JOYCE DE JESUS MANGINI FURLAN

**Efeito do tratamento de cama e de
estratégias nutricionais sobre índices produtivos e qualidade de carne
em frangos de corte**

Pirassununga

2017

JOYCE DE JESUS MANGINI FURLAN

**Efeito do tratamento de cama e de
estratégias nutricionais sobre índices produtivos e qualidade de carne em frangos de corte**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof^a. Dr^a. Angélica Simone Cravo Pereira

De acordo: _____

Orientador

Pirassununga

2017

Obs: A versão original se encontra disponível na Biblioteca da FMVZ/USP.

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 3541
FMVZ

Furlan, Joyce de Jesus Mangini
Efeito do tratamento de cama e de estratégias nutricionais sobre índices produtivos e
qualidade de carne em frangos de corte. / Joyce de Jesus Mangini Furlan. -- 2017.
146 f. : il.

Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e
Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2017.

Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.

Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Profa. Dra. Angélica Simone Cravo Pereira.

1. Amônia. 2. Aves. 3. Dejeito avícola. 4. Fitase. 5. Proteína Bruta. I. Título.

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Efeito do tratamento de cama e estratégias nutricionais sobre índices produtivos e qualidade de carne em frangos de corte", protocolada sob o CEUA nº 3390020414, sob a responsabilidade de **Angélica Simone Cravo Pereira** e equipe; **Joyce de Jesus Mangini Furlan; Adrielle Ferrinho** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 13/10/2015.

We certify that the proposal "Effect of poultry litter treatment and nutritional strategies on productive indexes and meat quality of broiler chicks", utilizing 1350 Birds (1350 males), protocol number CEUA 3390020414, under the responsibility of **Angélica Simone Cravo Pereira** and team; **Joyce de Jesus Mangini Furlan; Adrielle Ferrinho** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo) (CEUA/FMVZ) in the meeting of 10/13/2015.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa**

Vigência da Proposta: de 07/2014 a 12/2014

Área: **Nutrição E Produção Animal**

Origem: **Animais provenientes de estabelecimentos comerciais**

Espécie: **Aves**

sexo: **Machos**

idade: **a**

N: **1350**

Linhagem: **Cobb 500**

Peso: **a**

Resumo: Dois experimentos serão realizados no Laboratório de Pesquisa em aves do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Universidade de São Paulo (USP), na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, campus de Pirassununga, SP. Serão utilizados 672 pintos machos da linhagem Cobb 500. Objetiva-se, com o referido trabalho, estudar o efeito da interação entre os fatores: tratamento de cama, densidade populacional no galpão e uso de estratégias nutricionais.

Local do experimento:

São Paulo, 12 de junho de 2017

Prof. Dra. Denise Tabacchi Fantoni

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Roseli da Costa Gomes

Secretaria Executiva da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: FURLAN, Joyce de Jesus Mangini

Título: Efeito do tratamento de cama e de estratégias nutricionais sobre índices produtivos e qualidade de carne de frangos de corte

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Data: __/__/__

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida.

À minha família, em especial meus pais, José Carlos e Marinalda, pelo amor, carinho e incentivos em todos os momentos, permitindo que eu chegasse até aqui e saber que posso ir mais longe.

Aos meus irmãos, Rodrigo e Marina, pelo carinho e companheirismos e por torcerem por mim assim como eu por eles. Aos meus cunhados, Felipe, Cristiane, Máisa e Estefani por todo apoio.

Aos meus sogros, Paulo e Fátima, pelo carinho em tudo que fazem por mim e pelos meus.

Ao meu esposo, Paulo, pelo companheirismo, amor, paciência. Presente em todos os momentos me aconselhando e apoiando. Ao meu filho, Francisco que desde sua chegada enche meus dias de alegria e me mostra que a felicidade está em um simples abraço e sorriso de criança.

Ao Professor Ricardo Albuquerque que me confiou o desafio de desenvolver esse projeto.

A minha orientadora Professora Doutora Angélica Simone Cravo Pereira por ter acreditado em minha capacidade, pelos ensinamentos e conselhos, pela paciência e cuidados de mãe.

Ao Professor Julio Cesar Pascale Palhares pela ajuda nos momentos necessários.

Ao Professor Augusto Hauber Gameiro pela ajuda e esclarecimentos nos momentos em que precisei.

Ao professor Paulo Henrique Mazza pela ajuda e esclarecimentos sobre análise estatística.

A Capes pela concessão da bolsa durante minha permanência no Doutorado, que me proporcionou condições de estudar e suprir as necessidades do dia a dia.

A Universidade de São Paulo, que me recebeu desde a graduação, e em especial ao Departamento de Nutrição e Produção Animal, que permitiu que eu realizasse meu trabalho em suas instalações. Foi ao todo dez anos de permanência no *campus* Fernando Costa.

A todos os professores do Departamento de Nutrição e Produção Animal, pelos ensinamentos e dedicação. A Alessandra e a Fábria pelo apoio e ajuda sempre que

necessário. Ao João Paulo secretário da pós-graduação por toda ajuda quando necessário. A todos os funcionários do departamento pela disposição em ajudar.

A toda equipe do Laboratório de Ciência da Carne – LCC: Lenise de Freitas Mueller, Adrielle Matias Ferrinho, Mariana Zanata, Máisa Furlan pela amizade e companheirismo sempre.

A toda equipe do Laboratório de pesquisa em Aves, em especial professora Cristiane, pelo apoio técnico e por permitir o uso das dependências do laboratório.

Ao Grupo Guaçu[®], em especial ao José Renato Lanzi por ter confiado no meu trabalho e pela oportunidade de desenvolver este projeto de pesquisa em parceria com a empresa. Agradeço pelo financiamento do projeto, permitindo que se transformasse nessa tese.

A todas as pessoas que me apoiaram neste caminho acadêmico, nos momentos difíceis e de descontração, sempre ao meu lado quando precisei.

RESUMO

FURLAN, J. J. M. **Efeito do tratamento de cama e estratégias nutricionais sobre índices produtivos e qualidade de carne em frangos de corte.** [Poultry litter treatment and nutritional strategies effects on productive indexes and meat quality in broiler chicks] 2017. 146 f. Tese (Doutorado em Ciências, Programa Nutrição e Produção Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

Objetivou-se avaliar os efeitos do uso de sulfato de alumínio, da densidade de alojamento e de estratégias nutricionais sobre índices produtivos, econômicos e qualidade de carne na produção de frangos de corte. Foram conduzidos dois experimentos, nos quais: Experimento I (EI) Objetivou-se avaliar os efeitos das doses de sulfato de alumínio [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$] - (0, 200, 400 e 600 g/m^2) no tratamento da cama aviária e da taxa de lotação (8 e 9 aves/ m^2). Foi avaliadas na cama, a amônia volatilizada, pH, teor de matéria-seca e nitrogênio, além do desempenho das aves, rendimento de carcaça, cortes (peito e coxa-sobrecoxa), ocorrência de lesão de peito e pododermatite e qualidade da carne (pH, cor, perdas totais por cozimento, maciez objetiva e análise sensorial). No Experimento II (EII) os objetivos foram avaliar os efeitos da inclusão dietética de fitase (1.000 FTU/kg de ração) e da redução do nível de proteína bruta (um ponto percentual) nas dietas de frangos criados em cama tratada ou não com sulfato de alumínio (1.568 g/m^2). Além das análises citadas anteriormente, objetivou-se avaliar o aspecto microbiológico das carcaças de frango e propor uma estimativa econômica do poder fertilizante da cama aviária. Foi realizada a análise da viabilidade econômica do uso do sulfato de alumínio, da fitase e da redução do nível proteico da dieta na produção avícola. (EI) As doses de sulfato de alumínio e as taxas de lotação influenciaram as características da cama, reduzindo os valores de pH e minimizando a quantidade de amônia volatilizada. A melhor dose de sulfato de alumínio foi de 400 g/m^2 independente da lotação adotada. As doses de sulfato de alumínio avaliadas não influenciaram o desempenho das aves, que foi afetado negativamente pelo aumento da densidade. Observou-se efeito significativo da interação sulfato de alumínio $\times$ taxa de lotação ($P = 0,0094$) sobre o rendimento de carcaça. O teste afetivo mostrou que o sulfato de alumínio não influenciou a aceitabilidade dos consumidores pela carne de frango. A análise econômica demonstrou que a margem bruta aumentou quando a lotação foi de nove aves/ m^2 já que o peso do lote é maior.

