of compound. The application of aluminum sulfate proves to be effective in reducing the pH in the volatilization and carbon dioxide release, reducing the loss of nitrogen and contributing to improve the quality of the final compound.

Keywords: Gases. Nutrients. Residue.

3.3 INTRODUÇÃO

A alta produção de resíduos sólidos orgânicos da avicultura de corte acarreta problemas quanto à sua gestão e destino final. A aplicação no solo tem sido a solução mais comumente utilizada pelos produtores para estes resíduos. No entanto este procedimento tem alguns riscos de contaminação da água, atmosfera e solo, pois a capacidade limite de autodepuração do meio receptor pode ser excedida. Com isso, pertinente o desenvolvimento de técnicas para diminuir a deposição direta deste resíduo no solo e favorecer processos de valorização dos mesmos.

A cama de aviário é rica em matéria orgânica e apresenta uma concentração nutricional que justifica a sua valorização como fertilizante orgânico, com vista a uma posterior aplicação no solo. Isto foi evidenciado por Adami et al. (2002), que observaram teores de N, P, K, Ca e Mg iguais a 25,0; 17,6; 37,2; 44,0 e 10,6 g k⁻¹, respectivamente, em cama de aviário com 11 lotes de utilização.

A cama é constituída por uma mistura de dejetos das aves, cama das aves, resíduos dos animais, resíduos da alimentação, penas e restos de medicamentos administrados as aves durante a criação. Apesar de suas vantagens como fertilizante, a cama também pode conter contaminantes, destacando-se os microrganismos patogênicos e resíduos de produtos veterinários utilizados na ração de animais (HANH et al., 2012). Neste caso, a compostagem do material pode ser utilizada como um método de remediação biológica do resíduo, onde a maioria dos compostos tóxicos e microrganismos patogênicos serão transformados quando o composto estiver curado e pronto para uso, além de possuir a vantagem de ser um processo barato e ambientalmente correto (COSTA et al., 2005, 2006; BRADY e WEIL, 2013).

As crescentes exigências quanto à proteção ambiental requerem que se procedam alguns tratamentos dos resíduos provenientes da atividade avícola. Para tornarem mínimos os impactos da cama de aviário no ambiente quando utilizada como fertilizante, os agricultores são incentivados pelas empresas integradoras a fazer a compostagem do material (HANH et al., 2012). A compostagem é o processo biológico de tratamento dos resíduos orgânicos, através do qual o material orgânico é transformado, pela ação de microrganismos, em material estabilizado e pronto para ser utilizado na preparação de adubos orgânicos e de substratos para as culturas. O termo composto orgânico pode ser aplicado ao produto compostado, estabilizado e higiênico, que é benéfico para a produção vegetal (BRITO, 2006). Porém, esta prática tem a desvantagem de diminuir a qualidade do resíduo final como fertilizante devido

principalmente à perda de nitrogênio na forma de amônia e de carbono na forma de gás carbônico e metano (HANH et al., 2012). Desta forma, o tratamento da cama de aviário com condicionadores químicos durante o processo de compostagem traz a possibilidade de promover essas melhorias na cama.

Do et al. (2005), em estudo com seis tipos de condicionadores adicionados em cama de aviário de casca de arroz avaliado por 42 dias, relataram que a concentração de NH_3 nas três primeiras semanas foram zeradas com a aplicação de sulfato de alumínio, mas na quarta semana aumentou para 1,3 ppm, e na quinta e sexta semana para 4,20 e 4,63 ppm, tendo uma emissão acumulativa menor em 86,18% que o controle, e com média de pH de 6,7.

Posteriormente, Li et al. (2008) analisando quatro condicionadores químicos sobre a cama de aviário com diferentes doses, obtiveram reduções na emissão de NH_3 de 63; 89 e 94% com a aplicação de sulfato de alumínio nas doses 1; 2 e 4 kg m^{-2} de cama, respectivamente, quando comparado com o controle sem adição de aditivos.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar doses de sulfato de alumínio no processo de compostagem sobre a volatilização de gases e a qualidade do composto produzido.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Caracterização da Área Experimental e Instalação do Experimento

O estudo foi conduzido na Estação Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Campus de Dois Vizinhos. A cama foi proveniente do aviário do campus da UTFPR, Dois Vizinhos, em sistema de integração com a iniciativa privada – Brasil Foods. A cama estava com 15 lotes de utilização, a qual apresentou a seguinte composição química: 78% de matéria seca; 20,79 g kg^{-1} de nitrogênio (N); 11,89 g kg^{-1} de fósforo (P); 24,95 g kg^{-1} de potássio (K); 9,06 g kg^{-1} de cálcio (Ca); 6,13 g kg^{-1} de magnésio (Mg); 347,68 g kg^{-1} de carbono total (CT), 16,7 de relação carbono:nitrogênio (C:N) e 8,1 de potencial de hidrogênio (pH em água).

A instalação do experimento foi em 6 de agosto de 2013 e término em 4 de novembro de 2013. A área experimental utilizada para a decomposição da cama de aviário consistiu em uma estrutura (composteira) com paredes e piso de alvenaria, coberta com telhas de amianto, composta por 8 cubículos de 1 m^2 de área com altura de 2,5 m, sendo três lados fechados e a frente aberta. Os cubículos foram divididos ao meio com tábuas até uma altura de 60 cm, formando assim 16 unidades com dimensões de 0,5 x 1,0 x 0,6 m (largura,

profundidade e altura, respectivamente) com um volume total de 0,3 m³. Os lados abertos dos cubículos foram cobertos com cortinas de lona dupla face de 150 micras propiciando a homogeneidade dos sistemas com relação aos fatores climáticos.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, contendo cinco doses do condicionador sulfato de alumínio (SA) e três repetições, totalizando 15 parcelas. Foram utilizadas doses de sulfato na concentração de 0; 2,5; 5; 7,5 e 10% (relação massa/massa). Para tratar 100 kg de cama de aviário foram utilizadas as seguintes quantidades: dose 0 = testemunha (sem aplicação do condicionador); dose 2,5% = 2,975 kg de SA; dose 5% = 5,95 kg de SA; dose 7,5% = 8,925 e dose 10% = 11,9 kg de SA.

As unidades experimentais receberam uma massa de 100 kg de cama de aviário mais a massa do tratamento e mais água suficiente para atingir uma umidade de 60% numa relação massa/massa. A homogeneização dos tratamentos com a cama de aviário e a água foi realizada em betoneira. Após serem tratadas e umedecidas, cada mistura foi alocada na composteira. As áreas das composteiras foram forradas com plástico para evitar a perda de umidade para o meio externo. Foi realizado o umedecimento superficial da cama de aviário nos dias: 24/08, 28/08, 01/09, 13/09, 21/09, 25/09, 02/10, 09/10, 16/10, 23/10 e 30/10 de 2013, sendo adicionados dois litros de água por parcela, totalizando 22 litros de água. Este umedecimento foi realizado devido a observação de perda de umidade superficial da mistura.

3.4.2 Parâmetros Avaliados

3.4.2.1 Coleta das emissões de dióxido de carbono (CO₂), amônia (NH₃) e temperatura

Durante todo o processo de maturação da cama de aviário foi realizada a avaliação da volatilização de NH₃, a liberação de CO₂ e o acompanhamento da temperatura dos materiais.

As coletas ocorreram em intervalos irregulares, devido a diminuição das emissões durante o processo de compostagem. Inicialmente foram realizadas em intervalo de dois dias (total de oito coletas), posteriormente avaliações a cada quatro dias (total de nove coletas) e terminando com avaliações a cada sete dias (total de cinco coletas).

3.4.2.1.1 Quantificação das emissões de CO₂

As avaliações de CO₂ foram realizadas por meio de câmaras fechadas que constaram de bases construídas com aço galvanizado, com diâmetro de 30 cm. As câmaras foram confeccionadas em PVC com 23 cm de diâmetro e 30 cm de altura.

Para as determinações de CO₂ foram colocados dentro dessas câmaras um recipiente plástico com capacidade para 0,4 L, elevado 5 cm da parte superficial da cama por um suporte de aço galvanizado, contendo 0,2 L de solução de NaOH mol L⁻¹, que permaneceram dentro da câmara por 24 horas. Posteriormente, os recipientes contendo NaOH foram retirados e encaminhados ao laboratório para a análise. Dos 0,2 L de NaOH dos recipientes uma alíquota de 0,015 L foi transferida para um erlenmeyer, adicionando-se 1 mL de solução de BaCl₂ 50% saturado, 2 a 3 gotas de indicador fenolftaleína 1% e posterior titulou-se com solução de HCl 0,5 mol L⁻¹ até a viragem de coloração do incolor para o rosa.

3.4.2.1.2 Quantificação da emissão de NH₃

As avaliações de NH₃ foram realizadas por meio de câmaras semi-abertas que constaram de bases produzidas em aço galvanizado, com diâmetro de 30 cm e câmaras confeccionadas em PVC, possuindo 25 cm de diâmetro com 40 cm de altura.

As amostras para avaliações de NH₃ foram coletadas utilizando-se espumas cortadas em círculos, com diâmetros de 25 cm, espessura de três cm e densidade 32, que foram umedecidas em solução de H₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹ e glicerina 2%. As espumas foram colocadas dentro das câmaras sobre um suporte de tela para que ficassem elevadas dentro das mesmas. As espumas permanecerem 24 horas sobre a cama de frangos, após foram levadas para o laboratório de solos onde foram lavadas individualmente em 0,4 L de solução de KCl 1 mol L⁻¹ para quantificar a NH₃ que ficou aprisionada na espuma. Da solução resultante de KCl + N foi transferida uma alíquota de 0,025 L para tubo de ensaio de 0,1 L, adicionando 0,2 gramas de óxido de magnésio e efetuada posterior destilação em destilador semimicro Kjeldahl. A captura do destilado ocorreu em erlenmeyer contendo 10 ml da solução de ácido bórico 40%. Após o processo de destilação a solução presente no erlenmeyer foi titulada com HCl 0,05 mol L⁻¹ e por meio de cálculos foi determinada a quantidade de nitrogênio amoniacal perdido no período.

g de N na espuma =

$$\frac{0,0007 (HCl \text{ gasto na titulação da amostra} - HCl \text{ gasto na prova em branco}) \times \text{volume total de lavagem}}{\text{diâmetro da esponja}}$$

3.4.2.1.3 Medição da temperatura

As medições da temperatura das parcelas foram realizadas seguindo os mesmos intervalos de coletas de gases. Realizava-se uma leitura no momento da colocação das

câmaras e outra no momento da retirada. A medição foi realizada na parte superior com termômetro digital com haste de 10 cm, o qual era inserido no material em decomposição até a profundidade da haste.

3.4.2.2 Potencial de Hidrogênio (pH)

A determinação do pH da cama foi avaliada seguindo a metodologia proposta por Miragliotta (2000). A primeira coleta ocorreu aos 16 dias de maturação da cama de aviário, logo após foram seguidos intervalos de coleta de quatro em quatro dias até completarem nove coletas e para finalizar foram utilizados intervalos de sete em sete dias até completarem cinco coletas.

3.4.2.3 Teor de Umidade e Análise de Nutrientes

As coletas de amostras para umidade e análise de nutrientes do composto foram realizadas aos 16, 52 e 90 dias de maturação do material.

O teor de umidade do material foi obtido mediante pesagem inicial e final da amostra submetida à secagem em 65 °C, por um período de 72 horas em estufa de circulação de ar forçado.

Nas amostras da cama de aviário avaliaram-se as concentrações dos elementos: Ca, Mg, N, P, K, e C total (CT). A determinação de N total foi realizada por digestão sulfúrica de arraste a vapor com titulação, método Kjeldahl descrito por Tedesco et al. (1995). Os demais nutrientes foram avaliados após uma digestão nitro-perclórica dos materiais, nos quais Ca, Mg e foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, o P determinado por espectrofotometria UV-VIS e o K por fotometria de chama, todos seguindo a metodologia para tecido vegetal descrita pela Embrapa (1999). O CT foi determinado por combustão úmida por volumetria de oxi-redução, método proposto por Yeoman e Bremner (1988).

3.4.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância com 5% de probabilidade, em modelo fatorial, sendo fator A quantitativo referentes as doses de condicionadores e fator B qualitativo referentes as semanas e as coletas. Quando significativo para os tratamentos qualitativos foi aplicado teste de Tukey ou Scott Knott a 5% de probabilidade e para fatores de efeito quantitativo foram feitos testes

de regressão polinomial considerando o maior grau significativo. Para as médias das semanas da variável CO₂ foi aplicado teste de Scott Knott.

Utilizou-se o programa computacional Assistat 7.6 Beta (2012) desenvolvido por Silva e Azevedo (2009). As tabelas com as análises de variâncias encontram-se nos anexos.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1 Emissão de NH₃ e CO₂

Houve interação entre doses de SA versus semanas de compostagem para a emissão de NH₃, por isso os dados são apresentados em conjunto (Figura 1). A volatilização de NH₃ para as doses 0 e 2,5% de SA ajustaram-se ao modelo exponencial de regressão no decorrer das semanas. Já para as doses 5; 7,5 e 10% de SA ajustaram-se ao modelo linear decrescente de regressão polinomial (Figura 1).

A dose 0% de SA (sem adição do condicionador) apresentou maiores perdas de NH₃ que as demais doses, emitindo na primeira semana 4,08 g de N amoniacal m² dia⁻¹, enquanto as doses 2,5; 5; 7,5 e 10% emitiram 2,99; 1,60; 1,00 e 0,23 g de N amoniacal m² dia⁻¹, respectivamente (Figura 1). O pH mais alcalino pode ter favorecido a maior emissão de NH₃ da compostagem (Figura 4), pois resíduos com pH alcalino podem dificultar a realização da compostagem, acarretando perda de N pela volatilização de NH₃ (VALENTE et al., 2012).

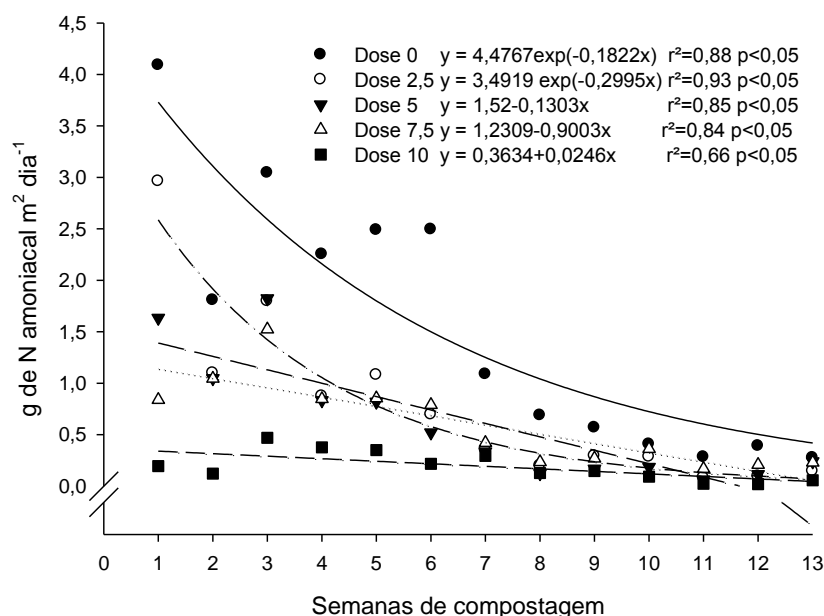


Figura 1: Perda de nitrogênio amoniacal (NH_3) durante o processo de compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

Do et al. (2005), em estudo com seis condicionadores adicionados em cama de aviário de casca de arroz avaliado por 42 dias, obtiveram concentração de NH_3 nas três primeiras semanas zeradas com a aplicação de sulfato de alumínio, com aumento para 1,3; 4,20 e 4,63 ppm na quarta, quinta e sexta semana, respectivamente. Assim, a emissão acumulada aos 42 dias foi 86,18% menor que o obtido no controle e com média de pH de 6,7.

A partir da segunda semana de compostagem as doses 2,5; 5 e 7,5 de SA mantiveram emissões semelhantes. A dose 10% manteve-se com as menores perdas de N amoniacal durante a compostagem, (Figura 1), provavelmente pela ação do condicionador em diminuir o pH da cama, reduzindo assim a volatilização de NH_3 . Li et al. (2008) analisando quatro condicionadores químicos sobre a cama de aviário (sulfato de alumínio líquido e granular, zeolita e ferix 3) obtiveram reduções na emissão de NH_3 de 63; 89 e 94% com a aplicação de sulfato de alumínio líquido nas doses 1; 2 e 4 kg m^{-2} de cama, respectivamente, quando comparado com o controle sem adição de aditivos, enquanto que a aplicação de sulfato de alumínio granular proporcionou reduções da volatilização de NH_3 de 81; 93 e 94% com doses de 0,5; 1,0 e 1,5 kg m^{-2} de cama. Observaram também que com a aumento da dose diminui-se a emissão de NH_3 e que a aplicação de aditivos diminuiu o pH, levando a menor perda de N amoniacal e maior teor de N na superfície da cama (2,5 cm).

Loch et al. (2011) estudando a volatilização de NH_3 em cama de capim elefante picado tratado com diferentes condicionadores, também observaram que a emissão de NH_3 é reduzida com a adição de sulfato de alumínio, encontrando reduções aos 21 dias de criação para o primeiro, terceiro e quarto lotes, sendo que aos 42 dias houve redução no NH_3 , no quarto lote, demonstrando-se que o condicionador é eficiente na redução de NH_3 volatilizada.

A dose 0% de SA na soma total de NH_3 emitida durante o processo de compostagem (139,03 $\text{g m}^2 \text{dia}^{-1}$ de N amoniacal) foi 87,5% superior em relação a dose 10% (17, 41 $\text{g m}^2 \text{dia}^{-1}$ de N amoniacal), sendo que a emissão da primeira semana do processo na dose 0% (28,62 $\text{g m}^2 \text{dia}^{-1}$ de N amoniacal) obteve valores superiores ao somatório final de emissão da dose 10%, indicando que a adição do condicionador foi eficiente no processo de controle da perda de NH_3 para atmosfera durante a maturação da cama de aviário. Tiquia e Tam (2000) relataram que os processos de volatilização e de desnitrificação (redução do NO_3 , a NO_x e N_2) foram os principais responsáveis pelas perdas mais significativas de N.

Durante a última semana de compostagem as emissões de NH_3 foram de 0,05 a 0,27 $\text{g m}^2 \text{ dia}^{-1}$ de N amoniacal, com reduções de 14,3% (dose 5) à 95,1% (dose 2,5) em relação a primeira semana de compostagem do material, demonstrando a menor emissão de NH_3 com o final do processo de decomposição do material (Figura 1). Moore et al. (2000) aplicando sulfato de alumínio sobre cama de aviário em galpões de produção, verificaram que os fluxos de NH_3 foram significativamente reduzidos pelo tratamento nas primeiras quatro semanas, tendo durante este período fluxo médio de 0,02 $\text{g NH}_3\text{-N m}^2 \text{ dia}^{-1}$, comparados com 0,22 $\text{g NH}_3\text{-N m}^2 \text{ dia}^{-1}$ para o controle, representando uma redução de 99% do NH_3 .

Houve efeito para os fatores analisados separadamente doses de aplicação de SA e semanas de compostagem para CO_2 , mas não houve interação entre os fatores. Por isso, os fatores são demonstrados separadamente (Figura 2 e Tabela 1).

Na primeira semana de compostagem ocorreu a maior emissão de CO_2 , sendo 531,6 $\text{g CO}_2 \text{ m}^2 \text{ dia}^{-1}$, diferindo-se das demais semanas (Tabela 1). Para a sétima e oitava semana ocorreram as menores liberações de CO_2 , diferindo-se das demais semanas, fato que provavelmente ocorreu devido à queda da temperatura da compostagem (Figura 3), o que pode ter diminuído a atividade microbiana e, conseqüentemente, promovido uma menor liberação de CO_2 . Pode-se observar que no decorrer do período a emissão de CO_2 para a atmosfera diminuiu, com uma redução de 71,3% da primeira para a décima terceira semana de compostagem (531,6 para 379 $\text{g m}^2 \text{ dia}^{-1}$).

Tabela 1: Liberação de CO_2 no processo de decomposição de cama de aviário no decorrer das semanas, com aplicação de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015

Semanas	$\text{g m}^2 \text{ dia}$	Semanas	$\text{g m}^2 \text{ dia}$
1	531,6 a	8	341,7 f
2	486,6 b	9	386,1 d
3	462,9 c	10	386,1 d
4	460,0 c	11	387,4 d
5	447,9 c	12	399,1 d
6	459,6 c	13	379,4 d
7	355,6 e	---	---
CV %		4,41	

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% ($p < 0,05$).

Os valores médios de emissão de CO_2 ajustaram-se a um modelo linear de regressão polinomial (Figura 2). A dose 10% de SA teve a menor emissão de CO_2 com média de 408,64 g de CO_2 emitido em 24 horas, tendo uma redução de 5% na emissão quando

comparada com o controle. A dose 0% foi superior na emissão (432,47 g), seguida pelas doses 5 (427,22 g); 2,5 (426,31) e 7,5 (414,88 g). Estas perdas são ocasionadas devido a ação de degradação biológica dos microrganismos durante o processo de compostagem ocorrendo perdas de CO₂ (FIALHO et al., 2005). Estes utilizam O₂ disponível para transformar o carbono do substrato orgânico e obter energia, liberando CO₂, água e gerando calor (INÁCIO E MILLER, 2009). A maior atividade biológica contribui para valores mais elevados de pH (Figura 4) (HAHN et al., 2012), assim nas doses menores de SA, obteve-se os maiores valores de pH e uma maior atividade microbiana (Figura 2).

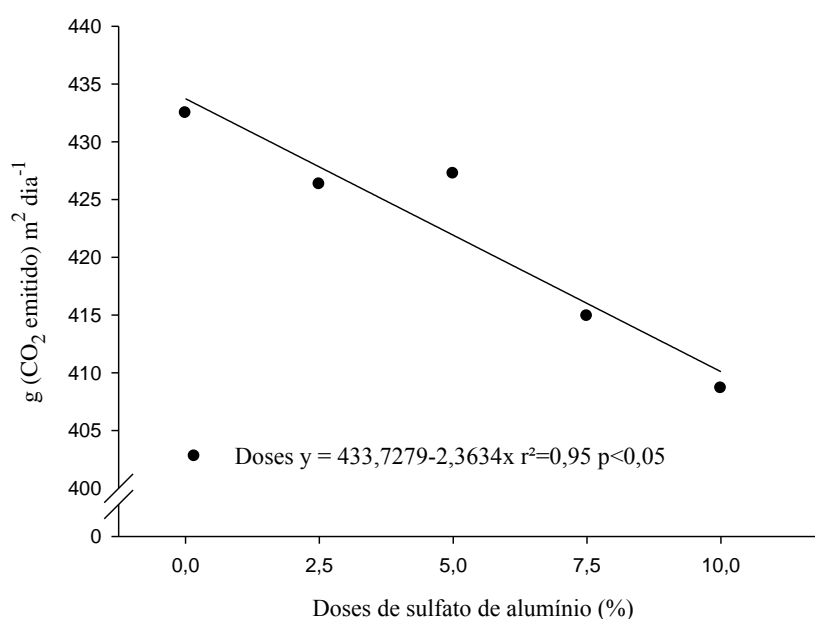


Figura 2: Liberação de CO₂ no processo de compostagem de cama de aviário com diferentes doses de aplicação de sulfato de alumínio.

3.5.2 Temperatura

Houve interação entre as doses aplicadas de SA versus as semanas de compostagem para a temperatura. A mesma ajustou-se a um modelo quadrático de regressão polinomial no decorrer das semanas para todas as doses utilizadas (Figura 3).

As temperaturas na compostagem nas duas primeiras semanas para todos os tratamentos atingiram valores próximos a 50°C, ficando abaixo dos 45°C a partir dos 21 dias (Figura 3). Temperaturas em torno de 50°C demonstram de forma indireta o sucesso da compostagem, pois indica que houve intenso processo de degradação da matéria orgânica (ORRICO JÚNIOR et al., 2012), ocorrendo a ação dos microrganismos, passando pela fase termofílica, na qual ocorre o aumento da atividade microbiana, com as principais modificações da matéria orgânica e eliminação de microrganismos patogênicos com

temperaturas acima de 45°C. (INÁCIO e MILLER, 2009). Costa et al. (2006), verificaram em compostagem de carcaças de aves que ocorre uma redução progressiva dos microrganismos patogênicos, como os coliformes totais e termotolerantes, além da destruição das bactérias do gênero *Salmonella*, que haviam sido isoladas no material inicial e não foram encontradas no composto final.

A queda da temperatura após a terceira semana de compostagem indica que o material passou para a fase mesofílica. Nesta fase ocorre a degradação de substâncias orgânicas mais resistentes por microrganismos mesófilos, redução da atividade microbiana e consequentemente queda de temperatura da leira (Figura 3) e perda de umidade (Tabela 2). Após passa-se para a fase de maturação do composto com formação de substâncias húmicas, baixa atividade biológica e perda da capacidade de auto aquecimento. A decomposição ocorre em taxas baixas que prosseguem quando o composto for aplicado ao solo, liberando os nutrientes (INÁCIO e MILLER, 2009).

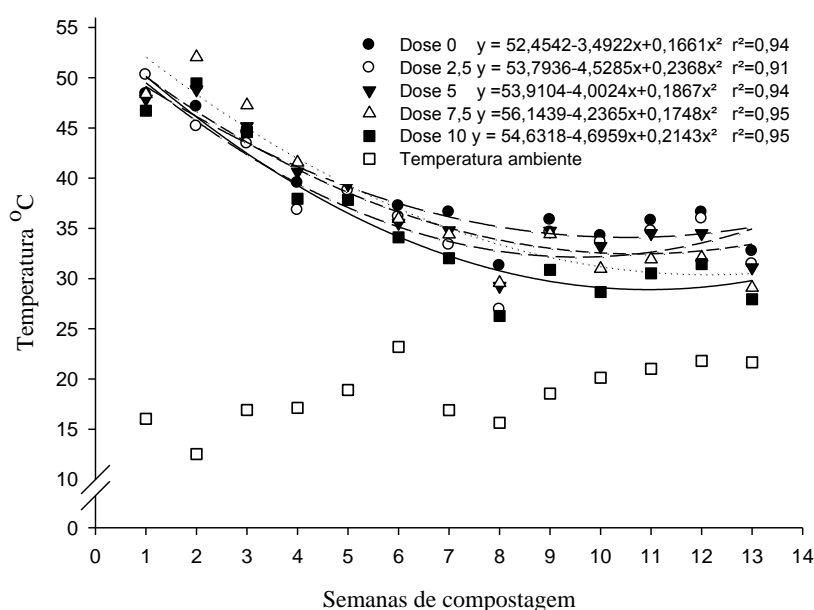


Figura 3: Temperatura da compostagem e do ambiente durante o processo de decomposição da cama de aviário, com aplicação de doses de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

Durante as primeiras semanas de compostagem quando ocorreram as maiores temperaturas (Figura 3), fundamentais para o bom condicionamento da compostagem, foram nestes períodos que ocorreram as maiores perdas de N amoniacal (Figura 1) para todas as doses utilizadas de SA, fato que também foi observado por ORRICO JÚNIOR et al. (2010),

que em compostagem de carcaças de aves misturadas a cama de aviário observaram perdas de N de 54,1%.

Em estudo de Paiva et al. (2012) avaliando a eficiência da compostabilidade de diferentes resíduos e diferentes processos (leiras estáticas aeradas e compostagem), observaram que a composteira constituída de palha de café, cama de frango e carcaça de frango obtiveram pico de temperatura no centro da compostagem de 82°C, no quarto dia, e decrescendo continuamente até os 60°C. Enquanto a compostagem com bagaço de cana de açúcar, cama de frango e carcaça de frango inteira atingiu 60°C (centro), no sexto dia e manteve-se em torno de 55°C (centro) por oito dias. Já com bagaço de cana de açúcar, cama de frango e carcaça de frango triturada atingiu o pico de temperatura no terceiro dia com 50°C, mantendo por maior parte do tempo valores próximos aos 40°C, enquanto com palha de café, cama de frango e carcaça de frango triturada atingiu pico de temperatura de 60°C (topo) já no terceiro dia de montagem da leira. No presente estudo a temperatura foi avaliada a 10 cm de profundidade mantendo-se ao redor de 50°C, concordante com a literatura.

Observou-se que a temperatura do meio externo teve tendência de modificar a temperatura da compostagem, fato melhor observado na oitava semana do processo, quando a temperatura ambiente favoreceu a queda da temperatura da compostagem (Figura 3), o que pode ter ocasionado uma menor atividades microbiana e conseqüentemente menor emissão de CO₂ nesta semana (Tabela 1). Segundo Orrico Júnior et al. (2012) a temperatura ambiente influencia diretamente a da compostagem, por estarem expostas ao meio, as trocas térmicas são inevitáveis, e são ainda mais intensas em dia com baixa temperatura e com ação do vento. Nas últimas semanas a temperatura da compostagem diminui, aproximando-se a do ambiente, este fato ocorre provavelmente devido os microrganismos diminuírem a atividade, demonstrando a maturação do composto.

3.5.3 Umidade

Não houve interação entre os fatores doses de SA versus dias de coleta para a umidade da cama de aviário em compostagem. Todavia houve diferenças significativas para a média das coletas, onde aos 16 (49,0%) e 90 dias (51,9%) diferiram da coleta aos 56 dias (39,9%) (Tabela 2). O menor valor da variável aos 56 dias pode ter ocorrido devido a perda de umidade da leira para o ambiente e também pela ação dos microrganismos. A inexistência de efeitos quanto a utilização das doses de SA sobre o teor de umidade ocorreu porque geralmente os condicionadores não afetam esta variável da cama, exceto para aqueles com

grande capacidade de absorver água, como gesso, calcário dolomítico e zeolita (LOCH, et al., 2011).

Tabela 2: Teor de umidade (%) da compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

Dias	Doses					Médias
	0	2,5	5	7,5	10	
	-----%-----					
16	49,15 ⁿ	49,85	48,55	48,73	48,73	49,00 a
56	38,81	43,28	39,18	34,82	38,41	39,90 b
90	55,00	49,25	52,32	50,95	51,88	51,88 a
Médias	47,65	47,46	46,68	44,83	46,34	-
C.V.%	12,02					

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% ($p < 0,01$).

O teor de umidade para as doses 0; 5; 7,5 e 10% de SA aos 56 dias ficaram no intervalo dos padrões recomendados por Inácio e Miller (2009) que são de 40 a 65% na compostagem, pois com valores abaixo de 40% o processo pode se tornar baixo e insuficiente para manter a atividade termofílica. No entanto, em níveis acima de 65% de umidade, a água desloca muito ar existente nos espaços porosos e reduz o seguimento entre poros, restringindo sua propagação e favorecendo condições para atividade microbiana anaeróbica e lixiviação de nutrientes (FIALHO et al., 2005). A condição dada aos 56 dias com baixa umidade pode também ter afetado a taxa de decomposição e a temperatura (Figura 3), situação revertida com a adição periódica de água.

3.5.4 pH

Ocorreu interação entre as doses de aplicação de SA e semanas de compostagem para o pH. A variável ajustou-se em modelo quadrático de regressão polinomial para todas as doses de condicionador utilizadas (Figura 4).

O valor de pH encontrado na primeira semana para a testemunha foi de 7,9, considerado alcalino e que influencia no aumento da emissão de NH_3 . Já o pH para as doses 2,5% (6,2), 5% (6), 7,5% (6,1) e 10% (6,1) ficaram abaixo da neutralidade, emitindo menor quantidade de NH_3 na primeira semana comparados a testemunha (Figura 1). Resultados semelhantes foram observados por Li et al. (2008) utilizando quatro condicionadores químicos na cama de aviário, obtendo pH de 7,5; 7,0 e 6,4 com aplicação de 1, 2 e 4 $\text{kg}^{-1} \text{m}^2$ de cama de sulfato de alumínio líquido, enquanto o controle obteve pH de 7,6. Com adição de sulfato de alumínio granular obtiveram pH de 7,6; 7,0 e 6,8 para as doses 0,5; 1,0 e 1,5 kg^{-1}

m², respectivamente, enquanto o controle alcançou pH de 7,6. Segundo os autores, valores baixos de pH diminuem a decomposição do ácido úrico, o que por sua vez resulta em menor formação de N amoniacal, menor emissão de NH₃ e maior retenção de N na cama.

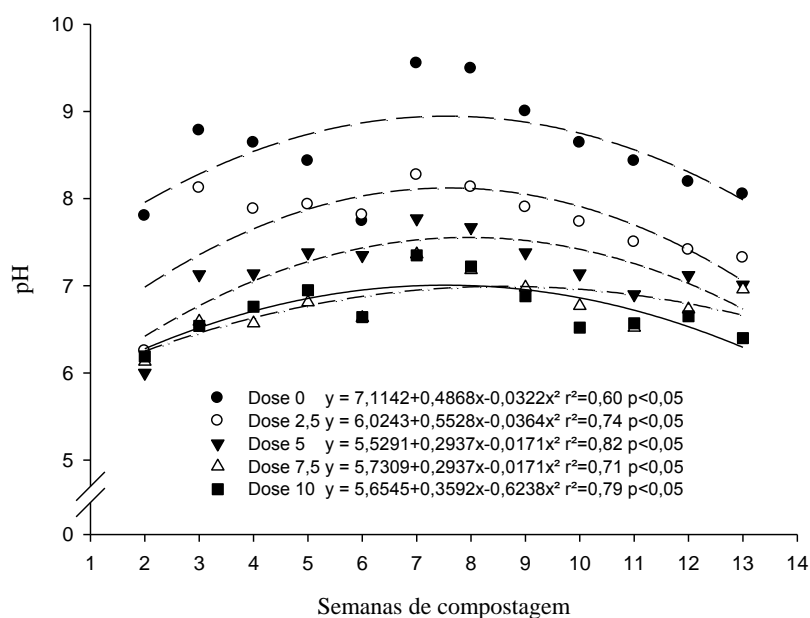


Figura 4: pH da compostagem de cama de aviário em decomposição, submetida a doses de aplicação de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

O maior pH observado foi na sétima semana de compostagem na dose 0% (9,5) (Figura 4). Com relação ao período integral do processo de maturação da cama, os maiores valores de pH foram na dose 0% com média de 8,6, enquanto a dose 7,5 e 10% obtiveram ambos médias iguais a 6,7. Isso indica que a aplicação do condicionador diminui o pH da cama em compostagem e a emissão de NH₃ (Figura 1). Com pH elevado aumenta-se o equilíbrio entre NH₄⁺:NH₃, no sentido da produção de NH₃ e sua volatilização (BRITO et al., 2009).

Resultados semelhantes foram encontrados por Loch et al. (2011) utilizando diferentes condicionadores químicos sobre cama de capim elefante no processo de fermentação. No qual, avaliando cinco lotes de aves consecutivos, obteve a maior eficiência em reduzir o pH com dose de 0,56 kg m⁻² de sulfato de alumínio, aos 21 dias de criação das aves para todos os lotes (6,9) e aos 42 dias, para o primeiro, segundo (8,6) e quarto lote (8,5), quando comparados com os demais condicionadores. Já Orrico Júnior et al. (2010) com compostagem de carcaça de frango misturada a cama de aviário sem adição de condicionadores químicos, observaram que o pH manteve-se acima de 8,6, proporcionando durante a compostagem que a formação de NH₃ fosse favorecida.

As diferenças nos valores de pH encontrados na compostagem devem-se provavelmente a adição das doses de SA e também ao início da decomposição da matéria orgânica que libera ácidos orgânicos (FIALHO et al., 2005). O pH ainda sofre com o efeito da mineralização do nitrogênio orgânico, que corresponde a grande parte do N da matéria orgânica que é transformado em nitrogênio amídico ou em nitrogênio amoniacal, elevando assim o pH devido a reação alcalina, característica da amônia (FIALHO et al., 2005), e favorecendo a emissão de amônia para a atmosfera (INÁCIO e MILLER, 2009). Quando adiciona-se condicionador e proporciona-se a queda do pH, altera-se o equilíbrio entre o NH_3 e o íon NH_4 diminuindo a concentração do NH_3 e a sua volatilização e aumentando a concentração de NH_4 , que não é volátil ($\text{NH}_3 + \text{H} \rightarrow \text{NH}_4^+$) (MOORE et al., 2000) durante a compostagem.

O aumento da adição de SA contribuiu para a redução do pH do material compostado. Assim, o tratamento que recebeu 10% de condicionador obteve a menor média de pH, diferindo-se 21,4% da dose 0%.

A redução do pH da cama ocorre devido ao alumínio, uma vez que este é um ácido formado por 6 mols de H^+ , cada mol de sulfato de alumínio dissocia-se, da seguinte forma:

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{SO}_4^{2-} + 6\text{H}^+ + 14\text{H}_2\text{O}$ (MOORE et al., 2000).

Kim e Choi (2009) utilizando doses de alumínio sobre cama de aviário constituída de casca de arroz e aparas de madeira, também observaram reduções no pH da cama das aves. As camas tratadas possuíam valores entre 6,9 e 7,5, enquanto o controle possuía valores entre 8,1 e 8,4 durante as três semanas de avaliação em laboratório, sendo o alumínio eficaz para diminuir o pH da cama.