(EII) A aplicação do sulfato de alumínio na cama aviária reduziu os valores de pH e consequentemente a amônia volatilizada. Além disso, a baixa PB e a fitase reduziram o pH e a amônia também. O sulfato de alumínio (1.568 g/m^2) reduz a emissão de amônia e as perdas de N da cama. Valorar o dejetos avícola como fertilizante orgânico permite uma melhor decisão com relação às quantidades a serem aplicadas na lavoura, promovendo benefícios econômico e ambiental. A inclusão dietética de fitase (1.000 FTU/kg de ração) influenciou características de cor da carne e melhorou sua maciez segundo a percepção de consumidores não treinados. O uso de 1.568 gramas de sulfato de alumínio por m^2 diminui a margem de comercialização, onerando os custos de produção. Além disso, pode-se concluir que as diferentes estratégias nutricionais não apresentaram diferenças nas margens de comercialização, indicando a viabilidade econômica na utilização de ferramentas nutricionais para manutenção do impacto ambiental da produção avícola.

Palavras-chave: Amônia. Aves. Dejetos avícola. Fitase. Proteína Bruta.

ABSTRACT

FURLAN, J. J. M. **Poultry litter treatment and nutritional strategies effects on productive indexes and meat quality in broiler chicks.** [Efeito do tratamento de cama e estratégias nutricionais sobre índices produtivos e qualidade de carne em frangos de corte] 2017. 146 f. Tese (Doutorado em Ciências, Programa Nutrição e Produção Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

The aim of this study was to evaluate the effects of the use of aluminum sulfate, stocking density and nutritional strategies on productive, economic indexes and meat quality on poultry industry. Therefore, two experiments were conducted. Experiment I (EI) the aim of study was to evaluate the effects of aluminum sulfate doses [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$] - (0, 200, 400 e 600 g/m^2) to treated poultry litter and bird densities (8 and 9 birds/ m^2). It was evaluated volatilized ammonia, pH values, dry matter and nitrogen content from poultry litter. Furthermore, it was evaluated live performance, carcass, breast, drumstick and thigh yield, prevalence of breast skin lesions and foot-pad *dermatitis*, and chicken meat quality (pH, color, shear force, cook loss and sensorial analysis). Experiment II (EII) aims evaluate the effects of aluminum sulfate to treat litter (0 or 1.568 g/m^2), including phytase (1,000 FTU/kg of feed) in the diet and diets with low-crude protein (one percentage point of reduction). This study aims to evaluate the Microbiological Plate Counts on carcasses was evaluated and propose a method to value the manure in relation to its potential as fertilizer too. The economic analysis was also performed, considering the use of aluminum sulphate, phytase and diets with low-crude protein in the production of broiler chickens. The economic analysis the marketing margin increased when the density was 9/ m^2 because the sold broilers' weight was higher. (EI) Aluminum sulfate doses and the stocking density influence poultry litter characteristics, lowering the pH values and reducing the amount of volatilized ammonia. The best dose of aluminum sulphate was 400 g/m^2 regardless of the density adopted. The use of aluminum sulfate doses evaluated did not influence the broiler performance, which was negatively affected by the increase in the density. A significant effect of the interaction ($P = 0.0094$) was verified for carcass yield. The affective test showed that aluminum sulfate didn't influence consumers' acceptability for chicken meat. The economic analysis showed that the contribution margin increased when the stocking was 9 birds/ m^2 since the lot weight is higher. (EII) Application of alum to the litter lowered pH values and consequently ammonia volatilization, moreover the low

crude protein and phytase reduced this traits too. Aluminum sulfate (1.568 g/m²) reduces ammonia emissions and consequently nitrogen losses from litter. Valuing poultry manure as organic fertilizer allows the better decision in relation to the quantity to be applied to the crop, promoting economic and environmental benefits. It was concluded that the inclusion of phytase (1,000 FTU/kg of feed), influences chicken meat color characteristics, and improved meat tenderness in the perception of untrained panelists. The use of 1,568 grams of aluminum sulphate per m² decreased the marketing margin, inflating production costs. In addition, it can be concluded that different nutritional strategies did not present differences in the margins of commercialization, indicating the economic feasibility in the use of nutritional tools to maintain the environmental impact of poultry production.

Keywords: Ammonia. Broilers. Crude protein. Phytase. Poultry manure.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	18
1. INTRODUÇÃO	18
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1 Manejo ambiental na avicultura	20
2.2 Cama aviária: Utilização e reutilização.....	21
2.3 Qualidade do ar nos galpões avícolas.....	22
2.4 Uso da cama como fertilizante orgânico	23
2.5 Uso de aditivos no tratamento de cama aviária	24
2.6 Estratégias Nutricionais e redução do poder poluidor do dejetos	25
2.7 Qualidade da carne	26
REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO 2 - EFEITOS DO SULFATO DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO DA CAMA, DENSIDADE DE ALOJAMENTO E ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS SOBRE A QUALIDADE DO DEJETO AVÍCOLA	35
1. Introdução	39
2. Material e Métodos.....	41
3. Resultados e Discussão	47
4 Conclusões	71
REFERÊNCIAS	72
CAPÍTULO 3 – EFEITOS DO SULFATO DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO DA CAMA, DENSIDADE DE ALOJAMENTO E ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS SOBRE O DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE FRANGOS DE CORTE.....	75
1. Introdução	79
2. Material e Métodos.....	81
3. Resultados e Discussão	90
4 Conclusões	107
REFERÊNCIAS	108
CAPÍTULO 4 – EFEITOS DO SULFATO DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO DA CAMA, DENSIDADE DE ALOJAMENTO E ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS SOBRE QUALIDADE DA CARNE DE FRANGOS DE CORTE.....	112
1. Introdução	116
2. Material e Métodos.....	117
3. Resultados e discussão	120
4 Conclusões	129

REFERÊNCIAS	130
CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE SULFATO DE ALUMÍNIO E DE ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS NO MANEJO DE CAMA AVIÁRIA	133
1. Introdução	135
2. Material e Métodos.....	136
3. Resultados e discussão	140
4 Conclusões	144
REFERÊNCIAS	145

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação sobre a volatilização de amônia e pH da cama de frangos de acordo com os períodos experimentais	50
Tabela 2 - Amônia liberada da cama de frangos de acordo com os períodos experimentais avaliados.....	52
Tabela 3 – Valores de pH da cama de frangos de acordo com os períodos experimentais avaliados	54
Tabela 4 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação das aves sobre o teor de matéria-seca e nitrogênio na cama de frango	56
Tabela 5 - Efeito do tratamento da cama e de estratégias nutricionais sobre a volatilização de amônia e pH da cama de frangos, de acordo com os períodos experimentais	59
Tabela 6 - Efeito do uso do sulfato de alumínio, da inclusão da fitase e do nível proteico da dieta sobre a amônia liberada da cama de frango.....	60
Tabela 7 - Efeito da inclusão da fitase e do nível proteico da dieta sobre a amônia liberada da cama de frango	61
Tabela 8 - Efeito do uso do sulfato de alumínio, da inclusão da fitase e do nível proteico da dieta sobre a amônia liberada da cama de frango.....	63
Tabela 9 - Efeito da inclusão da fitase e do nível proteico da dieta sobre o pH da cama de frango	63
Tabela 10 - Efeito do tratamento da cama e de estratégias nutricionais sobre o teor de matéria-seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) da cama de frangos	65
Tabela 11 - Valoração do dejetos (<i>VLR</i>) originado dos tratamentos experimentais, considerando o potencial fertilizante para cada fertilizante comercial e potencial fertilizante total (<i>VLT</i>) para granja com capacidade para alojar 80.000 aves.....	69
Tabela 12 - Composições, centesimal e calculada das rações experimentais (%)	84
Tabela 13 – Composição, centesimal e calculada das rações experimentais (%)	85
Tabela 14 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação sobre o desempenho de frangos de corte em suas respectivas fases de criação	92
Tabela 15 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade	94
Tabela 16 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação sobre o peso de abate, rendimento de carcaça e cortes e incidência de pododermatite em frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade	94
Tabela 17– Efeito do tratamento da cama e de estratégias nutricionais sobre o desempenho de frangos de corte em suas respectivas fases de criação	98
Tabela 18 - Efeito do uso do sulfato de alumínio no tratamento da cama e de estratégias nutricionais sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade.....	101

Tabela 19 - Efeito do uso do sulfato de alumínio no tratamento da cama e de estratégias nutricionais sobre peso de abate, rendimento de carcaça e cortes de frangos abatidos aos 42 dias de idade.....	104
Tabela 20 – Contagem bacteriana total (CBT) e Enterobactérias em carcaças de frango criados em cama tratada com sulfato de alumínio e alimentados com dietas contendo fitase e redução do teor de proteína bruta.....	106
Tabela 21 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação sobre as características de qualidade de carne de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade.....	123
Tabela 22 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação sobre atributos sensoriais da carne de peito de frango.....	125
Tabela 23 - Efeito do uso do sulfato de alumínio no tratamento da cama e de estratégias nutricionais sobre características de qualidade de carne de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade.....	127
Tabela 24 - Efeito do uso do sulfato de alumínio no tratamento da cama e de estratégias nutricionais sobre atributos sensoriais da carne de peito de frango.....	129
Tabela 25 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação sobre indicadores econômicos no período total de criação de frangos de corte (1 a 42 dias de idade).....	142
Tabela 26 - Efeito do uso do sulfato de alumínio no tratamento da cama e de estratégias nutricionais sobre indicadores econômicos no período total de criação de frangos de corte (1 a 42 dias de idade).....	144

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Efeito da dose de sulfato de alumínio sobre quantidade de amônia liberada da cama de frango em uma taxa de lotação de 8 aves/m ² ao longo do ciclo de criação	51
Figura 2 - Efeito da dose de sulfato de alumínio sobre quantidade de amônia liberada da cama de frango em uma taxa de lotação de 9 aves/m ² ao longo do ciclo de criação	51
Figura 3 - Efeito da dose de sulfato de alumínio sobre os valores de pH da cama de frango em uma taxa de lotação de 8 aves/m ² ao longo do ciclo de criação	53
Figura 4 - Efeito da dose de sulfato de alumínio sobre os valores de pH da cama de frango em uma taxa de lotação de 9 aves/m ² ao longo do ciclo de criação	54
Figura 5 – Efeito do uso do sulfato de alumínio, da inclusão da fitase e do nível proteico da dieta sobre a amônia liberada da cama de frango ao longo do ciclo de criação	60
Figura 6 - Efeito do uso do sulfato de alumínio, da inclusão de fitase e do nível proteico da dieta sobre o pH da cama de frango ao longo	62
Figura 7 – Efeito da inclusão de fitase e da redução da proteína bruta (PB) em dietas de frangos de corte sobre o teor de fósforo total da cama.....	66
Figura 8 - Efeito da inclusão de fitase e da redução da proteína bruta (PB) em dietas de frangos de corte sobre a quantidade de dejetos produzidos (g/ave).....	70
Figura 9 - Efeito da inclusão de fitase e da redução da proteína bruta (PB) em dietas de frangos de corte sobre a valoração do dejetos em relação ao nitrogênio (R\$).....	70
Figura 10 - Escores de classificação da severidade de pododermatites (PDD) ou lesões de pé em frangos de corte. Fonte: WQAPP (2009).....	87
Figura 11 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte.....	95
Figura 12 - Efeito do uso de sulfato de alumínio na cama e da redução da proteína bruta (PB) da dieta sobre a conversão alimentar de frangos de corte aos 21 dias de idade	99
Figura 13 - Efeito do uso de sulfato de alumínio na cama e da redução da proteína bruta (PB) da dieta sobre a conversão alimentar de frangos de corte aos 35 dias de idade	100
Figura 14 - Efeito do uso de sulfato de alumínio na cama e da redução da proteína bruta (PB) da dieta sobre a viabilidade de frangos de corte criados de 1 a 42 dias de idade	102

ANEXO

Anexo I - Ficha do Teste de Aceitação para carne de Frango.....	146
---	-----

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

Um dos pilares que sustenta a produção avícola brasileira é a sanidade. O ano de 2017 teve um início difícil para avicultura mundial devido à constatação de surtos de gripe aviária em alguns países como Chile. Segundo o virologista Ron Fouchier que estuda a prevalência do vírus na avicultura mundial, a biosseguridade é a ferramenta mais importante da avicultura (Poultry World, 2017). No ano de 2016, o Brasil chegou a mais de 13 milhões de toneladas de carne de frango produzidas, com esse volume ultrapassou a China e atualmente ocupa o posto de segundo maior produtor mundial de frangos de corte, atrás apenas dos Estados Unidos (USDA).

Diante da expansão de mercados, da preocupação da indústria e dos consumidores com o meio ambiente e o bem-estar animal (BEA), têm-se investido na sua atuação da produção avícola responsável. Neste sentido, o manejo da cama aviária e o plano de tratamento de dejetos na produção de frangos de corte contribuem para sustentabilidade e sanidade do sistema produtivo. A aplicação de aditivos químicos acidificantes, como o sulfato de alumínio na cama aviária, tem como intuito promover a manutenção das condições físico-químicas do material de cama, e a partir daí, a prática de reutilização da cama poderia ser feita sem preocupações do ponto de manejo.