3.5.5 Composição do composto orgânico

O COT não apresentou interação entre os fatores doses de SA versus dias de coletas. Sendo que com o aumento das doses observou-se tendência em aumentar a concentração da variável no composto, onde os maiores teores ao final da compostagem foram observados nas doses 5% e 10% de SA (Tabela 3), provavelmente pela menor emissão de CO_2 com o aumento das doses do condicionador (Figura 2).

Tabela 3: Concentração de carbono orgânico total da compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015

Dias	Doses					Médias
	0	2,5	5	7,5	10	
	-----g Kg ⁻¹ -----					
16	323,74	333,70	343,19	332,54	348,78	336,39 a
56	325,40	319,28	336,81	326,41	327,48	327,08 a
90	286,86	314,07	324,49	291,78	325,49	308,54 b
Médias	312,00	322,35	334,83	316,91	333,92	-
C.V.% ^a	5,00					

As médias seguidas pela mesma letra na coluna nos diferentes dias de coleta, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$). UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

Houve diferenças nas concentrações médias de COT entre as coletas, onde aos 16 dias de compostagem observou-se a maior concentração da variável, não diferindo-se da coleta aos 56 dias, mas ambas tiveram concentrações maiores que aos 90 dias (Tabela 3). A maior concentração de COT aos 16 dias provavelmente ocorreu por ser início da compostagem, posteriormente com as perdas contínuas de CO₂ e CH₄, as quais contribuíram para a queda da concentração do elemento até o final do processo.

Para as variáveis N e relação C:N do material compostado não houve interação entre os fatores doses de aplicação versus coleta. Por isso, os dados foram demonstrados separadamente. As doses de SA para o N nas coletas ajustaram-se a um modelo linear crescente de regressão polinomial (Figura 5), enquanto que para a relação C:N nas coletas ajustaram-se ao modelo linear decrescente (Figura 6).

Os valores de N possuíram uma tendência de aumentar sua concentração na cama de aviário compostada a medida que ocorreu o aumento das doses de SA (Figura 5). A concentração de N aos 16 dias na dose 0% foi inferior aos encontrados nas demais doses, com reduções de 8,7% e 25,3%, quando comparado com as doses 2,5 e 10%, respectivamente (Figura 5A), valores semelhantes foram encontrados aos 56 dias do processo (Figura 5B). Nos 92 dias a dose 10% apresentou 27,3 g de N kg⁻¹ de cama, foi 18,9% superior quando comparada com o tratamento que não recebeu o condicionador (22,1 g kg⁻¹) (Figura 5C). Isso indica que o SA foi eficiente na diminuição da perda de N que ocorre durante o processo de compostagem na forma de NH₃ que volatiliza junto com o vapor de água (INÁCIO e MILLER, 2009) e conseqüentemente diminui este nutriente do composto final.

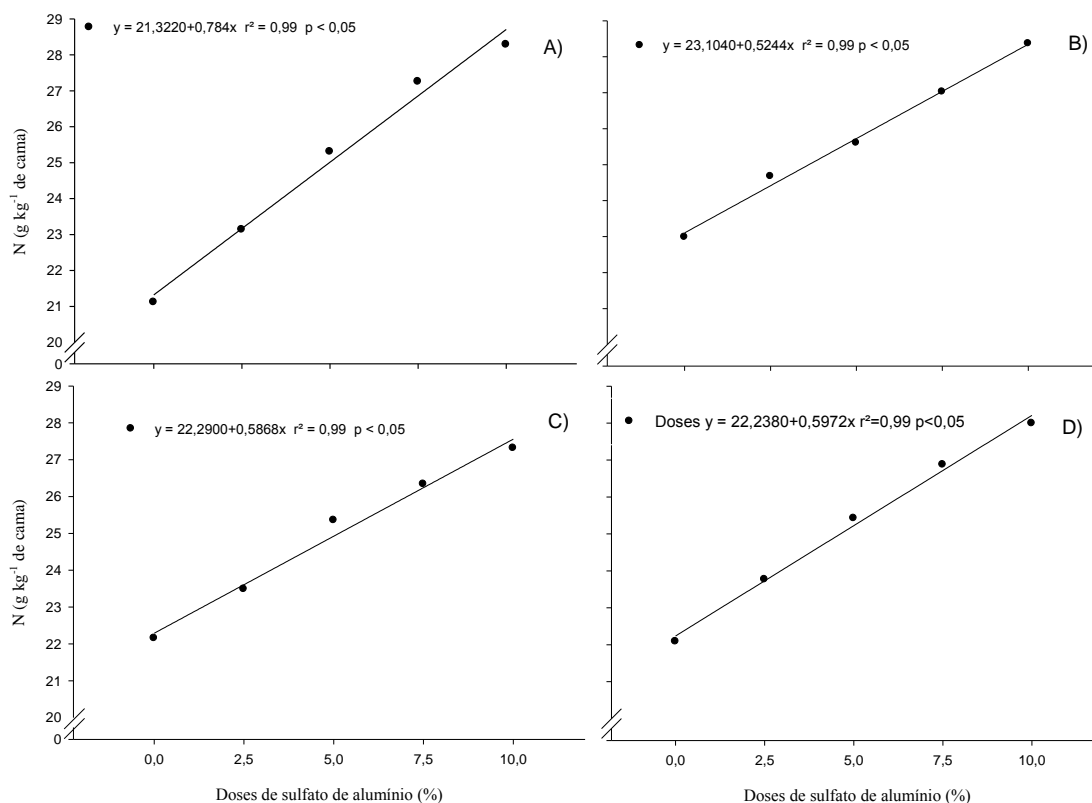


Figura 5: Concentração nitrogênio (N) em cama de aviário em compostagem, com doses de aplicação de sulfato de alumínio aos 16 (A), 56 (B), 90 (C) dias e concentração média (D) de nitrogênio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

A concentração média de N na dose 10% foi de 27,9 g kg⁻¹, 21% superior quando comparada com a dose 0% de condicionador (22 g kg⁻¹). As demais doses apresentaram concentrações entre 23 (dose 2,5%) e 24,4 g kg⁻¹ (dose 7,5%) (Figura 5D), valores estes superiores aos observados no material de origem da compostagem. Isto ocorre porque a compostagem quando bem realizada retém os nutrientes presentes no material original na forma de substâncias orgânicas estáveis, pois durante o processo a decomposição de moléculas orgânicas mineraliza nutrientes resultando em fosfatos (PO₄⁻), íons de potássio (K⁺), amônio (NH₄⁺) e nitrato (NO₃⁻) (INÁCIO E MILLER, 2009).

A concentração de N da cama de aviário foi avaliada desde sua colocação no aviário por Bordignon (2013), apresentando 14,1 e 19,7 g kg⁻¹ de N na cama no primeiro e oitavo lote, respectivamente, refletindo em aumento de 28,3% do primeiro ao oitavo lote. No presente estudo observou-se um aumento de 25,8% na concentração de N final na dose 10% (27,9 g kg⁻¹) em relação a cama de aviário inicial (20,7 g kg⁻¹) com a utilização da compostagem. Este aumento deve-se ao fato que durante o processo de compostagem há perda de carbono na forma de CO₂, ocasionando um aumento relativo da concentração dos

elementos inorgânicos (FIALHO et al., 2005) e também pela perda de N via volatilização de amônia ter sido diminuída com a adição de SA. Orrico Júnior et al. (2010) em estudo com carcaça de frango misturada a cama de aviário sem adição de condicionadores, relataram resultados inversos aos observados neste estudo, com perdas de 71,6% de N em relação ao material com o qual iniciou-se a compostagem.

A relação C:N aos 16 dias de compostagem para a dose 0% de SA foi superior (15,3) quando comparada com as demais dosagens (Figura 6A). Isso provavelmente ocorreu devido a maior perda de N amoniacal neste tratamento (Figura 1). Resultados semelhantes foram observados aos 56 dias do processo, onde a dose 0% obteve relação C:N de 14,1, sendo 22,7% superior quando comparada a dose 10% que apresenta relação C:N de 11,5 (Figura 6B). No final do processo de compostagem (90 dias) as doses 7,5 e 10% de SA apresentaram os menores valores da variável, com 11,1 e 11,9, respectivamente, enquanto nos demais tratamentos a relação C:N ficou entre 12,7 (dose 5%) e 13,3 (dose 2,5%) (Figura 6C).

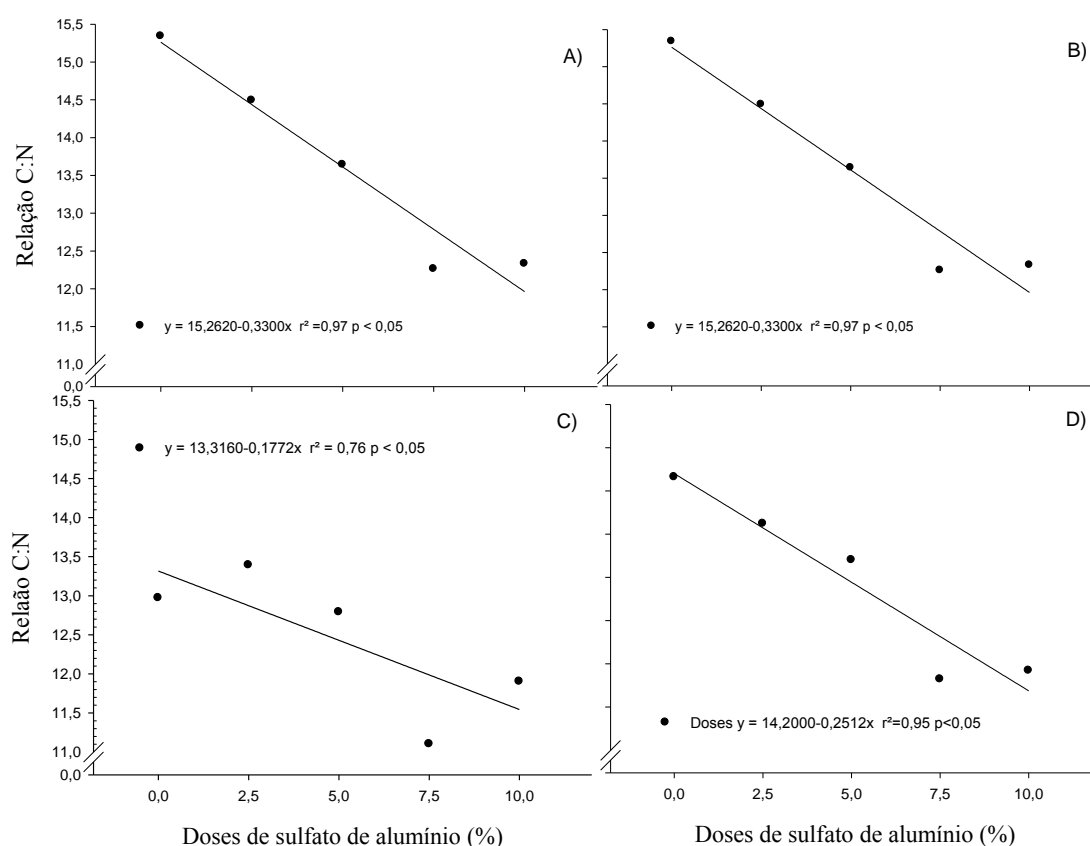


Figura 6: Relação carbono:nitrogênio (C:N) da compostagem de cama de aviário com doses de aplicação de sulfato de alumínio aos 16 (A), 56 (B), 90 (C) dias e concentração média (D). UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

A relação C:N das doses 7,5 e 10% obtiveram as maiores reduções (33,6 e 28,8%), quando comparados com o valor inicial (16,72), sendo que estes valores finais estão próximos aos parâmetros indicativos de qualidade do composto final que é considerado uma relação C:N de 10. Resultado inverso ao encontrado neste trabalho foi observado por Tiquia e Tam (2000), que em compostagem de cama de aviário com aeração forçada, sem adição de condicionadores, observaram que a relação C:N do material aumentou devido a volatilização de NH_3 .

Com o aumento da dose de sulfato os valores médios da relação C:N do material diminuiu. O maior valor médio foi observado na dose 0% de SA (14,1), que foi superior 15,8% em relação a dose 10% (11,9) (Figura 6D).

A relação C:N inicial da cama de aviário de 16,7 foi considerada baixa por Conceição (2012) que predisse que a relação inicial ótima para os substratos em compostagem deve se situar em torno de 30. No entanto a cama de aviário encontrava-se com esta relação C:N porque estava com 15 lotes de utilização, sendo que em materiais compostados podem ocorrer variações devido ao tipo de material original e às condições do processo (BRITO et al., 2011).

Segundo Valente et al. (2009) mesmo sendo constituída de maravalha, que apresenta alta relação C:N, a presença de excretas de aves contribui para sua diminuição no meio, o que pode contribuir para uma maior emissão de NH_3 . No entanto, materiais que possuem elevada relação C:N, ocorre falta de N que irá limitar o crescimento microbiano, ocasionando à não degradação do carbono, e conseqüentemente o processo ocorre mais lentamente (ANGNES, 2012). Assim, entende-se que a composição química dos compostos orgânicos produzidos está relacionada com o material de origem que foi usado na compostagem, sendo que o emprego na agricultura como fonte de nutrientes e de matéria orgânica demanda estudos da capacidade de suporte do ambiente, visando garantir a nutrição das plantas, sem comprometer os recursos naturais (COSTA et al., 2006).

Houve interação entre as doses de SA versus dias de coletas para os nutrientes Ca e Mg. Por isso os dados são apresentados em conjunto (Figura 7 e 8). As coletas aos 16 e 56 dias de compostagem para a concentração de Ca ajustaram-se a um modelo linear de regressão polinomial, já a coleta aos 90 dias ajustou-se ao modelo quadrático de regressão polinomial (Figura 7).

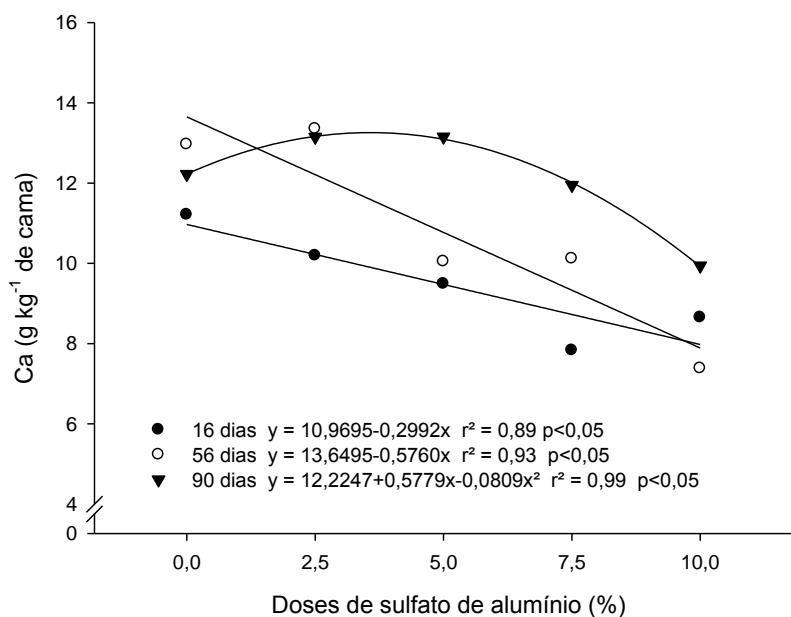


Figura 7: Concentração de cálcio na cama de aviário em compostagem com doses de aplicação de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

Aos 16 dias de compostagem a concentração de Ca no composto comportou-se de forma decrescente com o aumento da dose de SA, onde a dose 0% possuía concentração de 11,21 g kg⁻¹, enquanto a dose 7,5% possuía 8,6 g kg⁻¹. Já aos 56 dias de compostagem a melhor concentração de Ca foi observada na dose 2,5% (13,35 g kg⁻¹), sendo 3% e 44% superiores em relação a dose 0% e 10% de SA, respectivamente (Figura 7).

Houve redução de 2,2% e 18,6% na concentração de Ca com o aumento da adição de SA nas doses 7,5 e 10%, respectivamente, em relação ao tratamento sem adição de condicionador aos 90 dias. Já nas doses 2,5 e 5% observou-se aumento em torno 7%, quando comparado com a dose 0% (Figura 7). Relacionando-se os valores de Ca aos 16 e 90 dias, percebe-se que ocorreu um aumento na sua concentração em todas as doses utilizadas. Isto pode estar relacionado com a degradação da matéria orgânica, ou seja, a medida que ocorre a redução da matéria orgânica durante a compostagem, devido a mineralização, a proporção de elementos minerais no composto aumenta (ORRICO JÚNIOR et al., 2012).

As concentrações de Mg aos 16 e 56 dias de compostagem da cama de aviário em função das doses aplicadas de SA não ajustaram-se a nenhum modelo de regressão, enquanto aos 90 dias ajustou-se ao modelo quadrático (Figura 8).

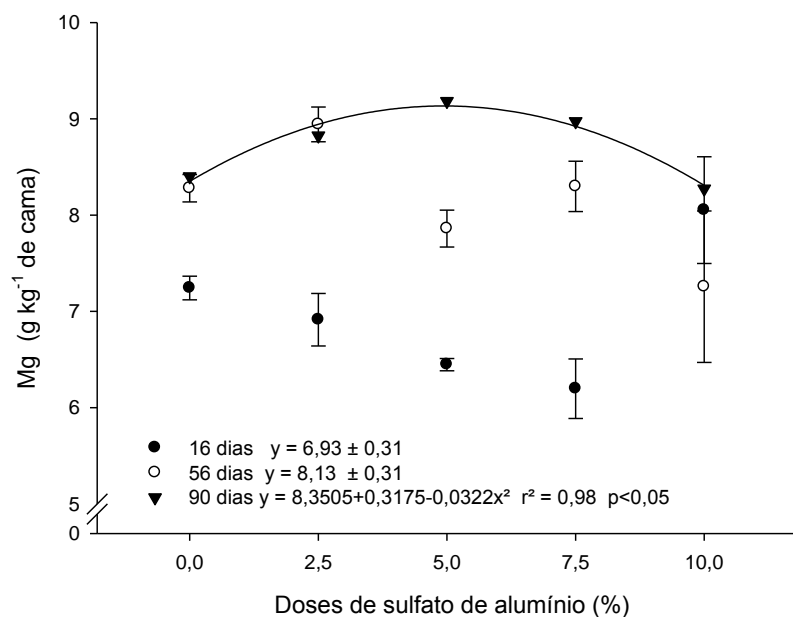


Figura 8: Concentração de magnésio na cama de aviário em compostagem com doses de aplicação de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

Na coleta aos 16 dias de compostagem a dose 10% de SA apresentou a maior concentração de Mg (8 g kg^{-1}), na qual foi superior em 10% e 23% quando comparadas com as doses 0% ($7,2 \text{ g kg}^{-1}$) e 7,5% ($6,1 \text{ g kg}^{-1}$) (Figura 8A). Aos 56 dias a dose 2,5% de condicionador foi superior as demais doses aplicadas, com concentração de $8,9 \text{ g kg}^{-1}$ de cama. Já a dose 10% apresentou a menor concentração ($7,2 \text{ g kg}^{-1}$), sendo 18,9% e 12,3% inferior quando comparada com as doses 2,5 e 7,5% de SA (Figura 8B).