A reutilização da cama de aviário no Brasil é feita em média seis vezes, ou seja, a mesma cama recebe seis lotes de pintinhos permanecendo no galpão por um período de um ano. Tal prática é cada vez mais observada devido ao fato de que o material utilizado como cama muitas vezes é escasso e, portanto torna-se oneroso, adquirir cama nova para cada novo lote de aves que será alojado. O item 9.5.5.5 EurepGAP (2005), em pontos críticos e critérios de aceitação estabelece como ponto de controle que, se a cama é reutilizada, deve ser manejada com algum tipo de tratamento químico. No entanto, no Brasil não há legislação que trate sobre o uso de aditivos químicos para o manejo de cama aviária ou de qualquer outro dejetos da produção animal. Deste modo, a escolha do método e do produto para tratar a cama fica a critério do produtor.

Neste sentido, o uso de estratégias para manejar a cama aviária como a aplicação de aditivos acidificantes é uma alternativa interessante e viável para a indústria avícola.

No entanto, nota-se discrepância ou ausência de dados literários que tratem da quantidade a ser aplicada, principalmente em países de clima tropical como o Brasil.

Ademais, há carência de informações sobre os efeitos do uso destes compostos químicos sobre a qualidade da carne de frango, já que quando descartada do galpão avícola este material será aplicado no solo como fertilizante orgânico. Não obstante, ainda são raros estudos sobre a viabilidade econômica do uso do sulfato de alumínio na produção avícola e seus efeitos sobre o desempenho zootécnico dos animais.

Ao comparar o efeito do bissulfeto de sódio e sulfato de alumínio no tratamento da cama aviária, Line et al. (2002) observaram rápida diminuição do pH e o sulfato de alumínio promoveu a acidificação da cama por um período mais longo do que o bissulfeto de sódio. Em relação ao desempenho das aves, o tratamento da cama com sulfato de alumínio, resultou em maior ganho de peso, melhor conversão alimentar e também diminuição da ocorrência de lesões de peito nos frangos de corte (OLIVEIRA et al., 2003).

O fato do sulfato de alumínio minimizar a volatilização de amônia por controlar a proliferação de microrganismos que promovem a liberação deste gás, pode representar uma vantagem em diminuir gastos com ventilação para dispersar o odor dependendo da época do ano e da fase de criação das aves (MOORE et al., 1999).

Desta forma, o objetivo geral do estudo foi avaliar o efeito de diferentes doses de sulfato de alumínio no tratamento de cama aviária, variando as taxas de lotação sobre os índices produtivos, econômicos e qualidade de carne na produção de frangos de corte (Experimento I). No segundo estudo, o objetivo geral foi avaliar o efeito do uso do sulfato de alumínio no tratamento da cama aviária, variando as dietas das aves sobre os índices produtivos, econômicos e qualidade de carne na produção de frangos de corte, além de propor uma metodologia para avaliar o valor econômico do dejetos avícola como fertilizante (Experimento II).

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Manejo ambiental na avicultura

No Brasil, somente alguns Estados como o Tocantins e Santa Catarina possuem lei de licenciamento ambiental específico para avicultura de corte. No entanto, o número de propriedades que pratica algum tipo de manejo ambiental vem aumentando. A preocupação com a destinação dos dejetos tem sido alvo de governos, pesquisadores e sistemas agroindustriais. O Ministério do Meio Ambiente e a iniciativa privada têm trabalhado para informar e auxiliar produtores quanto à importância e necessidade da legalização das atividades agrícolas (BUNGE, 2006). Porém, muitas vezes o conhecimento técnico e científico relacionado ao manejo de dejetos da produção agropecuária é pouco difundido e utilizado.

Segundo Palhares et al. (2011) algumas ações que devem ser conduzidas para evoluir ambientalmente a produção são: i) utilizar práticas de manejo que reduzam a emissão de odores, poeiras e ruídos; ii) utilizar estratégias nutricionais que possuam benefícios ambientais, reduzindo excreção de nutrientes como nitrogênio e fósforo; iii) implementar sistemas de tratamento e destinação de resíduos e, iv) inserir o conceito de Plano de Manejo de Nutrientes para propriedade e no uso dos resíduos da produção como fertilizante, ter como referência o nitrogênio (N) e o fósforo (P).

A avicultura pode impactar o meio ambiente de diversas maneiras, principalmente quando se pensa na quantidade de dejetos gerados em grandes centros produtores, como na região Sul do Brasil. O descarte incorreto dos resíduos da produção pode acarretar problemas ambientais, como poluição das águas devido ao fato de que a presença de nitrogênio, na forma de nitrato tem maior mobilidade, podendo ocorrer perdas por lixiviação e o fósforo pode ser responsável pela eutrofização dos corpos d'água (PALHARES e KUNZ, 2011). Por outro lado, quando os dejetos da produção animal são utilizados corretamente na fertilização do solo apresentam grande vantagem em relação aos fertilizantes minerais, pois estes são instantaneamente solubilizados, enquanto o fertilizante orgânico depende da ação de microrganismos para realizar o processo de mineralização das substâncias orgânicas evitando perdas de nutrientes.

Com relação à qualidade do ar, a emissão de poeira, odores, amônia e gases de efeito estufa (GEE) são apontados como os maiores problemas do setor avícola. A amônia, por exemplo, não só gera problemas para os humanos (tratadores e população em torno dos aviários), mas também para as aves, por se tratar de um gás irritante das mucosas (LIMA et al., 2004).

2.2 Cama aviária: Utilização e reutilização

Na avicultura, a cama é utilizada como objetivo de evitar o contato direto da ave com piso do aviário e absorver os resíduos da criação. O material deve apresentar característica absorvente como, por exemplo, maravalha, cepilho de madeira ou casca de arroz que são mais comumente utilizados. Em geral, a escolha do tipo de cama depende principalmente da sua disponibilidade e dos custos na região em que se localiza o aviário. Contudo, a prática de reutilização da cama é cada vez mais observada na criação de frangos. Uma vez que a aquisição do material para cada novo lote de aves alojado é oneroso, existem também problemas de disponibilidade quando da necessidade da aquisição da cama. Portanto, reutilizar a cama minimiza o problema da disponibilidade do material e reduz a quantidade de resíduos gerados pela criação de frangos de corte (VIEIRA, 2011).

O aspecto sanitário é importante, visto que com o uso da cama há absorção do conteúdo das fezes, urina, restos de penas e ração, insetos e secreções além da umidade de bebedouros. Porém, quando a cama apresenta-se molhada, esta deve ser removida e substituída por cama nova; além do que, a formação de placas favorece a calosidade nos pés das aves (LANA, 2000). O fato é que não se deve desconsiderar que com a crescente produção nacional de carne de frango, maiores quantidades de resíduo de cama são produzidos. Portanto, o produtor deve lançar mão de estratégias de manejo da cama aviária a fim de minimizar o impacto ambiental. Esse fato tornou-se mais importante e incisivo principalmente pela proibição da sua utilização do resíduo da produção de frango de corte na alimentação de ruminantes em 2001. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) elaborou medidas de prevenção da Encefalopatia Espongiforme Bovina (EEB) quando o governo do Canadá proibiu a importação de carne brasileira alegando que esta estaria contaminada pela doença (DIEHL, 2010). Outra preocupação com a qualidade deste material residual da atividade

avícola é a destinação do dejetos avícola. Atualmente, quando usada como fertilizante de culturas vegetais, a cama aviária deve apresentar características interessantes e importantes para tal prática, como a disponibilidade de nutrientes como N, P e potássio (K) (BENEDETTI et al., 2009).

2.3 Qualidade do ar nos galpões avícolas

A qualidade do ar no galpão avícola influencia diretamente o bem-estar animal e dos colaboradores, também podendo causar impactos ao meio ambiente, quando em níveis elevados de emissão de gases nocivos. Os principais reflexos ambientais relacionados à emissão e dispersão de gases, a partir das instalações de produção animal, referem-se à deposição de ácido, aquecimento global e efeitos locais e regionais da emissão de odores (MIRAGLIOTTA, 2005). O modelo atual de criação de aves é caracterizado pela criação intensiva em confinamento, aumentando o número de aves numa mesma área, o que eleva o potencial de intoxicação por gases, principalmente pela presença de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e amônia (NH₃), sendo esta apontada como o principal gás que afeta negativamente as aves e os tratadores (LIMA et al., 2004).

A geração de amônia nos galpões avícolas é decorrente da decomposição microbiana do ácido úrico das excretas das aves presentes na cama, tendo sua liberação influenciada pela umidade da cama (FURLAN, 2006) pelo pH e pela temperatura da própria cama e do ambiente. A amônia é um gás incolor, de forte odor e potencialmente nocivo. Os efeitos mais comuns da exposição à amônia são irritação das mucosas dos olhos e das vias respiratórias e, posteriormente, quando cai na corrente sanguínea, tem efeito tóxico sobre o metabolismo fisiológico (CURTIS, 1983). Altos teores de amônia no ambiente de criação das aves afetam negativamente o peso corporal, a conversão e a eficiência alimentar. A quantidade de amônia volatilizada é elevada em galpões de frangos criados em altas densidades, e conseqüentemente há interferência no desempenho, principalmente na taxa de crescimento das aves (REECE et al., 1979) eficiência alimentar (CAVENY et al., 1981), danos ao aparelho respiratório (NAGARAJA et al., 1983), aumento da suscetibilidade a doença de New Castle, aerossaculite (QYETUNDE et al., 1976) e níveis de *Mycoplasma gallisepticum* (SATO et al., 1973). Charles e Payne (1966) observaram que frangos expostos a 100 ppm de

NH₃ tiveram menor taxa de respiração, ganho de peso e consumo alimentar, quando comparados àqueles expostos a níveis mais baixos desse gás.

A crescente preocupação com questões ambientais, segurança alimentar e o bem estar animal estão diretamente relacionados à qualidade do ar, pois os poluentes aéreos alteram suas características ideais e favorecem o aumento de doenças respiratórias e prejuízos no processo produtivo das aves (TINÔCO, 2004 e GATES, 2005). A ocorrência de doenças causadas pela má qualidade do ar resulta em impactos sanitários pela interação de organismos patogênicos e o animal. Somado a isso, afeta também o bem-estar pelo fato de que a baixa qualidade do ar é um fator estressante para o animal, podendo desencadear efeitos maléficos ao desempenho dos animais e consequentemente perdas econômicas.

2.4 Uso da cama como fertilizante orgânico

Na produção avícola, além da carne e ovos há a geração de um grande volume de resíduos. Entretanto, é possível que ocorra o aproveitamento dos nutrientes quando do uso do dejetos como fertilizante orgânico, desde que seja de forma correta. É necessário ter em vista princípios de sustentabilidade e produção de alimentos saudáveis em comparação ao uso de fertilizantes químicos. Portanto, a implantação de boas práticas de manejo de resíduos é absolutamente essencial para o desenvolvimento da avicultura (PAYNE & DONALD, 1993). A produção e o uso de fertilizante orgânico oriundo da avicultura tem grande potencial de crescimento uma vez que, a estimativa do aumento de produção de carne de frango brasileira é de 3,6% ao ano (UBABEF, 2015).

O manejo agrícola utilizando cama de frango como fertilizante deve ser realizado com critérios agrônômicos para determinar a taxa de aplicação no solo. Deste modo, é necessário conhecer a fertilidade do solo e a necessidade em nutrientes da cultura vegetal que receberá o material, bem como conhecer a composição química da cama. A substituição do adubo químico, na forma de ureia pelo uso da cama de frango, pode ser praticada em pastagens com capim *Panicum maximum* cv. Mombaça, em sistemas de lotação rotacionada (BENEDETTI et al., 2009). De acordo com Kiehl (1997), o efeito da matéria orgânica sobre a produtividade pode ser direto por meio do fornecimento de nutrientes ou pelas modificações das propriedades físicas do solo, melhorando o ambiente radicular e estimulando o desenvolvimento das plantas.

2.5 Uso de aditivos no tratamento de cama aviária

O uso de aditivos para tratar cama de frango é uma solução rápida e econômica na redução da volatilização de amônia e para prevenir o aparecimento dos problemas respiratórios nas aves. Além de evitar a ocorrência de lesões nas carcaças, que são consequência das más condições físicas do material de cama como emplastamento e umidade alta (OLIVEIRA, 2003). A aplicação de aditivos químicos tem demonstrado eficiência no tratamento de cama aviária, uma vez que também reduz o pH e inibe a atividade microbiana. No que diz respeito aos microrganismos, têm-se estudado algumas alternativas de controlá-los, como o uso de compostos acidificantes no intuito de baixar o pH, o que controlaria a proliferação de microrganismos e consequentemente a emissão de amônia para o ambiente.

A fim de acidificar a cama de frango, Line e Bayle (2006) utilizaram sulfato de alumínio e bissulfeto de sódio, no entanto, não houve efeito dos tratamentos no combate à salmonela. Maurice et al. (1998) não encontraram diferenças no desempenho e ocorrência de lesões nas carcaças de frangos criados sobre cama tratada ou não com sulfato de alumínio. Similarmente, Pope e Cherry (2000) utilizaram bissulfeto de sódio e não encontraram efeito deste sobre o desempenho e lesões nas carcaças. Isto pode ter ocorrido porque a acidificação da cama é perdida rapidamente devido à presença da amônia que reage com os íons H^+ alcalinizando o meio. Line et al. (2002) utilizaram bissulfeto de sódio (400 g/m^2) e sulfato de alumínio (1 kg/m^2) e observaram efeito rápido na diminuição do pH na cama. Os autores verificaram que o uso de sulfato de alumínio promoveu a acidificação da cama por um período mais longo do que o bissulfeto de sódio, que teve o seu efeito reduzido rapidamente. No mesmo estudo, com relação ao desempenho produtivo, o uso do sulfato de alumínio na cama aviária, proporcionou maior ganho de peso, melhor conversão alimentar e diminuição da ocorrência de lesões de peito em frangos de corte.

Estudos tem demonstrado que o uso do sulfato de alumínio na indústria avícola tem efeito positivo em reduzir a mortalidade das aves, devido à redução da emissão de amônia (DO et al., 2005 e MOORE, 1995). A principal ação do sulfato é diminuir os níveis de amônia volatilizada nos galpões avícolas. Existe também um efeito do incremento da temperatura na volatilização de NH_3 devido à aceleração na hidrólise da

ureia pelo aumento da atividade da uréase (CLAY et al., 1990). A diminuição do pH se deve ao fato do sulfato de alumínio ser um ácido com seis moles de prótons formados para cada mol de sulfato dissociado, essa reação está representada na equação a seguir: $Al_2(SO_4)_3 \times 14H_2O \rightarrow 2 Al(OH)_3 + 3SO_4^{2-} + 6H^+ + 14H_2$ (OLIVEIRA, 2003). Quando adicionada a cama de frango de palha de arroz para verificar seu efeito sobre o pH, o sulfato de alumínio foi efetivo em reduzir o pH de 7,47 para 4,43 (BURGUES et al., 1998). Em outro estudo, avaliando o efeito do sulfato de alumínio também sobre o pH, os autores verificaram uma redução significativa principalmente nas quatro primeiras semanas do ciclo de criação (MOORE Jr. et al., 2000).