A maior concentração de Mg ao final da compostagem foi observada na dose 5% de SA ($9,1 \text{ g kg}^{-1}$), a qual foi 2,2% e 4% superior quando comparadas com as doses 7,5% e 2,5% de SA, respectivamente, tendo a dose 10% a menor concentração ($8,2 \text{ g kg}^{-1}$). Pode-se observar um aumento na concentração de Mg com o final da compostagem, o que é um indicativo de que o processo foi realizado de forma adequada, evitando o excesso de umidade, formação de chorume e lixiviação de nutrientes (ORRICO JÚNIOR et al., 2012).

Para as concentrações de P e K não houve interação entre as doses de SA versus dias de coletas. A coleta aos 16 dias (Figura 9A) e concentração média (Figura 9D) de P ajustaram ao modelo quadrático de regressão polinomial. A concentração de P aos 16 dias diminuiu até a dose 7,5% ($11,4 \text{ g kg}^{-1}$), na qual foi 15,6% inferior quando comparada a dose 0% ($15,19 \text{ g kg}^{-1}$). Já os valores aos 56 dias ajustaram-se ao modelo linear, onde o aumento da dose de SA diminuiu a concentração de P no composto (Figura 9B), essa menor concentração pode estar relacionada com a formação de precipitados na forma de fosfatos ou adsorção que

são influenciadas ainda pelo pH do meio (ALMEIDA et al., 2003) ocorrida com a aumento da dose (Figura 4).

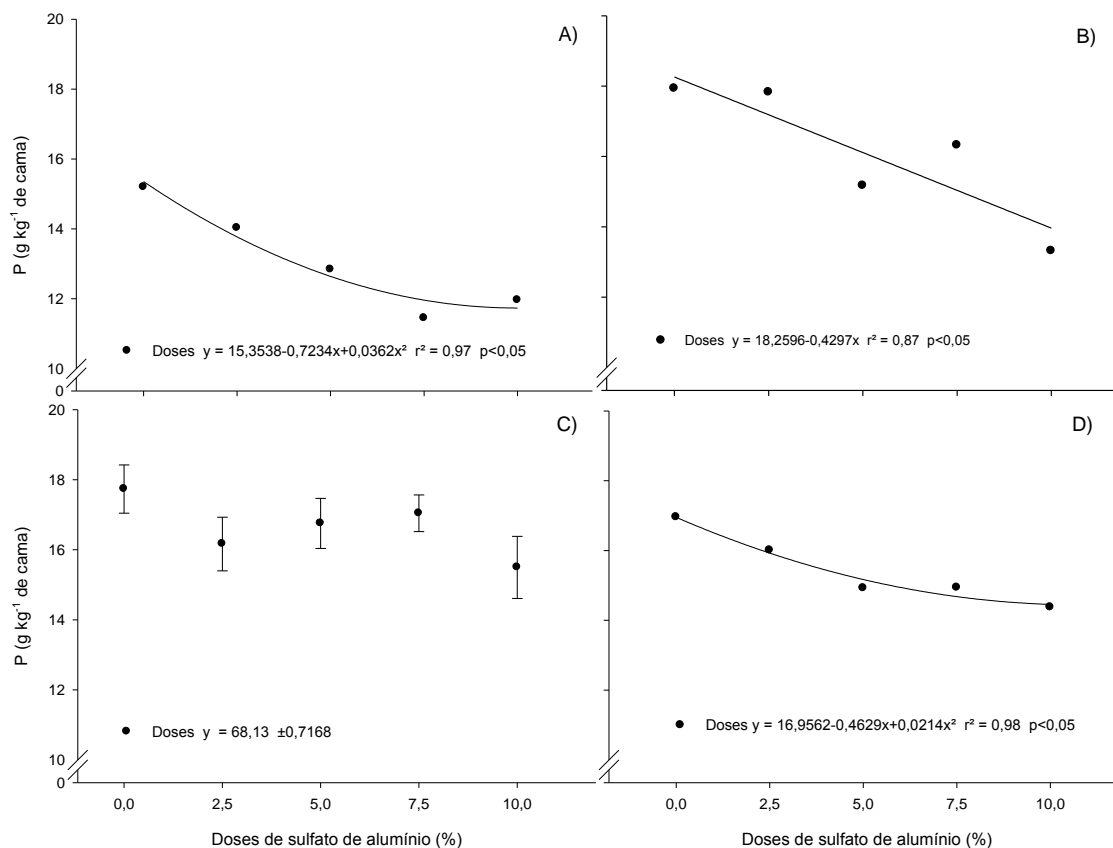


Figura 9: Concentração de fósforo (P) aos 16 (A), 56 (B), 90 dias (C) e valores médios (D) em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

No final da compostagem (91 dias) a concentração de P no composto diferiu-se apenas entre as doses 0% ($17,7 \text{ g kg}^{-1}$) e 10% ($15,4 \text{ g kg}^{-1}$) de SA, onde o tratamento sem SA foi 12,8% superior (Figura 9C). No entanto, quando se compara à concentração inicial do material ($11,8 \text{ g kg}^{-1}$) ocorreu incremento de P para todas as doses utilizadas. Desta forma, o teor de P final do composto está acima dos valores citados na literatura, que geralmente, situam-se próximos a 10 g kg^{-1} em base seca (CFS/RSSC, 1995).

A concentração de K na segunda semana de compostagem não ajustou-se aos modelos de regressão, e também não apresentou diferenças entre as doses quanto a concentração do nutriente (figura 10A). Já aos 56 dias de compostagem a concentração de K em relação as doses de SA ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, sendo que o tratamento con-

trole ($32,3 \text{ g kg}^{-1}$) apresentou a maior concentração do nutriente, tendo a aplicação do condicionador reduzido o valor de K até a dose 7,5% ($26,4 \text{ g kg}^{-1}$).

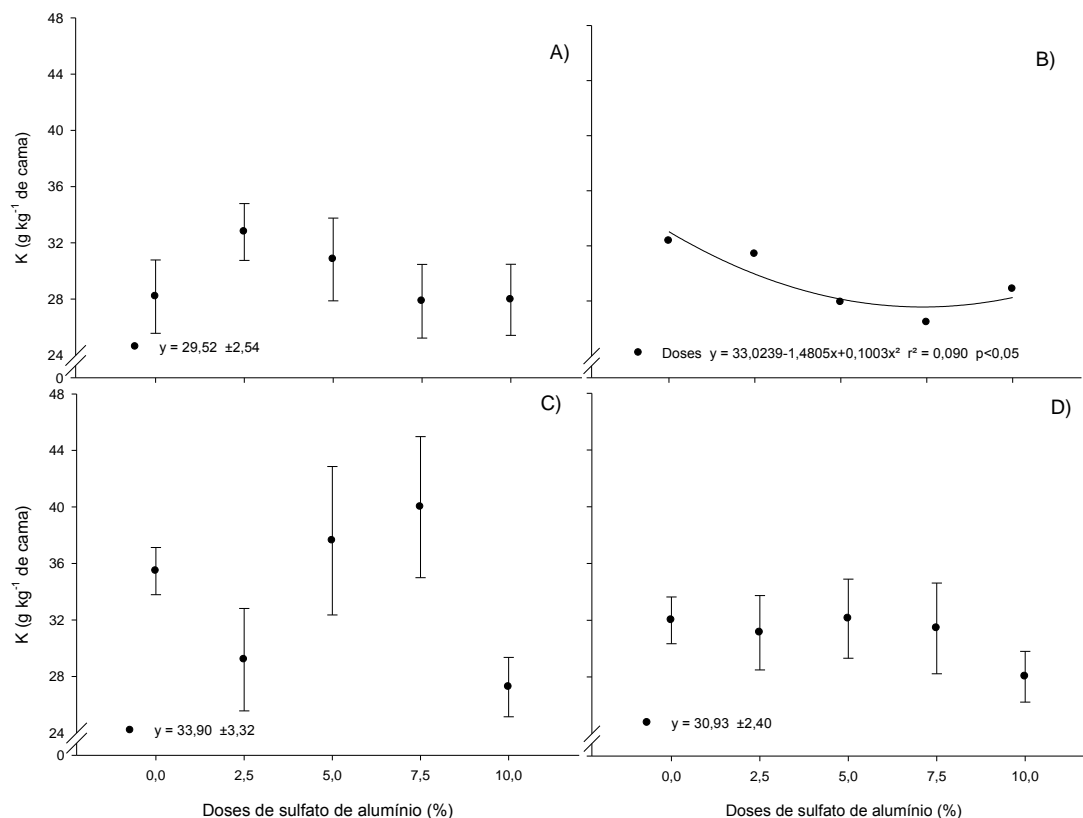


Figura 10: Concentração de potássio (N) aos 16 (A), 562 (B), 90 dias (C) e valores médios (D) em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de sulfato de alumínio. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

A concentração média de K das coletas não diferiu entre as doses utilizadas, tendo valor médio de $30,9 \text{ g kg}^{-1}$ de cama (Figura 10D). Já na concentração aos 90 dias observou-se que a dose 0% de SA foi 23,1% superior a dose 10%, indicando que esta dosagem de condicionador pode influenciar negativamente a concentração deste nutriente no composto final (Figura 10C). A concentração final do composto quando comparado ao material inicial teve maior concentração de K, com aumentos entre 9,7% e 37,5%, demonstrando que a adição de sulfato de alumínio apesar de provocar reduções mantém os níveis de K acima dos encontrados no material inicial.

3.6 CONCLUSÕES

A aplicação de SA demonstra ser eficiente na redução da volatilização de NH_3 e liberação de CO_2 , a medida que aumenta-se a dose aplicada, diminui a emissão de NH_3 e CO_2 para a atmosfera.

O pH é influenciado pela aplicação do SA, onde quanto maior a dose de aplicação deste produto menor o pH e conseqüentemente menor emissão de NH_3 .

A temperatura do composto não foi afetada pelas doses, tendo o pico máximo nas três primeiras semanas de compostagem com a fase termófila.

A concentração de N aumenta de acordo com o aumento da dose de SA, enquanto que a relação C:N diminui.

As concentrações de Ca e Mg são influenciadas pela adição de SA no processo de compostagem da cama, onde a dose 5% apresenta as maiores concentrações com o final do processo.

As concentrações de K e P são afetadas pelo aumento das doses de SA, no qual a concentração dos nutrientes no composto final ainda é maior do que a encontrada no material inicial da compostagem.

3.7 REFERÊNCIAS

- ADAMI, Paulo F. et al. Grazing intensities and poultry litter fertilization levels on corn and black oat yield. **Pesquisa agropecuária brasileira** [online]. 2012, vol.47, n.3, pp. 360-368.
- ALMEIDA, Jaime. A. et al. Cor de solo, formas do fósforo e adsorção de fosfatos em latossolos desenvolvidos de basalto do extremo-sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2003. vol. 27, pp. 985-1002.
- ANGNES, Graciele. **Emissões de gases no processo de compostagem de dejetos suínos**, 2012. 135 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós- Graduação em Agroecossistemas. Florianópolis, 2012.
- BORDIGNON, Leonardo A. F. **Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade de cama de frangos**, 2013. 66f. dissertação (mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós – Graduação em Zootecnia. 2013.
- BRADY, Nyle C e WEIL, Ray R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Tradução técnica: Igo Fernando Lepsch, 3 ed. – Porto Alegre, RS, 2013.
- BRITO, Luis M. **Compostagem para a agricultura biológica. Manual da agricultura biológica**, 2006. Disponível em: <http://www.ci.esapl.pt/mbrito/Manual%20de%20AB%20%20compostagem.pdf>. Acesso em: 08/09/2013.
- BRITO, Luis M. et al. Evolução das características físico-químicas e dinâmica dos nutrientes durante a compostagem da fracção sólida do chorume. **Revista de Ciências Agrárias** [online]. 2011, vol.34, n.2, pp. 68-79.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - CFS/RS-SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 2004. 404p.
- CONCEIÇÃO, Priscila S. **Avaliação da tratabilidade da cama de frango por processos aeróbicos de compostagem visando sua reutilização**. 2012. 73 f. Dissertação (Pós – graduação em engenharia civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- COSTA, Mônica S. S. de M. et al. Efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaça de aves. **Engenharia Agrícola** [online]. 2005, vol.25, n.2, pp. 549-556. COSTA, M. S. S. de M. et al. Desempenho de quatro sistemas para compostagem de carcaça de aves. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.692–698, 2006.
- DO, J. C.; CHOI, I. H.; NAHM, K. H. Effects of chemically amended litter on broiler performances, atmospheric ammonia concentration, and phosphorus solubility in litter. **J Poultry Science**, 2005, 84: 679-686.

HAHN, Leandro et al. Persistência de patógenos e do antibiótico salinomicina em pilhas de compostagem de cama de aviário. **Arquivos de zootecnia** [online]. 2012, vol.61, n.234, pp. 279-285.

INÁCIO, Caio de T.; MILLER, Paul R. M. **Compostagem: Ciência e prática para a gestão de resíduos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

KIM, Young J.; CHOI, Hag. Effect of alum and liquid alum on pH, EC, moisture, ammonium and soluble phosphorus contents in poultry litter during short term: a laboratory experiment. [article] **Journal of Poultry Science**, Japan Poultry Science Association. Doi:10.2141/jpsa.46.63.

FIALHO, Lucimar L. et al. Monitoramento químico e físico do processo de compostagem de diferentes resíduos orgânicos. **Circular Técnica 29**. São Carlos, São Paulo, 2005.

LI, H. et al. Reduction of ammonia emissions from stored laying hen manure through topical application of zeolite, Al+Clear, Ferix-3, or poultry litter treatments. **Journal Applied Poultry Research**, 2008, 17: 421-431.

LOCH, Fernando C. et al. Quality of poultry litter submitted to different treatments in five consecutive flocks. **Revista Brasileira de Zootecnia**. [online]. 2011, vol.40, n.5, pp. 1025-1030.

MIRAGLIOTTA, Miwa Y. **Avaliação dos níveis de amônia em dois sistemas de produção de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciados**. 2000. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

MOORE Jr P. A.; DANIEL T.C.; EDWARDS D.R. Reducing phosphorus runoff and inhibiting ammonia loss from poultry manure with aluminum sulfate. **Journal Environmental Quality**, 2000, 29: 29-37.

MAURICE, D. V. et al. Alum sludge and zeolite as components of broiler litter. **Journal Applied Poultry Research**, 1998, 7: 263-267.

ORRICO JUNIOR, Marco A. P. et al. Compostagem dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta. **Revista Brasileira Zootecnia** [online]. 2012, vol.41, n.5, pp. 1301-1307.

ORRICO JUNIOR, Marco A. P.; ORRICO, Ana C. A. e LUCAS JUNIOR, Jorge de. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Engenharia Agrícola**. [online]. 2010, vol.30, n.3, pp. 538-545.

PAIVA, Eduardo C. R. et al. Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e de leiras estáticas aeradas. **Engenharia Agrícola**. [online]. 2012, vol.32, n.5, pp. 961-970.

SILVA, F. de A. S; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. IN: **World Congress on Computers in Agriculture**, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. **Environmental Pollution**, Oxford, n.4, v.110, p.535-541, 2000.

VALENTE, B.S. et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, Espanha, v.58, p. 59-85. 2009.

YEOMAN, J.C.; BREMNER, J. M. Commun. **In Soil Science Plant Anal**, 1467, 1988.

**4.0 CAPÍTULO 2: UTILIZAÇÃO DE SUPERFOSFATO SIMPLES NA PRODUÇÃO
DE FERTILIZANTE ORGÂNICO DE CAMA DE AVIÁRIO**

4.1 RESUMO

O tratamento da cama de aviário com condicionadores químicos no processo de compostagem, apresenta-se como uma possibilidade de reduzir a emissão de gases poluentes para a atmosfera e diminuir a contaminação do solo. Deste modo, avaliou-se diferentes doses de aplicação de superfosfato simples no processo de compostagem de cama de aviário sobre a volatilização de gases e sua qualidade nutricional. O experimento foi realizado na UTFPR-Dois Vizinhos. Foram utilizadas doses de 0; 2,5; 5; 7,5 e 10% de SFS, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições. Realizou-se durante o processo de maturação da cama o acompanhamento do pH, temperatura, emissão de NH_3 e CO_2 . As coletas foram realizadas em diferentes intervalos de tempo: a cada dois, quatro e a cada sete dias, sendo que dentro de cada período de coleta foram realizadas sete amostragens. Avaliou-se as concentrações de: cálcio, magnésio, nitrogênio, fósforo, potássio, e carbono total, aos 14, 42 e 91 dias de compostagem. A adição de superfosfato na cama de aviário para o processo de compostagem, proporcionou as menores emissões de amônia e CO_2 na dose 10%, com média de $0,08 \text{ g N amoniacal m}^2 \text{ dia}^{-1}$ e $383,2 \text{ g CO}_2 \text{ m}^2 \text{ dia}^{-1}$. Os valores mais elevados de pH foram observados na dose 0% durante toda a compostagem com média de 8,6. A concentração de N teve comportamento linear crescente com o aumento da dose. Este mesmo comportamento foi observado para o cálcio, onde a dose 10% foi superior 48,3% em relação a dose 0%. Enquanto que para o magnésio o aumento da dose de superfosfato simples diminuiu a concentração no composto. A aplicação de superfosfato simples é eficiente na redução da volatilização de amônia e dióxido de carbono e na melhoria da qualidade nutricional do composto final.

Palavras-chave: Gases. Nutrientes. Resíduo.

4.2 ABSTRACT:

The treatment of poultry litter with chemical conditioners in the composting process, presents itself as an opportunity to reduce the emission of polluting gases into the atmosphere and reduce soil contamination. Thus, it evaluated superphosphate of different application rates in the composting process on poultry litter on gas volatilization and their nutritional quality. The experiment was conducted at UTFPR-Dois Vizinhos. Were used doses 0, 2,5; 5; 7,5 and 10% of SFS in a completely randomized design with three replications. It was performed during the maturation process bed monitoring of pH, temperature, emission of NH₃ and CO₂. Samples were collected at different time intervals: every two, four and seven days, and within each collection period were held seven evaluations. It assessed the concentrations of calcium, magnesium, nitrogen, phosphorus, potassium and total carbon, at 14, 42 and 91 days of composting. The addition of superphosphate in bed aviary for the composting process, provided the lower emissions of ammonia and CO₂ at a dose 10%, averaging 0.08 g N ammonia m² day⁻¹ and 383.2 g CO₂ m² day⁻¹. The highest pH values were observed at a dose 0% throughout the compost with an average of 8.6. The N concentration was linear increase with increasing dose. This same behavior was observed for calcium, where the dose was 10% higher than 48.3% compared to dose 0%.Whereas for magnesium increasing superphosphate dose decreased the concentration of compound. The application of superphosphate is effective in reducing ammonia volatilization and carbon dioxide and improving the nutritional quality of the final compound.