Ao minimizar a volatilização da amônia, consequentemente o sulfato de alumínio aumenta a quantidade de N presente na cama, pois este não é perdido na forma de amônia, fazendo com que o dejetos apresente boa disponibilidade do nutriente quando usado na fertilização de solos. Além disso, o P presente na cama aviária estará disponível para as plantas e, portanto, uma menor quantidade de P solúvel será perdido para o ambiente. O uso de cama aviária que foi tratada com sulfato de alumínio como fertilizante não afetou a absorção de alumínio pelas plantas, nem provoca a acidificação do solo (MOORE e EDWARDS, 2007). Isto ocorreu devido ao fato de que o hidróxido de alumínio $[Al(OH)_3]$ formado pela reação de dissociação, não é prejudicial para as plantas e se precipita no solo.

2.6 Estratégias Nutricionais e redução do poder poluidor do dejetos

Uma maneira eficiente e de custo baixo para minimizar a excreção de N pelas aves é a redução do nível de proteína bruta (PB) da dieta. A formulação de dietas com níveis reduzidos de PB, mediante suplementação de aminoácidos sintéticos, tem sido amplamente utilizada na nutrição de frangos de corte. Este tipo de dieta reduz a excreção do N, pois melhora a eficiência do uso deste pelas aves e modera o consumo de ração (ALETOR et al., 2000). O uso de dietas com baixo teor proteico (21,9% e 16,5% na fase inicial e final, respectivamente) reduziu a concentração de amônia nas instalações avícolas (FERGUSON et al., 1998). Assim, considerando que a produção de amônia é positivamente correlacionada com a quantidade de N excretado, a utilização de dietas com baixa proteína melhora a qualidade do ar nos galpões.

Em relação ao uso das enzimas exógenas na nutrição animal, a fitase merece destaque, uma vez que vem sendo extensamente utilizada para suplementar a dieta de não ruminantes. Nos alimentos de origem vegetal, utilizados em rações de aves, 60 a 85% do fósforo encontram-se na forma de fitato (ácido fítico). Esse composto é considerado um fator antinutricional uma vez que, além de reduzir a disponibilidade de fósforo da dieta, inibe a atividade de enzimas proteolíticas e forma complexos com minerais essenciais, com aminoácidos e outras nutrientes. A enzima fitase (mio-inositol hexafosfato fosfohidrolase) é uma fosfatase que catalisa a hidrólise do ácido fítico (VATS & BANERJEE, 2004), portanto a inclusão dietética da enzima exógena melhora a disponibilidade do fósforo da dieta e evita a formação desses complexos que atrapalham o aproveitamento de nutrientes pelos animais. O fitato é nutricionalmente indisponível para os animais monogástricos, pois estes não sintetizam a enzima fitase em seu aparelho digestivo. O fitato não digerido pelas aves é eliminado nas fezes, contribuindo para o aumento da poluição ambiental (ROSTAGNO et al., 2005). Um estudo realizado por Silva (2006) mostrou que os teores de PB das rações para frangos de corte na fase inicial podem ser reduzidos para 17% e o teor de fósforo disponível para 0,34%, desde que as rações sejam suplementadas com aminoácidos e fitase. Nesses níveis de PB e P disponível, houve redução nos teores de P e outros minerais presentes na cama.

2.7 Qualidade da carne

O elevado desempenho zootécnico e o aumento da produtividade de frangos de corte, proporcionado pelo constante melhoramento genético, ocasionou alterações fisiológicas nas aves. Tais alterações refletem problemas nas carcaças das aves como: calo de pé (pododermatite), calo de peito, dermatite, dermatose, problemas de perna. As pododermatites passaram a ter maior relevância nos últimos anos devido ao direcionamento dos pés de frangos para os mercados da Ásia, de modo que o rendimento percentual de patas passou a ser um fator econômico importante (VIEIRA, 2009).

A pododermatite (PDD) é uma grande preocupação em relação ao bem-estar de frangos de corte, causada pela irritação da amônia contida no material de cama (KYVSGAARD et al., 2013). O aparecimento da lesão, que se inicia com uma

inflamação da pele, em geral está associado a fatores corrosivos presentes na cama do aviário. A PDD é uma inflamação crônica dos metatarsos ou das almofadas digitais dos pés (WILCOX, 2009). A lesão provoca dor, impede o andar e pode limitar o acesso ao alimento e água (HESTER, 1994). As lesões de peito e pododermatite constituem problemas econômicos para a avicultura industrial no Reino Unido, América do Norte e Austrália. Para Riddell (1997), as condições inadequadas da cama, particularmente o excesso de umidade é a principal causa dessa condenação. Já, Martrenchar et al. (1997) atribuíram como causa dos calos a densidade de criação elevada. Garcia et al. (2002) observaram que, para as lesões avaliadas (hematomas, calo de pé, calo de peito, arranhões e dermatite), houve efeito da densidade de criação, com aumento na incidência das lesões à medida que houve aumento do número de aves por área.

As lesões cutâneas e a incidência de artrite em frangos de corte despertam interesse, devido aos prejuízos que acarretam aos avicultores, pois causam condenação das carcaças e redução no valor do produto final. Tais fatores implicam em aumento no custo da mão de obra, redução na velocidade de processamento industrial e aumento dos gastos com a limpeza e desinfecção das instalações, além do prejuízo ao bem estar das aves. Os problemas provocados pela alta densidade de criação, pelo excesso de umidade na cama, pela elevada concentração de amônia no ambiente e por problemas relacionados com a temperatura e ventilação afetam o desempenho das aves. Ao avaliarem a prevalência de lesões cutâneas em frangos de corte, Coelho et al. (2009) concluíram que baixas ou altas as incidências de condenações de carcaça dependem da região avaliada e provavelmente devido às diferenças de manejo. Contudo, Maurice et al. (1998) não encontraram diferenças quanto à ocorrência de lesões nas carcaças de frangos criados sobre cama não tratada e tratada com sulfato de alumínio (12.5 em 7ft³). Similarmente, Pope e Cherry (2000) não encontraram efeito sobre incidência de lesões nas carcaças ao utilizarem bissulfeto de sódio (2.27 kg em 9 m²) no tratamento de cama.

Um estudo realizado por Ruiz et al., 2008, avaliou o uso de óxido de cálcio – CaO (nas doses de 10 e 15% do peso do material de cama que foi maravalha) sobre o rendimento de carcaça. Os autores observaram que não houve diferença entre as doses de óxido de cálcio avaliadas e o tratamento controle sobre o peso e o rendimento da carcaça. Apesar da importância da qualidade da cama e do manejo para com esse material, estudos que relacionam o uso de aditivos acidificantes para tratar a cama de

frango com os atributos de qualidade de carne como, pH, cor e maciez não foram encontrados na literatura.

Pelo exposto anteriormente, pode-se verificar que o tratamento da cama aviária com aditivos químicos e o uso de estratégias nutricionais representam ferramentas importantes dentro da produção de frangos de corte. O manejo da cama envolve fatores como qualidade do ar, qualidade da cama, preocupação com impacto ambiental, destinação dos dejetos além de qualidade de carcaça e carne. O uso de ferramentas nutricionais influencia o desempenho zootécnico, rendimento de carcaça, além de evitar o excesso de nutrientes excretados para o ambiente, melhorando as condições de criação das aves e minimizando o impacto ambiental na produção animal.

REFERÊNCIAS

- ALCOCER, I.; OLIVEIRA, C. R. M. Detecção rápida de *Salmonella enteritidis* em alimentos por ensaio imunoenzimático ELISA. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 401–408, 2003.
- ALETOR, V. A.; HAMID, I. I.; NIEB, E.; PFEFFER, E. Low-protein amino acid-supplemented diets in broiler chickens: effects on performance, carcass characteristics, whole-body composition and efficiencies of nutrient utilization. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, p.547-554, 2000.
- BARNES, H. J.; VAILLANCOURT, J. P.; GROSS, W. B. Colibacillosis. In.: **SAIF, Y.M. Diseases of Poultry**. 11 ed. Ames, Iowa: Iowa State Press, 2003, p.631-656.
- BENEDETTI, M. P.; FUGIWARA, A. T.; FACTORI, M. A.; COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. L. Adubação com cama de frango em pastagem. Águas de Lindóia. **Anais... Águas de Lindóia. ZOOTECH**. 2009.
- BUNGE. **Responsabilidade ambiental na produção agrícola**. Disponível em: <http://www.bunge.com.br/downloads/sustentabilidade/cartilha_RA.pdf>. Acesso em: 7 de ago de 2014.
- BURGUES, R. P.; CAREY, J. B.; SHAFER, D. J. The impact of pH on nitrogen retention in laboratory analyses of broiler litter. **Poultry Science**, Champaign, v.77, n.12, p.1620-1622, 1998.
- CAVENY, D. D., QUARLES, C. L. and GREATHOUSE, G. A. Atmospheric ammonia and broiler cockerel performance. **Poultry Science**, Champaign,, v. 60, p.513–516, 1981.
- CLAY, D. E.; MALZER, G. L. & ANDERSON, J. L. Ammonia volatilization from urea as influenced by soil temperature, soil water content, and nitrification and hydrolysis inhibitors. **Soil Science Society American Journal**, v. 54, p. 263-266, 1990.
- COELHO, L. C., FONSECA, N. A. N., PINHEIRO, J. W.; ANTONICHELI, M., SETE, C., ROCHA, L. M., VIEIRA, M. L. L. Prevalência de lesões cutâneas e artrite em frangos de corte em uma região produtora no Estado do Paraná. In: **Zootec**. – Águas de Lindóia-SP- Brasil, 2009.
- CURTIS, S. E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: The Iowa State University Press, 409p. 1983.

DIEHL, G. N. **Prevenção da Encefalopatia Espongiforme Bovina (EEB) no Brasil.** Informe Técnico DPA. Disponível em: <http://www2.agricultura.rs.gov.br/uploads/1293491656Prevencao_da_Encefalopatia_Espongiforme_Bovina__EEB__no_Brasil.pdf>. Acesso em 28 de abril de 2016.

DO, J. C.; CHOI, I. H.; and NAHAM, K. H. Effects of Chemically Amended Litter on Broiler Performances, Atmospheric Ammonia Concentration, and Phosphorus Solubility in Litter. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, p. 679–686, 2005.

EUREPGAP **Control Points and Compliance Criteria: Integrated Farm Assurance - Poultry.** English version. Module. 2007. p. 23. Disponível em: <http://www.eurepgap.org/documents/webdocs/EUREPGAP_IFA_CPCC_PY_V3-0-1_2July07_Clean.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2016.

FERGUNSON, N. S.; GATES, R. S.; TARABA, J. L.; CANTOR, A. S.; PESCATORE, A. S.; FORD, M. J.; BURNHAM, D. J. The effect of crude protein on growth, ammonia concentration, and litter composition in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, p. 1481-1487, 1998.

FIORENTIN, L. **Aspectos bacteriológicos da reutilização da cama de aviários de frangos de corte.** 2005. Disponível em <<http://www.nordesteural.com.br/nordesteural/matler.asp?newsId=2833>>. Acesso em 13 set. 2013.

FURLAN, R. L., Influencia da temperatura na produção de frangos de corte. In: **vii Simpósio Brasil Sul de Avicultura** - Chapecó-SC- Brasil, 104. 2006.

GARCIA, R. G.; MENDES, A. A.; GARCIA, E. A. Efeito da Densidade de Criação e do Sexo Sobre o Empenamento, Incidência de Lesões na Carcaça e Qualidade da Carne de Peito de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v.4, n.1, p. 1-9, 2002.

GATES, R. S. Poultry Diet Manipulation to Reduce output of pollutants to environment. In: **Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola.** Embrapa. Concórdia, Santa Catarina. **Anais...** Concórdia. SC, 2000. P.63-75, 2000.

HESTER, P. Y. The role of environment and management on leg abnormalities in meat-type fowl. **Poultry Science**, Champaign, v. 73, p. 904–915. 1994.

KIEHL, J. C. Adubação orgânica de culturas forrageiras. In. SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV/Unesp, 1997. p. 208250

KYVSGAARD, N. C.; JENSEN, H. B.; AMBROSEN, T. and TOFT, N. Temporal changes and risk factors for foot-pad dermatitis in Danish broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 92, p. 26-32, 2013.

LANA, G. R. Q. **Avicultura**. Recife: Livraria e Editora Rural Ltda. 2000. 268 p.

LIMA, A. M. C.; NÄÄS, I. A.; BARACHO, M. S.; MIRAGLIOTTA, M. Y. **Ambiência e bem-estar**. In: Produção de frangos de corte. 1 ed. Campinas: FACTA. 2004. 356p.

LINE, J. E. and BAYLE, J. S. Effect of On-Farm Litter Acidification Treatments on Campylobacter and Salmonella Populations in Commercial Broiler Houses in Northeast Georgia. **Poultry Science**, Champaign, v. 71, p. 1572–1576, 2006.

LINE, J.E. Campylobacter and Salmonella populations associated with chickens raised on acidified litter. **Poultry Science**, Champaign, v.81, n.10, p.1473-1477, 2002.

MARTRENCAR, A.; MORISSE, J. P.; HUONNIC, D. Influence of stocking density on some behavioural, physiological and productivity traits of broilers. **Veterinary Research**, v.28, n.5, p.473-480, 1997.

MAURICE, D.V.; LIGHTSEY, S.F.; HAMRICK, E. Alum sludge and zeolite as components of broiler litter. **Journal of Applied Poultry Research**, v.7, n.3, p.263-267, 1998.

MIRAGLIOTTA, M.Y. **Avaliação das condições do ambiente interno em dois galpões de produção comercial de frangos de corte, com ventilação e densidade populacional diferenciados**. 2005. 244f. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, 2005.

MOORE, P.A. Jr., DANIEL, T. C. and EDWARDS, D. R. Reducing phosphorus runoff and improving poultry production with alum. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, p. 692–698, 1999.

MOORE, P. A. Jr.; DANIEL, T. C.; EDWARDS, D. R.; Reducing phosphorus runoff and inhibiting ammonia loss from poultry manure with aluminum sulfate. **Journal of Environmental Quality**, v.29, n.1, p.29-37, 2000.