Keywords: Gases. Nutrients. Residue.

4.3 INTRODUÇÃO

Juntamente com o crescimento da avicultura, cresce também a produção de resíduos, como a cama de aviário. Este resíduo possui excretas, penas, ração e material utilizado como absorvente sobre o piso dos aviários, podendo conter contaminantes como microrganismos patogênicos e resíduos de produtos veterinários (HAHN et al., 2012), a qual poderá acarretar problemas ambientais quando imprópriamente manipulada (BADO, 2006).

Uma das opções para utilização da cama é a aplicação como fertilizante orgânico, desde que respeitadas as recomendações agrônômicas (CORRÊA et al., 2011). O uso deste resíduo na agricultura de uma forma consciente como fonte de nutrientes, oferece uma das melhores formas de descarte da cama de aviário e com riscos ambientais mínimos.

No entanto, para a utilização correta da cama, tanto ambientalmente quanto economicamente, é necessário que se faça o processo de compostagem. Este processo é definido como sendo a conversão biológica da matéria orgânica putreficável para uma forma mais estabilizada, na qual retém grande parte dos nutrientes presentes no material de origem na forma de substâncias orgânicas estáveis (INÁCIO; MILLER, 2009). A técnica de compostagem tem como principais vantagens a redução de massa, volume, microrganismos patogênicos do resíduo e permite a obtenção de um produto final com características fertilizantes, os quais podem ser aproveitados para produção vegetal (ORRICO JÚNIOR et al., 2012).

Entretanto, durante este processo ocorrem perdas gasosas principalmente na forma de vapor de água, amônia, dióxido de carbono, metano, nitrogênio molecular e óxido nítrico, por causa do metabolismo da matéria orgânica pelos microrganismos (ANGNES, 2012), e também por fatores que interferem ou influenciam a decomposição, maturação e a qualidade do produto final, tais como a umidade, temperatura, relação C:N, pH e os resíduos orgânicos utilizados (BARREIRA et al., 2006; ORRICO JÚNIOR et al., 2012).

Desenvolver alternativas que estimulem a produção, mas, sobretudo, que minimizem os impactos causados por seus resíduos no ambiente, tem-se tornado um dos grandes desafios da atividade agropecuária (BADO, 2006). O tratamento da cama de aviário com condicionadores químicos no processo de compostagem antes de ser utilizada como fertilizante agrícola, apresenta-se como uma possibilidade de reduzir a emissão de gases poluentes para a atmosfera e diminuir a contaminação do solo.

Entre os condicionadores químicos que podem ser utilizados encontra-se o superfosfato simples, um fertilizante comercial, obtido a partir do beneficiamento da rocha fosfática com composição principal de $3\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2\text{H}_2\text{O} + 7\text{CaSO}_4$. É fabricado a partir do tratamento dos fosfatos naturais (apatitas e fosforitas) com o ácido sulfúrico, resultando em um fertilizante com cerca de 18% de P_2O_5 solúvel em água e 40% de gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), sendo 20% de cálcio e 10 a 12% de enxofre. Portanto, é uma boa fonte de fósforo, cálcio e enxofre, que são macronutrientes essenciais às plantas. Além disso, podem atuar diminuindo o pH, a atividade microbiológica e a volatilização de amônia (TRANI et al., 2008).

Em pesquisas realizadas por Medeiros et al. (2008), tratando a cama de aviário com diferentes doses de fosfato (testemunha, 5; 10; 15; 20 e 25%), na forma de superfosfato simples, em quatro ciclos de produção, verificaram que a dosagem de 15% apresentou a maior eficiência na diminuição da volatilização de amônia, reduzindo em 95,4%, demonstrando que doses intermediárias são eficientes no processo de condicionamento de cama. Quando Medeiros et al. (2008) testaram diferentes condicionadores (testemunha, sal de Glauber, enxofre, sulfato de cobre, fosfato de cálcio, sulfato de alumínio e carbonato de sódio), nos níveis 1; 2; 3; 4 e 5% em relação ao peso da cama do aviário após 24h, observaram que o sulfato de cobre, seguido pelo sulfato de alumínio e do superfosfato simples, foram os condicionadores mais eficientes na redução de amônia volatilizada da cama de aviário.

Deste modo, este estudo teve como objetivo avaliar diferentes doses de aplicação de superfosfato simples no processo de compostagem sobre a volatilização de gases e seu potencial fertilizante.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Caracterização da Área Experimental e Instalação do Experimento

O estudo foi conduzido na Estação Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Campus de Dois Vizinhos. A cama foi proveniente do aviário situado na UTFPR, em sistema de integração com a iniciativa privada – Brasil Foods, com 17 lotes de utilização. A cama apresentou a seguinte composição inicial: 78% de matéria seca; 21,1 g kg^{-1} de nitrogênio (N); 18,7 g kg^{-1} de fósforo (P); 28,7 g kg^{-1} de potássio (K); 14,0 g kg^{-1} de cálcio (Ca); 7,5 g kg^{-1} de magnésio (Mg), 345,2 g kg^{-1} de carbono orgânico total (COT), 16,3 de relação carbono:nitrogênio (C:N) e pH de 8,3.

A instalação do experimento foi em 09 de novembro de 2013 e término em 06 de fevereiro de 2014. A área experimental utilizada para a decomposição da cama de aviário consistiu em uma estrutura (composteira) com paredes e piso de alvenaria, coberta com telhas de amianto, composta por 8 cubículos de 1 m² de área com altura de 2,5 m, sendo três lados fechados e a frente aberta. Os cubículos foram divididos ao meio com tábuas até uma altura de 60 cm, formando assim 16 unidades com dimensões de 0,5 x 1,0 x 0,6 m (largura, profundidade e altura, respectivamente) com um volume total de 0,3 m³. Os lados abertos dos cubículos foram cobertos com cortinas de lona dupla face de 150 micras propiciando a homogeneidade dos sistemas com relação aos fatores climáticos.

O experimento foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado, contendo cinco doses do condicionador superfosfato simples na formula de granulos (SFS) e três repetições, totalizando 15 parcelas. Utilizaram-se doses de 0; 2,5; 5; 7,5 e 10% (relação massa/massa). Para tratar 100 kg de cama de aviário foram utilizadas as seguintes quantidades: dose 0: testemunha (sem aplicação do condicionador); dose 2,5% = 6,362 kg SFS; dose 5% = 12,725 kg de SFS; dose 7,5% = 19,087 de SFS e dose 10% = 25,449 kg de SFS.

As unidades experimentais receberam uma massa de 100 kg de cama de aviário mais a massa do tratamento e mais água suficiente para atingir uma umidade de 60% numa relação massa/massa, considerando apenas a massa de cama. A homogeneização dos tratamentos com a cama de aviário e a água foi realizada em betoneira. Após serem tratadas e umedecidas, cada parcela foi alocada na composteira. As áreas das composteiras foram forradas com plástico para evitar a perda de umidade para fora do sistema. Foi realizado o umedecimento superficial da cama de aviário nos dias: 25/11, 03/12, 11/12, 19/12, 26/12 de 2013 e 02/01, 08/01, 18/01, 30/01, 06/02 de 2014, sendo adicionados dois litros de água por parcela, totalizando 20 litros de água. Este umedecimento foi realizado devido a perda de umidade superficial da cama de aviário pelo contato com a atmosfera, observada através do monitoramento da umidade ao longo do tempo.

4.4.2 Parâmetros Avaliados

4.4.2.1 Coleta de dióxido de carbono (CO₂), amônia (NH₃) e temperatura

Conforme item 3.4.2.1. Sendo que dentro de cada período de coleta foram realizadas sete amostragens.

4.4.2.2 Quantificações das emissões de CO₂

Conforme item 3.4.2.1.1.

4.4.2.3 Quantificações das emissões de NH₃

Conforme item 3.4.2.1.2.

4.4.2.4 Medição da temperatura e Potencial de Hidrogênio (pH)

Conforme itens 3.4.2.1.3 e 3.4.2.2.

4.4.2.5 Teor de Umidade e Análise de Nutrientes

As coletas de amostras para umidade e análise de nutrientes do composto foram realizadas nos intervalos de troca de períodos de dias das coletas dos gases. Sendo estas aos 14, 42 e 91 dias de maturação do material.

O teor de umidade do material e concentrações de nutrientes foi realizado conforme item 3.4.2.3.

4.4.3 Análise estatística

De acordo com item 3.4.3.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.5.1 Emissão de Amônia e Dióxido de Carbono

Houve interação entre doses de SFS versus semanas de compostagem, por isso os dados são apresentados em conjunto. A emissão de NH₃ para as doses de 0% e 2,5% ajustaram-se a um modelo quadrático de regressão polinomial no decorrer das semanas, enquanto a dose 5% ajustou-se a um modelo linear (Figura 11). Já para as doses 7,5 e 10% de SFS nenhuma curva de regressão ajustou-se, tendo médias de emissões de N amoniacal de 0,13 e 0,08 g m² dia⁻¹, respectivamente, no decorrer das semanas. Na primeira semana de compostagem a dose 0% foi superior entre 58,8% (dose 2,5%) e 96,3% (dose 10%) na volatilização de NH₃ (Figura 11).

O somatório da emissão de NH₃ da primeira semana de compostagem da dose 0% (28,78 g N amoniacal m² dia⁻¹) foi superior em 55,9 e 74,3% comparada a toda a emissão

do período de compostagem das doses 7,5 (12,67 g N amoniacal m² dia⁻¹) e 10% (7,38 g N amoniacal m² dia⁻¹), verificando que a adição de SFS foi eficiente na redução da perda N do composto através da emissão de NH₃. Resultados semelhantes foram observados por Prochnow et al. (2001), em compostagem de uma mistura de esterco de galinha e bovino com dois níveis da acidez residual, tendo 84% das perdas nas três primeiras semanas quando não foi aplicado o aditivo, em contrapartida com adição de 100 kg t⁻¹ de SFS a perda de amônia foi menos do que a metade da verificada na amostra com menor acidez residual, mostrando que um dos mecanismos de controle da volatilização pode estar relacionado com a acidez do produto.

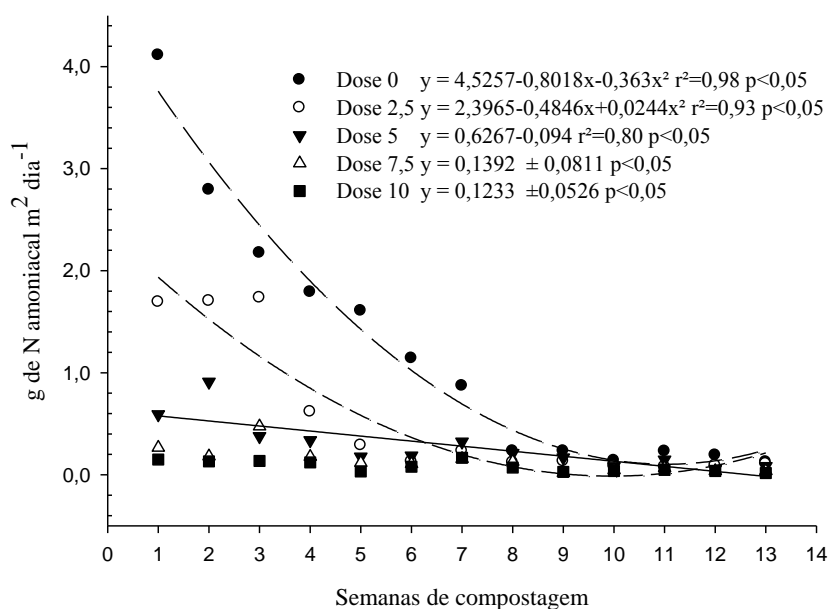


Figura 11: Perda de nitrogênio amoniacal durante o processo de compostagem de cama de aviário com doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

A partir da oitava semana de compostagem todas as doses de SFS obtiveram emissões semelhantes entre si. Isto porque as maiores perdas de N pelo processo de desnitrificação são mais significativas durante os primeiros 14 dias de compostagem (TIQUIA; TAM, 2000). As perdas de N durante o processo de compostagem estão intimamente relacionadas com pH, (ORRICO JÚNIOR et al., 2010), na qual a redução do pH da cama diminui a volatilização de NH₃ (MOORE et al., 2000), fato que pode ser observado neste trabalho (Figura 14). A perda de N também pode ser relacionada ao desequilíbrio existente na relação C:N do composto, que proporciona a diminuição na concentração de N através da volatilização de NH₃, este processo se inicia com a hidrólise dos compostos nitrogenados pelos microrganismos que degradam o N orgânico, ocorrendo formação de NH₄⁺

(amonificação). Esse é utilizado para o crescimento microbiano ou para processos de nitrificação. Entretanto, se estiver em quantidades maiores que as assimiláveis pelos microrganismos, é perdido para a atmosfera na forma de óxidos de N e NH₃ (ORRICO JÚNIOR et al., 2010)

Houve diminuição da emissão de NH₃ no decorrer da compostagem para todas as doses utilizadas (Figura 11). No controle houve redução de 96,9% da volatilização da primeira até a última semana de compostagem, sendo que esta teve tendência de promover maiores perdas de N durante as semanas do que as demais doses até o final da compostagem. As adições de 2,5; 5; 7,5 e 10% do condicionador obtiveram reduções de 93,6; 85,8; 86,3 e 88%, respectivamente, da primeira a décima terceira semana de ocorrência do processo.

Houve efeitos para os fatores doses de aplicação de SFS e semanas de compostagem analisados separadamente, mas não houve interação entre eles para a emissão CO₂. Neste sentido, os fatores serão demonstrados separadamente (Figura 12 e Tabela 4).

Observou-se que nas duas primeiras de compostagem ocorreram as maiores liberações de CO₂, sendo 552,4 e 483,0 g de CO₂ m² dia⁻¹, respectivamente, diferindo-se das demais semanas (Tabela 4). Entre a décima primeira e décima terceira semana de compostagem não ocorreram diferenças, e essas obtiveram as menores liberações de CO₂. No decorrer do processo de compostagem a liberação de CO₂ para a atmosfera teve uma redução de 63,1% da primeira para a décima terceira semana de compostagem podendo estar ligada com a menor concentração de oxigênio com o decorrer da compostagem, pois maior quantidade de oxigênio inicial possibilita uma maior ação microbiana (HAHN et al., 2012).

Tabela 4: Emissão de CO₂ no processo de decomposição de cama de aviário no decorrer das semanas, com aplicação de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

Semanas	g m ² dia	Semanas	g m ² dia
1	552,44 a	8	354,70 h
2	483,02 b	9	367,37 g
3	438,99 c	10	327,12 i
4	439,89 c	11	312,35 i
5	419,72 d	12	315,74 i
6	404,01 e	13	349,01 h
7	385,49 f	---	---
CV %		5,26	

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% (p<0,05).

As doses de SFS ajustaram-se a um modelo linear de regressão polinomial para a liberação de CO₂, na qual a medida que aumentou-se a dose de SFS diminuiu a liberação de

CO₂. A dose 10% de condicionador teve a menor liberação de CO₂ com 383,2 g de CO₂ m² emitido em 24 horas. A dose 0% (412,5 g CO₂ m² dia⁻¹) foi 7,7% e 6,1% superior em relação as doses 2,5 e 5 (387,2 g CO₂ m² dia⁻¹) (Figura 12).

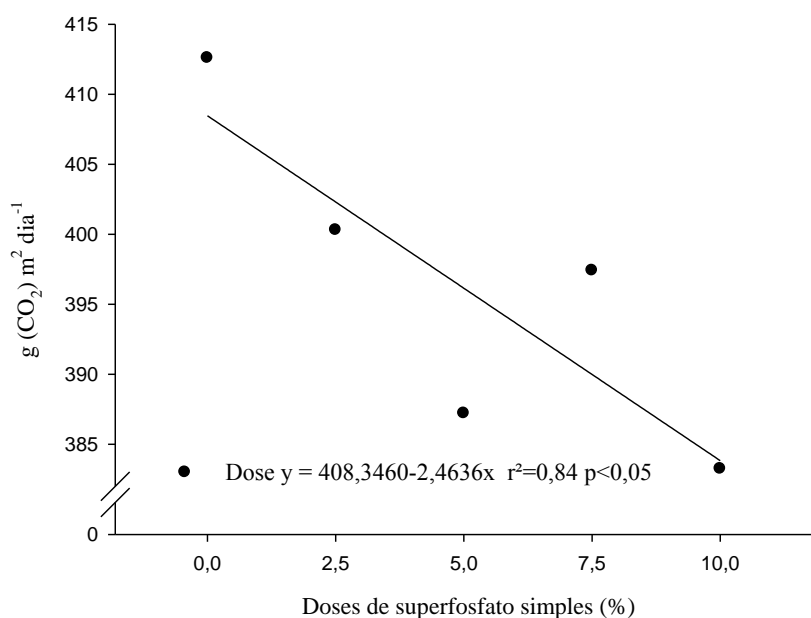


Figura 12: Emissão de dióxido de carbono (CO₂) no processo de compostagem de cama de aviário com doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

4.5.2 Temperatura

Houve interação entre as doses aplicadas de SFS versus as semanas de compostagem para a variável temperatura, por isso os dados são apresentados em conjunto.

A temperatura ajustou-se a um modelo quadrático de regressão polinomial para todas as doses utilizadas (Figura 13). Durante a primeira semana de compostagem observou-se a maior temperatura na dose 0% (53°C), sendo que com o aumento da dose de SFS a temperatura diminuiu, atingindo média de 47°C para a dose 10%. Altas temperaturas alcançadas na compostagem são de grande importância para gerar a higienização do material, e assim, permitir o uso na adubação sem perigos a saúde dos animais e pessoas (ORRICO JÚNIOR et al., 2012).

Temperaturas semelhantes foram relatadas no processo de compostagem de cama de aviário com aeração forçada, por Tiquia e Tam (2000), com o pico de temperatura em torno de 63°C na parte do meio e 58°C na parte inferior, sendo maiores do que as registradas no topo (54°C) e na superfície (48°C). Estas diferenças de temperatura na pilha da compostagem foram atribuídas ao excesso de perda de calor, pela localização ser mais

próxima do ar ambiente do que os outros pontos (meio e fundo). Em nosso estudo a temperatura foi medida a 10 cm de profundidade e manteve-se em torno de 45°C nas primeiras semanas de compostagem, estando de acordo com a literatura.

Orrico Júnior et al. (2010), em estudo de compostagem com carcaças de frango misturadas a cama de frango, observaram que a temperatura manteve-se acima dos 50°C do segundo ao 27º dia de compostagem, atingindo o pico no sétimo dia de 64°C. Segundo os autores, estas temperaturas elevadas são de fundamental importância para manter a compostagem na fase termofílica, sendo resultados de intensas degradações da matéria orgânica e de fundamental importância para o tratamento do resíduo, por ser responsável pela diminuição ou eliminação dos patógenos.

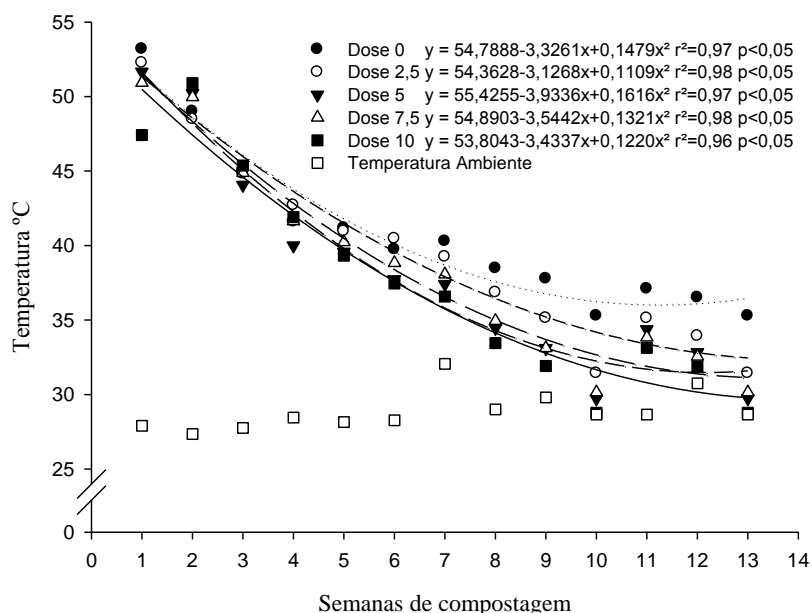


Figura 13: Temperatura na compostagem e ambiente durante o processo de decomposição da cama de aviário, com aplicação doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

Na primeira e segunda semana de compostagem observaram-se as maiores temperaturas, sendo que aos 14 dias a temperatura ficou em torno de 48°C (dose 2,5% de SFS) e 50°C (doses 7,5 e 10% de SFS). Hahn et al. (2012), avaliando tratamentos na compostagem de cama de aviário em pilhas estáticas, também observaram que houve rápido aumento de temperatura das pilhas para todos os tratamentos, devido a intensa atividade biológica decorrente da oxidação do material orgânico.

A manutenção da temperatura na faixa termofílica é resultado de intensas degradações da matéria orgânica, considerando-se de fundamental importância no tratamento

de resíduos por ser responsável pela diminuição e/ou eliminação dos patógenos (ORRICO JÚNIOR, et al., 2009) e pela rapidez do processo de biodegradação (FERNANDES e SILVA, 1999). Apesar deste aumento na temperatura ser favorável para controle de microrganismos patogênicos foi neste período que observou-se as maiores perdas de N (Figura 11).

A partir da quarta semana de compostagem a temperatura diminuiu gradativamente, aproximando-se da temperatura ambiente no período final do processo de compostagem (Figura 13). Estudos demonstram que com o final do processo, a temperatura do composto assemelhasse com a temperatura ambiente (TIQUIA; TAM, 2000), evidenciando a estabilização do composto.

4.5.3 Umidade

Não houve interação entre os fatores doses de SFS versus dias de coleta para a umidade da cama de aviário em compostagem. No entanto, ocorreram diferenças significativas entre os dias de coletas, onde aos 42 dias (44,2%) e 91 dias (51%) obtiveram maior teor de umidade comparado aos 14 dias (41,3%) (Tabela 5). O menor teor de umidade ocorreu aos 14 dias provavelmente devido a perda de umidade da leira para o ambiente, por causa da alta temperatura do meio externo. Macklin et al. (2006), trabalhando com compostagem coberta de cama de aviário (pinus), não obtiveram diferenças no teor de umidade inicial (28,6%) e final (28%) do processo entre a superfície, meio e topo da compostagem.

Tabela 5: Teor de umidade (%) da compostagem de cama de aviário, com aplicação de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

Dias	Doses					Médias
	0	2,5	5	7,5	10	
	-----%-----					
14	46,05	42,66	44,07	38,19	35,83	41,36 b
42	48,90	46,38	44,25	42,00	39,68	44,24 a
91	44,35	45,29	43,52	44,29	42,45	43,98 a
Médias	46,43	44,78	43,95	41,49	39,32	-
C.V.% ^a	5,77					

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$). ns = não significativo

Observou-se a tendência de diminuir o teor de umidade do material compostado conforme aumentou-se a dose de aplicação do SFS. Esta menor umidade pode ter sido ocasionada, porque no momento da compostagem da cama considerou-se apenas a massa

da cama e não a massa do condicionador que foi utilizado, com isso a dose 0% diferiu-se em 15,1% da dose 10%. No entanto, o teor de umidade ficou próximo ao recomendado, em torno de 50%, pois teores muito abaixo podem reduzir a atividade microbiana, mas altos teores podem dificultar a difusão do oxigênio, tornando o meio anaeróbico, com produção de gases e maus odores.

4.5.4 pH

Ocorreu interação entre as doses de SFS versus as semanas de compostagem da cama de aviário para o pH, por isso os dados são apresentados em conjunto (Figura 1). Ajustando-se ao modelo linear de regressão polinomial para todas as doses, exceto para a dose 2,5% que ajustou-se um modelo quadrático de regressão (Figura 14).

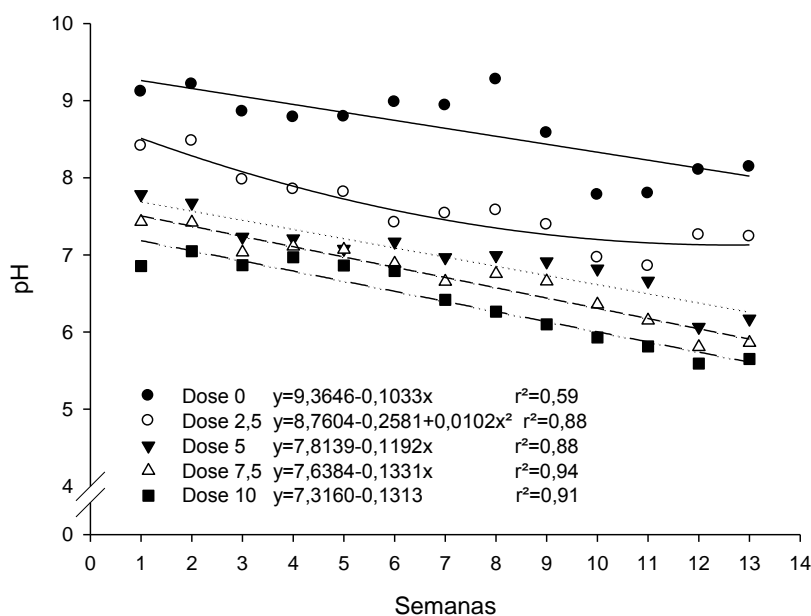


Figura 14: pH da compostagem durante o processo de decomposição da cama de aviário, com doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

Os valores de pH mais elevados foram observados para o controle, o qual na primeira semana apresentou pH de 9,1, enquanto que a dose 10% de SFS apresentou 6,8 (Figura 14). Resultados semelhantes foram obtidos por Hahn et al. (2012), avaliando tratamentos na compostagem de cama de aviário, com pH inicial médio de 6,8 chegando a um aumento máximo de 8,1 aos 14 dias de compostagem, o qual foi ocasionado devido a NH_3 produzida pela atividade microbiana. No entanto, após este período, houve uma diminuição gradual do pH devido a falta de oxigênio para os microrganismos e com isso o início da

atividade anaeróbica, liberação de ácidos orgânicos e pela volatilização de NH_3 que libera íons de H^+ o que também contribui para a redução dos valores de pH.

O pH para a dose 0% de SFS apresentou tendência durante o processo de compostagem de ser o meio mais básico, com média de 8,6 enquanto as doses 2,5 e 10% obtiveram pH 7,6 e 6,4, respectivamente (Figura 14), tendo redução de 25% quando comparado com a dose 10% de SFS. Para todos os tratamentos utilizados observou-se que com o decorrer das semanas diminui-se o pH do composto. Pode-se observar que o comportamento do pH foi influenciado pela dose de aplicação de SFS, pois quanto maior a dose aplicada menor o pH da compostagem.

Nas doses onde ocorreu menor pH obteve-se a menor emissão de NH_3 para a atmosfera (Figura 11). Valores acima da neutralidade contribuem para a formação de NH_3 , ocasionando maiores perdas da concentração de N do composto (TIQUIA; TAM, 2000), demonstrando que durante todo o processo de compostagem da cama a formação de NH_3 foi beneficiada nas doses de 0% e 2,5% de SFS, pelo pH ter se mantido com uma média de 8,6 e 7,6, respectivamente, evidenciando que a adição de SFS na compostagem pode diminuir a emissão de NH_3 por manter o meio com pH mais ácido. É perceptível a relação do pH com os índices de volatilização de amônia. Assim, Neme et al. (2000) afirmaram que a liberação de amônia é menor quando o pH da cama está abaixo de 7,0, mas é substancial quando está acima de 8,0, sendo que decomposição do ácido úrico é mais favorecida em condições de pH alcalino. No presente estudo confirma-se as informações dadas pelos pesquisadores, sendo que com o aumento das doses de SFS apresentaram os menores valores de pH (Figura 14), também obtiveram os menores índices de emissão de amônia (Figura 11).

4.5.5 Composição do composto orgânico

Não houve interação para as doses de aplicação de SFS versus os dias de coleta da compostagem para as variáveis: nitrogênio total, cálcio trocável, magnésio trocável, carbono orgânico total, relação C:N, fósforo e potássio.

A concentração de N aos 16 dias (Figura 15A) e os valores médios de N na compostagem (Figura 15D) ajustaram-se ao modelo linear crescente de regressão polinomial para as doses de SFS. Onde aos 16 dias a dose 10% apresentou 23,6 g de N kg^{-1} de cama, foi 28,6% superior quando comparada com o tratamento sem adição do condicionador (18,2 g kg^{-1}). Este aumento possivelmente ocorreu devido ao menor valor do pH do composto pela adição do condicionador (Figura 14), e conseqüentemente a menor perda de NH_3 durante o

processo de compostagem (Figura 11). Pois, o N mineral pode acumular-se na forma de NH_4 e NO_3 e ocorrerem perdas por volatilização se o pH do meio for alcalino (BRITO et al., 2009).

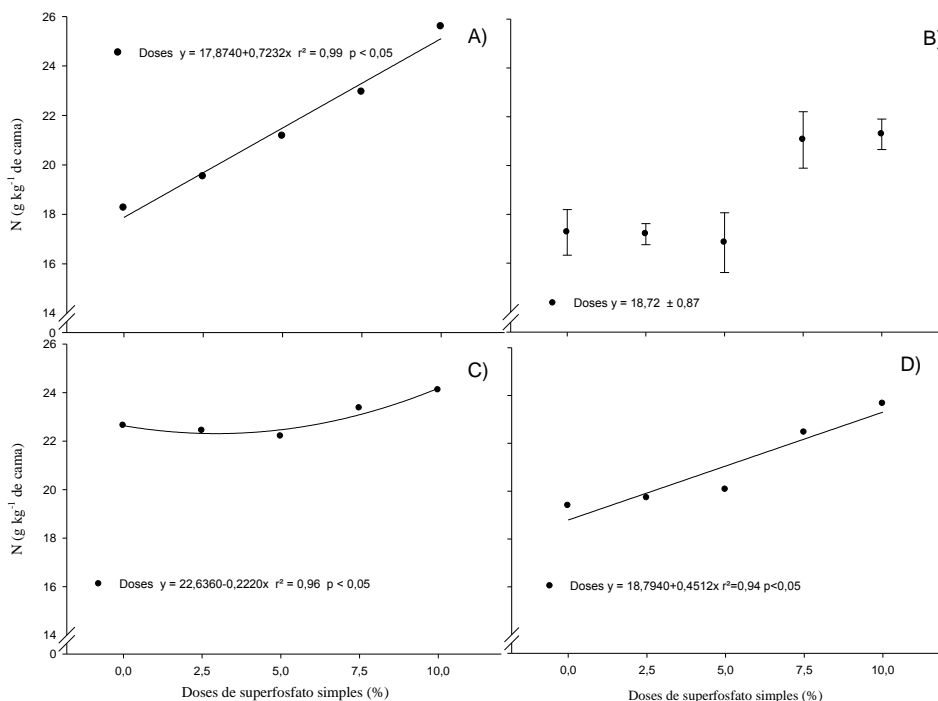


Figura 15: Concentração de nitrogênio (N) aos 14 (A), 42 (B), 91 dias (C) e valores médios (D) em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

Com relação ao N da compostagem aos 42 dias este não ajustou-se a nenhum modelo de regressão (Figura 15B), tendo as doses 2,5% ($17,1 \text{ g kg}^{-1}$) e 5% ($16,8 \text{ g kg}^{-1}$) atingido valores próximos aos encontrados na dose 0% ($17,2 \text{ g kg}^{-1}$). No entanto, as doses 7,5 e 10% foram em torno de 18% superiores, quando comparadas com a dose 0% (Figura 15B). Aos 91 dias a concentração de N ajustou-se ao modelo quadrático de regressão polinomial, onde a dose 0% de SFS ($22,6 \text{ g kg}^{-1}$) foi 0,9 e 1,9% superior em relação as doses 2,5 e 5%, respectivamente, tendo a 10% de SFS apresentado a melhor concentração com $24,09 \text{ g kg}^{-1}$.

Ao comparar o nitrogênio presente no material inicial da compostagem ($21,1 \text{ g kg}^{-1}$) com as doses de SFS, houve um aumento na concentração do N em relação a todas as dosagens utilizadas, apresentando elevações de 6,7% (dose 0%) à 12,4% (dose 10%). Isso provavelmente ocorreu pela menor emissão de NH_3 nas maiores doses de SFS (Figura 11). Costa et al. (2006) em estudo de compostagem de carcaças de aves com diferentes sistemas de aeração observaram que o N inicial foi de 3,8% e o final foi de 2,4%, ocorrendo redução de 36,3%. Os autores atribuíram tais perdas principalmente a baixa relação C:N do material, altas temperaturas das leiras e ao pH acima de 7,0, o que provocaria perda de N por volatilização

de NH_3 . Tiquia; Tam (2000), trabalhando com compostagem de cama de aviário com aeração forçada sem adição de condicionadores, observaram perdas de N em relação a massa inicial em torno de 59%. Isso demonstra que a adição de SFS pode ser eficaz na redução de perda de N, pois observou-se que após a compostagem houve incremento no valor de N com a utilização de SFS, quando comparados ao N inicial do composto ($21,1\text{g kg}^{-1}$ de cama).

A concentração de Ca para todas as épocas de coleta na compostagem ajustara-se ao modelo linear crescente de regressão polinomial com as doses de SFS utilizadas (Figura 16). Aos 14 dias a dose 0% de SFS apresentou $17,4\text{ g de Ca kg}^{-1}$ de, sendo 52,3% inferior quando comparada com a dose 10% ($36,5\text{ g kg}^{-1}$) (Figura 16A). Este mesmo comportamento foi observado para as demais coletas (Figura 16B e C), e para a concentração média de Ca na compostagem (Figura 16D).

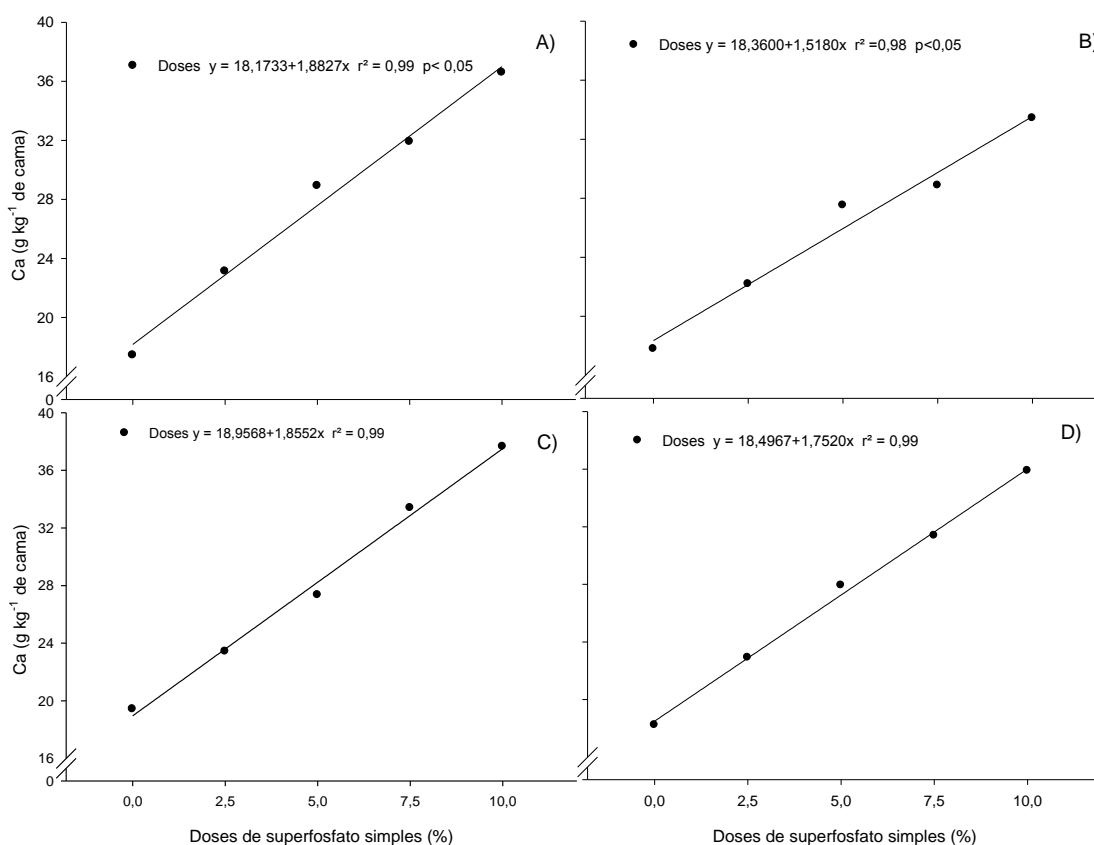


Figura 16: Concentração de cálcio (Ca) aos 14 (A), 42 (B), 91 dias (C) e valores médios (D) em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

Sendo que com o final da compostagem esta diferença entre o controle e a maior dose foi de 48,3%. A maior concentração de Ca observada onde houve adição do condicionador, provavelmente ocorre pela presença deste nutriente na composição do SFS

(20% de Ca), proporcionando ao composto final agregação valor nutricional para posterior utilização em culturas.

Ocorreram aumentos nas concentrações de Ca no decorrer do processo de compostagem quando confrontados com o valor inicial do material (14 g kg^{-1}). Na dose 10% houve um incremento de 62,7%, enquanto que para a 0% ocorreu 24% de aumento. O acréscimo da concentração de nutrientes deve ser analisado com cuidado, pois o aumento nos teores de nutrientes não implica ganho durante o processo, deve-se considerar que aconteceram reduções nos sólidos totais, fazendo com que a concentração dos nutrientes no composto final aumente (ORRICO JÚNIOR, et al., 2010). No entanto, o acréscimo na concentração de nutrientes com final da compostagem, também indica que o processo ocorreu de forma eficiente, este aumento ocorre devido a disponibilização realizada pela ação microbiana (COSTA et al., 2005), e o aumento do Ca com o aumento da dose de SFS esta relacionado com a composição do mesmo.

A concentração de Mg para todas as épocas de coleta na compostagem ajustou-se ao modelo linear decrescente de regressão polinomial com as doses de SFS utilizadas (Figura 17).

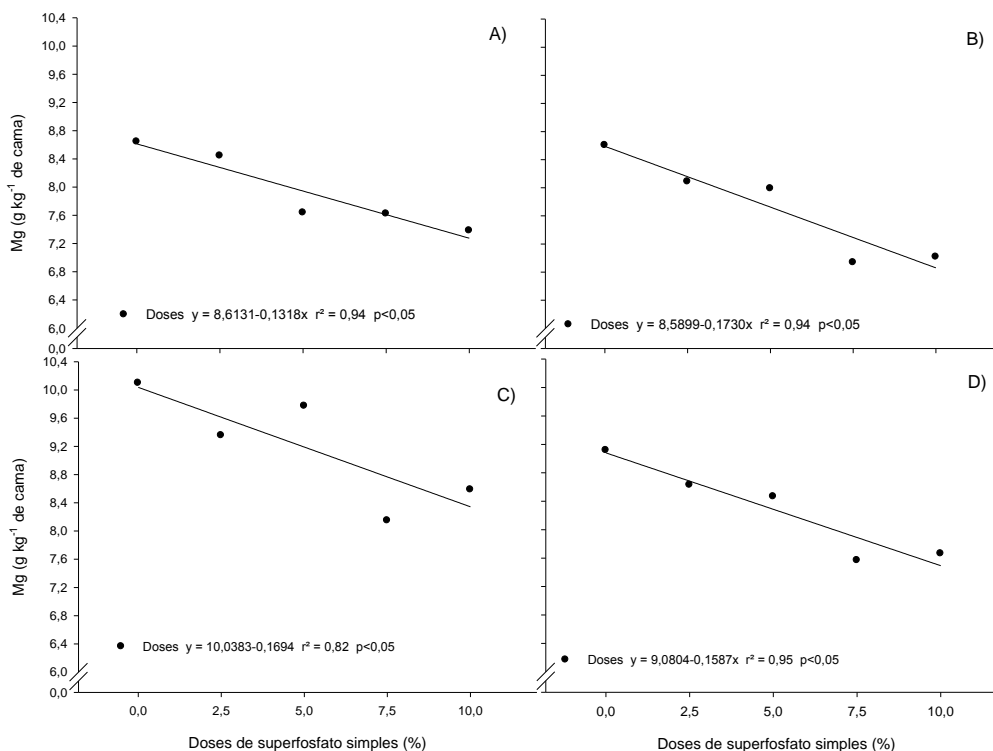


Figura 17: Concentração de magnésio (Mg) aos 14 (A), 42 (B), 91 dias (C) e valores médios (D) em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

Aos 14 dias do processo observou-se concentrações entre 8,6 (dose 0%) e 7,3 g kg⁻¹ (dose 10%) (Figura 17A). A dose 0% apresentou-se 18,5% superior a dose 10% aos 42 dias (Figura 17B). Sendo que ao final da compostagem foi observado comportamento similar, com a dose 0% (10 g kg⁻¹) apresentando-se entre 7,3% (dose 2,5) e 15% (dose 10%) superior as demais doses (Figura 17C). Comportamento similar foi observado para a concentração média de Ca (Figura 17D).

Houve um incremento na concentração final de Mg para todas as doses utilizadas quando comparadas com o valor inicial do material (7,5 g kg⁻¹). Na qual a dose 0% obteve acréscimo de 17%, enquanto as demais doses obtiveram acréscimos e entre 12 e 1,3%. A redução da concentração de Mg quando comparada ao Ca com o aumento da dose de SFS, pode estar relacionada a competição existente entre Ca e Mg pelos sítios de adsorção, devido a força de retenção por adsorção do Ca ser maior que a do Mg (BRADY e WEIL, 2013). Isto pode ter ocasionado uma menor retenção do Mg no composto com doses crescentes do condicionador, por este conter 20% de Ca na sua composição. Como o Mg ficaria livre poderá ter lixiviado, pois pode ocorrer com o final do processo de compostagem a lixiviação dos nutrientes, devido à grande parte destes encontrarem-se na forma solúvel, visto que é comum, mesmo em condições controladas ocorrer formação de uma pequena quantidade de chorume (ORRICO JÚNIOR et al., 2010, 2012).

A concentração de COT na compostagem aos 14 (Figura 18A) e aos 42 dias (Figura 18B) não ajustou-se a nenhum modelo de regressão. Já aos 90 dias ajustou-se a um modelo quadrático de regressão polinomial em relação as doses de SFS (Figura 18C), enquanto que o valor médio ajustou-se ao modelo linear decrescente de regressão polinomial (Figura 18D).

Aos 14 dias de compostagem a concentração de COT para todas as doses de SFS foram semelhantes, exceto para a dose 10% que apresentou a menor concentração (261,1 g kg⁻¹) (Figura 18A). Já no final do processo no tratamento que não houve adição do condicionador encontrou-se a maior concentração de COT (337,2 g kg⁻¹), sendo 5% superior em relação ao tratamento que recebeu 10% de SFS (Figura 18C). A dose 0% de SFS também apresentou a maior concentração média de COT com 319,2 g kg⁻¹, tendo um aumento de 4% quando comparada com a dose 10% (306,6 g kg⁻¹) (Figura 18D).

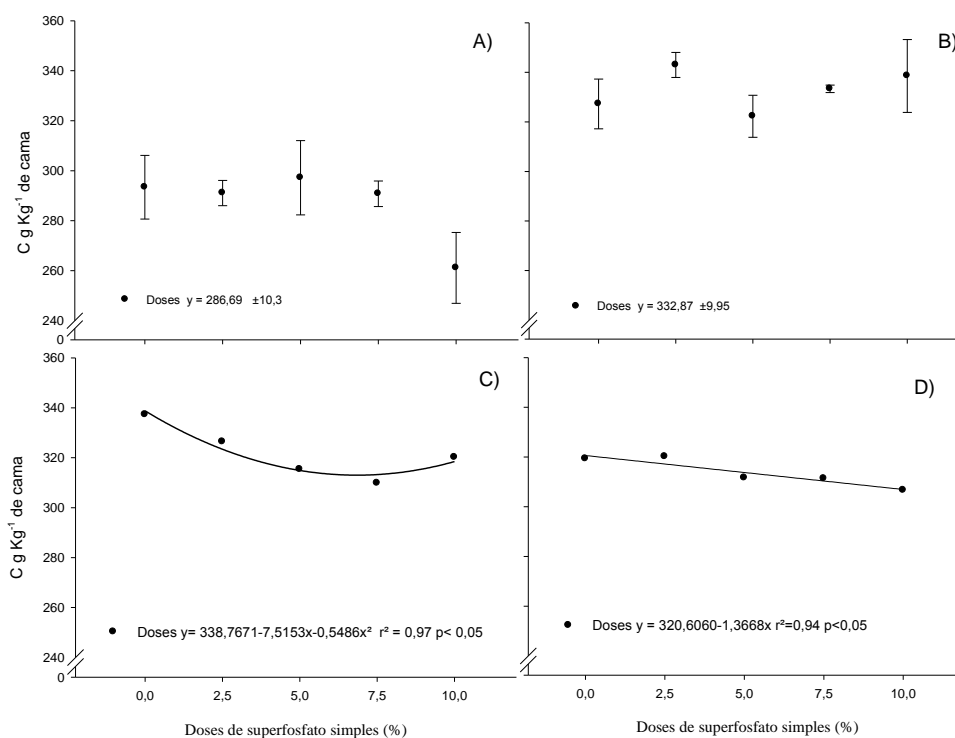


Figura 18: Concentração de carbono (C) aos 14 (A), 42 (B), 91 dias (C) e valores médios em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

Quando comparada a massa de COT da cama antes da compostagem ($345,2 \text{ g kg}^{-1}$) com a final verificou-se decréscimos de 2,3% (dose 0%) à 10,2% (dose 7,5%). Resultados semelhantes foram observados por Tiquia; Tam (2000), em compostagem de cama de aviário com aeração forçada sem adição de condicionadores. Foram perdidos aproximadamente 42 kg de carbono orgânico convertidos a CO_2 , cerca de 9% do total inicial com o tempo de compostagem, sendo que esta diminuição também foi sincronizada com um aumento na massa de cinzas na pilha.

A relação C:N apresentou para todos os períodos de coletas comportamento decrescente com o aumento da dose de SFS (Figura 19). Aos 14 dias de compostagem a dose 0% apresentou relação C:N de 16,1, foi 57,4% superior em relação a 10% de adição (Figura 19A). Houve um acréscimo na variável aos 42 dias (Figura 19B) quando comparada aos 14, este aumento da relação C:N provavelmente deve-se a queda da concentração de N aos 42 dias de compostagem (Figura 15B) e relativo aumento no C no mesmo período (Figura 18B). Resultados semelhantes foram relatados por ORRICO JÚNIOR et al. (2010), em estudo de compostagem de carcaças de frango misturada a cama de aviário, na qual a relação C:N apresentou comportamento crescente, inicialmente 11,1 e após compostagem apresentando

12,4, resultados considerados pelos autores diferentes dos observados normalmente em compostagem.

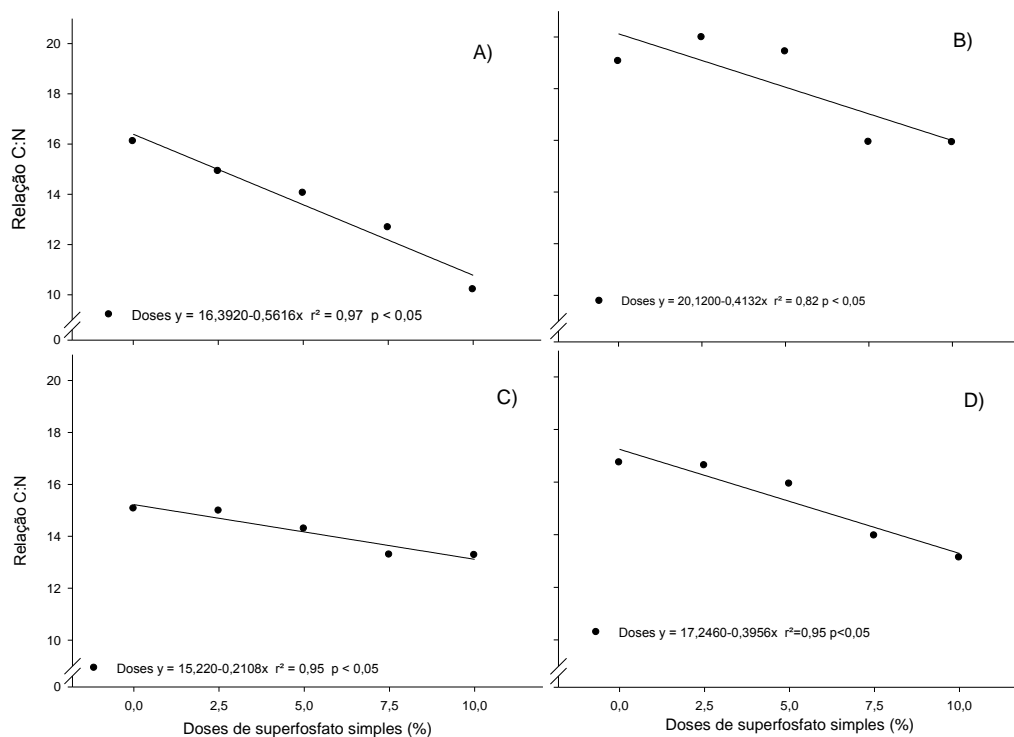


Figura 19: Relação carbono nitrogênio (C:N) aos 14 (A), 42 (B), 91 dias (C) e valores médios (D) em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

No final da compostagem a relação C:N do material foi reduzida, tendo valores inferiores ao encontrado no material inicial (16,3), verificando-se na dose 0% relação C:N de 15, sendo este o maior valor observado, enquanto a dose 10% apresentou 13,2 (Figura 19C). Ao avaliar a composição inicial e a final da compostagem da cama, verificou-se decréscimo do carbono orgânico total e relação C:N, o que pode-se inferir ao fato de que durante a compostagem ocorre a degradação da matéria orgânica e consequentemente redução do C e também da relação C:N (MARAGNO et al., 2007).

A relação C:N média também apresentou comportamento decrescente com o aumento da dose de SFS, a dose 0% apresentou relação C:N de 16,7, enquanto a dose 10% obteve 13,1 (Figura 19D). Está menor relação C:N pode estar relacionado com a menor perda de N durante o processo de compostagem devido a adição de SFS, sendo que a menor redução de C pode estar relacionada com a sua qualidade (TIQUIA E TAM, 2000). A relação C/N é um índice que pode ser utilizado para avaliar os níveis de maturação de substâncias orgânicas e seus efeitos no crescimento microbológico. A atividade dos microrganismos envolvidos no

processo, depende tanto do conteúdo de C para fonte de energia, quanto de N para síntese de proteínas (SHARMA et al., 1997), assim, pode-se dizer que o composto em estudo está maturado, pois relação C:N com índices próximos a 10, remetem estabilização (INÁCIO; MILLER, 2009)

A concentração de P na compostagem em todos os períodos de coleta e na média no composto ajustaram-se ao modelo linear de regressão, onde o aumento da dose do condicionador proporcionou o aumento da concentração de P no composto (Figura 20).

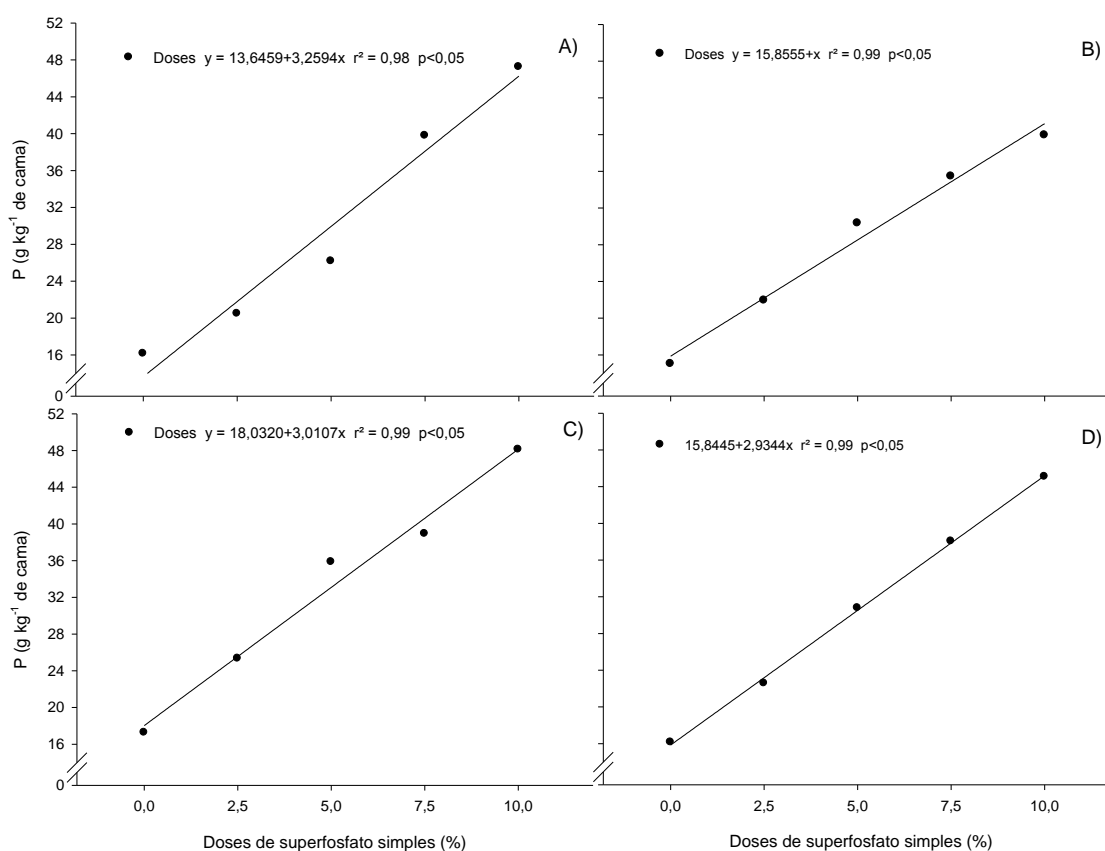


Figura 20: Concentração de fósforo (P) aos 14 (A), 42 (B), 91 dias (C) e valores médios (D) em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

A concentração de P na dose 0% aos 14 dias ($16,1 \text{ g kg}^{-1}$) foi 65,8% menor do que a encontrada na dose 10% de SFS ($47,2 \text{ g kg}^{-1}$) (Figura 20A), padrões semelhantes foram observados nas coletas posteriores (Figura 20B e 20C). Quando comparamos a concentração de P final no controle (17 g kg^{-1}) (Figura 20C) com o conteúdo inicial do material ($18,7 \text{ g kg}^{-1}$) observa-se perda de 9%, enquanto as demais doses tiveram incrementos de 26% à 58,4%. Evidenciando que a utilização do condicionador propicia benefícios ao composto final, lembrando que quando aplicado em culturas o P não será imediatamente aproveitável pelas

plantas. No entanto, será mineralizado compassadamente durante o período de cultivo e, ficando disponível às plantas (CASSOL et al., 2001).

O aumento na concentração de P no composto está relacionado com a composição do SFS. Pois, possui cerca de 18% de P_2O_5 na sua composição, ou seja, na dose 10% de SFS foi adicionado cerca de 11 kg de P no composto, conseqüentemente houve incremento do nutriente. Além disso, pode haver liberação de formas orgânicas de P e aumentar seus valores no composto, pois Cassol et al. (2001) encontraram cerca de 75% do P em estrumes de franco na forma inorgânica.

Segundo Bordignon (2013) a utilização do SFS como tratamento da cama, pode diminuir o impacto ambiental, associado ao fato de ganho nutricional da cama e da produção futura das culturas, (BORDIGNON, 2013). Pois, a associação do resíduo com fontes minerais produzindo um fertilizante organomineral granulado, mostram elevado teor de fósforo solúvel adequado para utilização em culturas, obtendo resultados semelhantes aos fertilizantes solúveis (BENITES et al., 2010).

A concentração de K na compostagem para todos os períodos avaliados e na média no composto não ajustaram-se aos modelos de regressão (Figura 21).

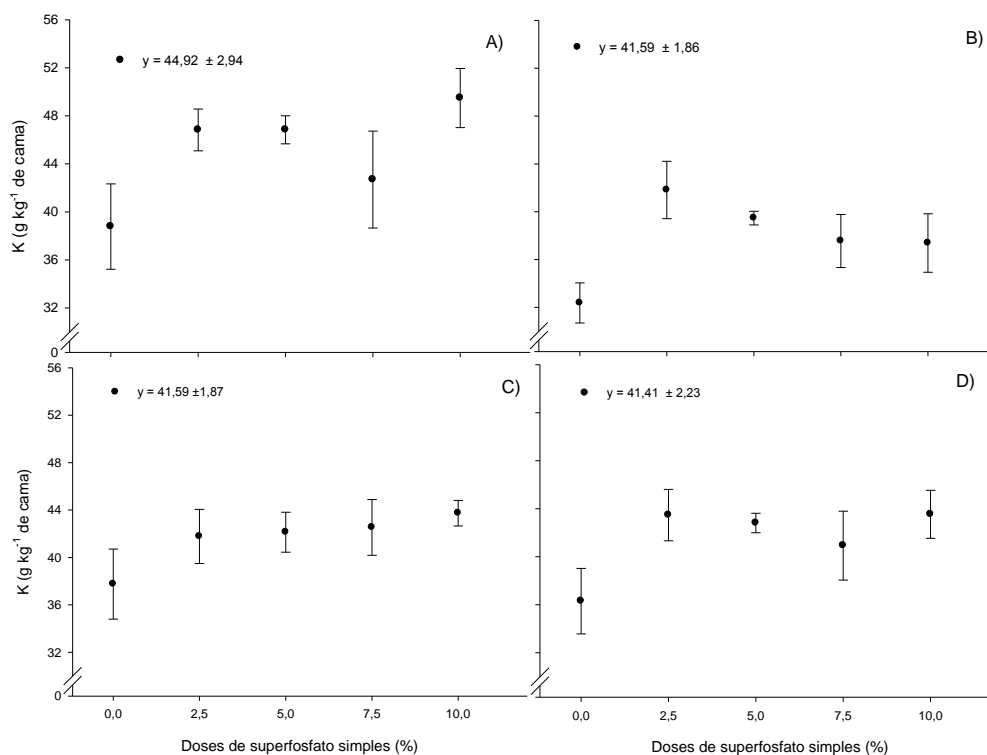


Figura 21: Concentração de potássio (K) aos 14 (A), 42 (B), 91 dias (C) e valores médios (D) em compostagem de cama de aviário, com aplicação de doses de superfosfato simples. UTFPR, Campus Dois Vizinhos – 2015.

Aos 14 dias de compostagem a concentração de K foi afetada pela adição do condicionador. Na qual as doses 2,5; 5 e 10% obterão as maiores concentrações (Figura 21A), entre 17 e 21% superiores em relação a dose 0% de SFS.

Aos 42 dias as maiores concentrações ocorreram nas doses 2,5% (41,8 g kg⁻¹) e 5% (39,4 g kg⁻¹), diferindo-se da dose 0% em 21,5 e 18%, respectivamente (Figura 21B). No entanto, ao final da compostagem não foram observadas diferenças das doses de SFS quando comparadas a testemunha, exceto para a dose 10%, que foi 13,7% superior ao controle, demonstrando que a adição de SFS no processo de compostagem pode ser benéfica para a retenção do K no processo de compostagem.

4.6 CONCLUSÕES

A aplicação de SFS é eficiente na redução da volatilização de NH_3 e liberação de CO_2 sendo que na medida em que se aumenta a dose aplicada, diminui a emissão de gases.

O pH é influenciado pela aplicação do SFS assim como a umidade e temperatura da compostagem, nos quais quanto maior a dose aplicada menores são os valores encontrados.

A concentração de N aumenta com o aumento da dose de SFS.

A adição de SFS favorece a diminuição de C, Mg e da relação C:N, por outro lado aumenta a concentração de Ca.

As concentrações de P e K aumentam quanto maiores forem as doses aplicadas de SFS no composto. A adição do SFS prova ser eficiente para melhorar a qualidade do composto final.

4.7 REFERÊNCIAS

ANGNES, Graciele. **Emissões de gases no processo de compostagem de dejetos suínos**, 2012. 135 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós- Graduação em Agroecossistemas. Florianópolis, 2012.

BADO, Cesar. **Gestão de resíduos resultantes da produção de frangos de corte**, 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

BARREIRA, Luciana P.; PHILIPPI JUNIOR, Arlindo; RODRIGUES, Mario S. Usinas de compostagem do Estado de São Paulo: qualidade dos compostos e processos de produção. **Engenharia Sanitária e Ambiental** [online]. 2006, vol.11, n.4, pp. 385-393.

BENITES, Vinicius DE. M. et al. Production of granulated organo mineral fertilizer from pig slurry and poultry litter in brazil. In: World fertilizer congresso oh the international scientific centre for fertilizers. 2010. Bucarest. **Anais...** Bucarest, 2010. p.85-90, 2010.

BORDIGNON, Leonardo A. F. **Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade de cama de frangos**, 2013. 66f. dissertação (mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós – Graduação em Zootecnia. 2013.

BRADY, Nyle C e WEIL, Ray R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Tradução técnica:Igo Fernando Lepsch, 3 ed. – Porto Alegre, RS.

BRITO, Luis M. **Compostagem para a agricultura biológica. Manual da agricultura biológica**, 2006. Disponível em: <http://www.ci.esapl.pt/mbrito/Manual%20de%20AB%20%20compostagem.pdf>. Acesso em: 08/09/2013.

CASSOL, Paulo C.; GIANELLO, Clesio; COSTA, V. E. U. Frações de fósforo em estrumes e sua eficiência como adubo fosfatado. **Revista Brasileira de Ciência Solo** [online]. 2001, vol.25, n.3, pp. 635-644.

CORRÊA, Juliano C.; BENITES, Vinicius M.; REBELLATTO, Agostinho. O Uso dos resíduos animais como fertilizantes. **Anais...** Simpósio Internacional sobre gerenciamento de resíduos agropecuários e agroindustriais - II Sigera, 15 a 17 de março de 2011 – Foz do Iguaçu, PR. Volume I – Palestras, 2011.

COSTA, Mônica S. S. de M. et al. Efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaça de aves. **Engenharia Agrícola** [online]. 2005, vol.25, n.2, pp. 549-556.

FERNANDES, Fernando; SILVA, Sandra M. C. P da. **Manual prático para a compostagem de bio sólidos**. PROSAB - Programa de Pesquisa em saneamento Básico. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 1999, 91p.

HAHN, Leandro et al. Persistência de patógenos e do antibiótico salinomicina em pilhas de compostagem de cama de aviário. **Arquivos de zootecnia** [online]. 2012, vol.61, n.234, pp. 279-285.

INÁCIO, Caio de T.; MILLER, Paul R. M. **Compostagem: Ciência e prática para a gestão de resíduos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

MACKLIN K. S. et al. Effects of in-house composting of litter on bacterial levels. **Journal Applied Poultry Research**, 2006, 15: 531-537.

MARAGNO, Eliane S.; TROMBIN, Daiane F.; VIANA, Ednilson. O uso da serragem no processo de minicompostagem. **Engenharia Sanitária Ambiental** [online]. 2007, vol.12, n.4, pp. 355-360.

MEDEIROS, Rangel et al. A adição de diferentes produtos químicos e o efeito da umidade na volatilização de amônia em cama de frango. **Ciência Rural** [online]. 2008, vol.38, n.8, pp. 2321-2326.

Moore Jr Philip A.; Daniel TC, Edwards DR. Reducing phosphorus runoff and inhibiting ammonia loss from poultry manure with aluminum sulfate. **Journal Environmental Quality**, 2000, 29: 29-37.

NEME, Rafael et al. Adição de gesso agrícola em três tipos de cama de aviário na fixação de nitrogênio e no desempenho de frango de corte. **Ciência Rural** [online]. 2000, vol.30, n.4, pp. 687-692.

ORRICO JUNIOR, Marco A. P. et al. Compostagem dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**. [online]. 2012, vol.41, n.5, pp. 1301-1307.

ORRICO JUNIOR, Marco A. P.; ORRICO, Ana C. A. e LUCAS JUNIOR, Jorge de. Compostagem da fração sólida da água residuária de suinocultura. **Engenharia Agrícola** [online]. 2009, vol.29, n.3, pp. 483-491.

ORRICO JUNIOR, Marco A. P.; ORRICO, Ana C. A. e LUCAS JUNIOR, Jorge. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Engenharia Agrícola**. [online]. 2010, vol.30, n.3, pp. 538-545.

SHARMA, V.K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; et al. Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting. **Energy Conversion and Management**, v.38, n.5, p.453-478, 1997.

SILVA, F. de A. S; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. IN: **World Congress on Computers in Agriculture**, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

TESSARO, Amarildo A. **Potencial energético da cama de aviário produzida na região sudoeste do Paraná utilizada como substrato para produção de biogás.** 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento de tecnologias - PRODETEC) – Instituto para o desenvolvimento – LACTEC, em parceria com o Instituto de engenharia do Paraná (IEP), Paraná, Curitiba, 2011.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. **Environmental Pollution**, Oxford, n.4, v.110, p.535-541, 2000.

TRANI, P. E. et al. **Superfosfato simples com esterco animal: um bom fertilizante organomineral.** 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_2/organomineral/index.htm>. Acesso em: 30/06/2014.

YEOMAN, J.C.; BREMNER, J. M. Commun. **In Soil Science. Plant Anal**, 1467,1988.

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os resultados sugerem que as adições dos condicionadores diminuem tanto a emissão de CO₂ quanto de NH₃ com o aumento da dose, no entanto as doses utilizadas foram insuficientes para zerarem as emissões, sendo necessária a realização de novas experimentações no sentido de aprimorar a quantidade de produto a ser utilizada.

A qualidade nutricional do composto final foi afetada pela adição dos condicionadores. A concentração de nitrogênio aumentou com o aumento das doses para ambos, provavelmente pela menor emissão de NH₃ devido a presença do sulfato de alumínio e do superfosfato simples. Por outro lado, os teores de fósforo e potássio foram diminuídos quando houve aplicação de sulfato de alumínio em comparação com o controle, o inverso foi observado com a adição do superfosfato simples. Ocorrendo aumento de até 65% com a maior dose utilizada para o fósforo quando comparados com a testemunha e em torno de 58% quando comparados com a composição inicial do material utilizado. Uma das justificativas para o aumento do fósforo é por na composição do fosfato possuir 18% de P₂O₅, ou seja, aumentando-se a dose do condicionador na compostagem aumentasse o teor do nutriente no composto. Estes aumentos indicam que a adição de fosfato propicia maior valor nutricional ao composto e possivelmente maiores rendimentos das culturas que receberam a adubação.

Quanto ao cálcio a adição do sulfato de alumínio proporcionou as maiores concentrações nas doses 2,5% e 5%, em torno de 7% de aumento quando comparadas a testemunha, sendo que para o magnésio a dose 5% apresentou a melhor eficiência. Já com a adição de superfosfato simples houve aumento linear crescente com o aumento da dose para cálcio, um dos motivos para este aumento seria por possuir na composição do fosfato em média 20% de cálcio. Entretanto houve leve redução para o magnésio quando comparados ao controle, mas o teor encontrado com a maior dose de fosfato fica acima do observado no material inicial, essa diminuição pode ser associada ao maior poder de adsorção do cálcio em relação ao magnésio.

No entanto, são ainda necessários estudos referentes as aplicações dos compostos formados contendo os condicionadores, testando quais seriam seus efeitos sobre o desempenho das culturas, mas, nota-se que o composto formado através da adição de superfosfato simples poderia proporcionar melhores resultados, devido aos aumentos dos teores de nutrientes em relação ao sulfato de alumínio, e também, por o sulfato possuir elementos químicos limitantes ao uso agrícola, influenciando negativamente o desenvolvimento das plantas.

6. ANEXOS

Anexo 1: Dados da análise de variância realizada para a emissão de NH₃ e CO₂, com as doses de aplicação dos condicionadores sulfato de alumínio e superfosfato simples versus as semanas de compostagem da cama de aviário. UTFPR, Câmpus Dois Vizinhos – 2015.

Fator	NH ₃		CO ₂	
	GL	F	GL	F
Sulfato de alumínio				
Doses	4	107,0939 ⁻	4	10,8298 ⁻
Semanas	12	64,5850 ^{**}	12	138,5786 ^{**}
Doses*Semanas	48	7,9642 ^{**}	48	1,2159 ^{ns}
Superfosfato simples				
Doses	4	162,1014 ⁻	4	12,0227 ⁻
Semanas	12	58,97 ^{**}	12	171,0861 ^{**}
Doses*Semanas	48	16,5998 ^{**}	48	1,0971 ^{ns}

ns - valores médios não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey e/ou Scott Knott a 5% de probabilidade de erro (P<0,05). --: os tratamentos são quantitativos, o teste F não se aplica *- valores médios diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey e/ou Scott Knott a 5% de probabilidade de erro (P<0,05). ** - valores médios diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey e/ou Scott Knott a 1% de probabilidade de erro (P<0,01).

Anexo 2: Dados da análise de variância realizada para a temperatura e teor de umidade, com as doses de aplicação dos condicionadores sulfato de alumínio e superfosfato simples versus as semanas e/ou coletas da compostagem da cama de aviário. UTFPR, Câmpus Dois Vizinhos – 2015.

Fator	Temperatura		Umidade	
	GL	F	GL	F
Sulfato de alumínio				
Doses	4	20,8517 ⁻⁻	4	0,3617 ⁻⁻
Semanas/Coletas	12	238,3870 ^{**}	2	22,2130 ^{**}
Doses*Semanas/Coletas	48	2,5583 ^{**}	8	0,4752 ^{ns}
Superfosfato simples				
Doses	4	41,3175 ⁻⁻	4	11,3981 ⁻⁻
Semanas/Coletas	12	393,4319 ^{**}	2	6,1298 ^{**}
Doses*Semanas/Coletas	48	2,6051 ^{**}	8	2,0487 ^{ns}

ns - valores médios não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (P<0,05). --: os tratamentos são quantitativos, o teste F não se aplica *- valores médios diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (P<0,05). ** - valores médios diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade de erro (P<0,01).

Anexo 3: Dados da análise de variância realizada para o pH e concentração de carbono orgânico total, com as doses de aplicação dos condicionadores sulfato de alumínio e superfosfato simples versus as semanas e/ou coletas da compostagem da cama de aviário. UTFPR, Câmpus Dois Vizinhos – 2015.

Fator	pH		Carbono	
	GL	F	GL	F
Sulfato de alumínio				
Doses	4	273,4906 ⁻⁻	4	3,8758 ⁻⁻
Semanas/Coletas	11	32,1037 ^{**}	2	5,8821 ^{**}
Doses*Semanas/Coletas	44	2,1984 ^{**}	8	1,8398 ^{ns}
Superfosfato simples				
Doses	4	360,7977 ⁻⁻	4	0,5264 ⁻⁻
Semanas/Coletas	12	41,0383 ^{**}	2	15,3291 ^{**}
Doses*Semanas/Coletas	48	1,4717 [*]	8	0,7734 ^{ns}

ns - valores médios não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (P<0,05). --: os tratamentos são quantitativos, o teste F não se aplica *- valores médios diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (P<0,05). ** - valores médios diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade de erro (P<0,01).

Anexo 4: Dados da análise de variância realizada para a concentração de nitrogênio e relação carbono/nitrogênio, com as doses de aplicação dos condicionadores sulfato de alumínio e superfosfato simples versus as coletas da compostagem da cama de aviário. UTFPR, Câmpus Dois Vizinhos – 2015.

Fator	Nitrogênio		Carbono/nitrogênio	
	GL	F	GL	F
Sulfato de alumínio				
Doses	4	24,7452 ⁻⁻	4	10,7818 ⁻⁻
Coletas	2	1,4169 ^{ns}	2	6,1051 ^{**}
Doses*Coletas	8	0,4267 ^{ns}	8	0,7675 ^{ns}
Superfosfato simples				
Doses	4	8,6210 ⁻⁻	4	7,4846 ⁻⁻
Coletas	2	18,4580 ^{**}	2	27,5060 ^{**}
Doses*Coletas	8	1,2968 ^{ns}	8	0,8384 ^{ns}

ns - valores médios não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (P<0,05). --: os tratamentos são quantitativos, o teste F não se aplica *- valores médios diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (P<0,05). ** - valores médios diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade de erro (P<0,01).

Anexo 5: Dados da análise de variância realizada para a concentração de cálcio e magnésio, com as doses de aplicação dos condicionadores sulfato de alumínio e superfosfato simples versus as coletas da compostagem da cama de aviário. UTFPR, Câmpus Dois Vizinhos – 2015.

Fator	Cálcio		Magnésio	
	GL	F	GL	F
Sulfato de alumínio				
Doses	4	14,3820 ⁻	4	0,4713 ⁻
Coletas	2	17,8779 ^{**}	2	16,6846 ^{**}
Doses*Coletas	8	2,7310 [*]	8	3,7579 ^{**}
Superfosfato simples				
Doses	4	49,8453 ⁻	4	12,0502 ⁻
Coletas	2	2,3908 ^{ns}	2	28,8349 ^{**}
Doses*Coletas	8	0,4721 ^{ns}	8	0,8861 ^{ns}

ns - valores médios não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (P<0,05). --: os tratamentos são quantitativos, o teste F não se aplica *- valores médios diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (P<0,05). ** - valores médios diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade de erro (P<0,01).

Anexo 6: Dados da análise de variância realizada para a concentração de fósforo e potássio, com as doses de aplicação dos condicionadores sulfato de alumínio e superfosfato simples versus as coletas da compostagem da cama de aviário. UTFPR, Câmpus Dois Vizinhos – 2015.

Fator	Fósforo		Potássio	
	GL	F	GL	F
Sulfato de alumínio				
Doses	4	1,3908 ⁻⁻	4	2,0317 ⁻⁻
Coletas	2	5,8709 ^{**}	2	0,6311 ^{ns}
Doses*Coletas	8	0,7313 ^{ns}	8	0,6232 ^{ns}
Superfosfato simples				
Doses	4	71,1325 ⁻⁻	4	4,6246 ⁻⁻
Coletas	2	4,8013 [*]	2	6,4662 ^{**}
Doses*Coletas	8	1,2878 ^{ns}	8	0,2937 ^{ns}

ns - valores médios não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (P<0,05). --: os tratamentos são quantitativos, o teste F não se aplica *- valores médios diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (P<0,05). **- valores médios diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade de erro (P<0,01).