- MOORE, P. A. Jr. and EDWARDS, D. R. Long-term effects of poultry litter, alum-treated litter, and ammonium nitrate on phosphorus availability in soils. **Journal of Environmental Quality**, v. 36:1, 63-1 74, 2007.
- NAGARAJA, K. V., EMERGENCY, D. A., JORDAN, K. A., SIVANANDAN, V., NEWMAN, J. A. and POMEROY, B. S. Scanning electron microscopic studies of adverse effects of ammonia on tracheal tissues of turkeys. **American Journal Veterinary Research**, v. 44, p. 1530–1536, 1983.
- OLIVEIRA, M. C.; ALMEIDA, C. V.; ANDRADE, D. O.; RODRIGUES, S. M. M. Teor de matéria seca, ph e amônia volatilizada da cama de frango tratada ou não com diferentes aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, p.951-954, 2003.
- PALHARES, J. C.; KUNZ, A. **Manejo ambiental na avicultura**. Concórdia: Embrapa suínos e aves, 2011, 221p.
- PAYNE, V. W. E. & DONALD, J. O. **Poultry Waste management and environmental protection manual**, Alabama, Auburn University, 1993, Circular ANR-580, 50 p.
- POPE, M.; CHERRY, T. E. Evaluation of the presence of pathogens on broilers raised on poultry litter treatment-treated litter. **Poultry Science**, Champaign, v.79, p. 1351-1355, 2000.
- QUINN, P.J. **Clinical Veterinary Microbiology**. London: Mosby, 648 p., 1994.
- QYETUNDE, O. O. F., THOMSON, R. G. and CARLSON, H. C. Aerosol exposure of ammonia, dust and Escherichia coli in broiler chickens. **Canadian Veterinary Journal**, Canadá, v. 19, p. 187, 1976.
- REECE, F.N.; BATES, B.J.; LOTT, B.D. Ammonia control in broiler houses. **Poultry Science**, Champaign, v.58, n.6, p.754-755, 1979.
- RIDDELL, C. Developmental, metabolic, and other noninfectious disorders. In: CALNEK, B. W.; BARNES, H. J.; BEARD, C. W. (Eds). **Diseases of poultry**. 10. ed. Ames: Iowa State University, p. 940-941, 1997.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas Brasileiras**

para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 2 ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa , 2005, 186p.

RUIZ, V.; RUIZ, D.; GERNAT, A. G.; GRIMES, J. L.; MURILLO, J. G.; WINELAND, M. J.; ANDERSON, K. E.; MAGUIRE, R.O. The Effect of Quicklime (CaO) on Litter Condition and Broiler Performance. **Poultry Science**, Champaign, v. 87, p. 823–827, 2008.

SATO, S., SHAIA, S. and KOBAYASHI, H. Effect of ammonia on *Mycoplasma gallisepticum* infection in chickens. **National Institute of Animal Health quarterly**, v. 13, p. 45–53, 1973.

SILVA, Y. L. S.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T.; FASSANI, E. J.; PEREIRA, C. R. Redução de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. Desempenho e teores de minerais na cama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.840-848, 2006.

TINÔCO, I. F. F. **A granja de frangos de corte. Produção de frangos de corte.** 1 ed. Campinas: FACTA, 2004. 356p.

TRABULSI, L. R.; CAMPOS, L. C. **Generalidades sobre enterobactérias.** Microbiologia. 3 ed. São Paulo: Atheneu, 2002, p.207-213.

UBABEF. UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. **Relatório Anual de Atividades 2014.** São Paulo: União Brasileira de Avicultura, 2015. 248 p. Disponível em: <<http://www.abef.com.br/ubabef/exibenoticiaubabef.php?notcodigo=3293>> Acesso em: 10 nov. de 2015.

USDA - **United States Department of Agriculture.** Disponível em: <<http://www.usda.gov>> Acesso em: 30 de abril de 2016.

VATS, P.; BANERJEE, U. C. Production studies and catalytic properties of phytases (myo-inositolhexakisphosphate phosphohydrolases): an overview. **Enzyme and Microbial Technology**, v.35, p.3-14, 2004.

VIEIRA, S. L. Defeitos Visuais – Dermatites de Contato. In: **Qualidade visual de carcaça de frangos de corte: uma abordagem a partir do ambiente de produção.** 2.ed. Cascavel: Gráfica Positiva, 2009. p.55-59

VIEIRA, M. F. A. **Caracterização e análise da qualidade sanitária de camas de frango de diferentes materiais reutilizados sequencialmente**. 2011. 81f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, 2011.

WILCOX, C. S.; PATTERSON, J. and CHENG, H. W. Use of thermography to screen for subclinical bumble foot in poultry. **Poultry Science**, Champaign, v. 88, p. 1176–1180, 2009.

CAPÍTULO 2 - EFEITOS DO SULFATO DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO DA CAMA, DENSIDADE DE ALOJAMENTO E ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS SOBRE A QUALIDADE DO DEJETO AVÍCOLA

RESUMO – Objetivou-se avaliar os efeitos do uso de sulfato de alumínio no tratamento de cama aviária, da densidade de alojamento e de estratégias nutricionais sobre a qualidade do dejetos avícola, além de propor uma estimativa econômica do poder fertilizante da cama aviária. Foram conduzidos dois estudos. No Experimento I (EI) Objetivou-se avaliar os efeitos das doses de sulfato de alumínio $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}]$ - (0, 200, 400 e 600 g/m²) no tratamento da cama aviária e da taxa de lotação (8 e 9 aves/m²) sobre características da cama aviária. No Experimento II (EII) os objetivos deste estudo foram avaliar os efeitos da inclusão dietética de níveis fitase (0 ou 1.000 FTU/kg de ração) e da redução do nível de proteína bruta (um ponto percentual) nas dietas de frangos criados em cama tratada ou não com sulfato de alumínio (1.568 g/m²). Para EI foram utilizados 532 pintos de um dia, com peso médio inicial de 46 g $\pm$ 2,3. Foram utilizadas dietas isonutritivas incluindo dieta inicial (0 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 42 dias). Foram avaliadas na cama: volatilização de amônia, pH e matéria-seca e nitrogênio. Para EII foram utilizados 504 pintos de um dia, machos, com peso médio inicial de 45 g $\pm$ 2,6. Foram utilizadas as dietas: inicial (0 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e finalizador (36 a 42 dias). Foi analisada a volatilização de amônia, valores de pH e características físico químicas (matéria-seca, teor de nitrogênio total, de fósforo e de potássio). Além disso, este estudo teve como objetivo propor uma metodologia para estimar o valor econômico da cama de frango como fertilizante. (EI) Houve interação sulfato de alumínio $\times$ taxa de lotação ($P < ,0001$) para amônia volatilizada e pH. Não foi observada interação ($P > 0,05$) para os teores de matéria-seca e nitrogênio da cama. A melhor dose de sulfato de alumínio foi de 400 g / m², independentemente da densidade adotada. (EII) A aplicação do aditivo na cama aviária reduziu os valores de pH e consequentemente a volatilização de amônia, além disso a proteína baixa e a fitase também reduziram essas variáveis. A inclusão de fitase (1000 FTU/kg de ração) e a redução de um ponto percentual da proteína bruta da dieta auxiliam na redução do impacto ambiental por reduzir o teor de fósforo na cama. Já o sulfato de alumínio na quantidade avaliada (1.568 g/m²) reduz as emissões de amônia e consequentemente as perdas de nitrogênio da cama. Avaliar o dejetos avícola como

fertilizante orgânico permite uma melhor decisão em relação à quantidade a ser aplicada à cultura, promovendo benefícios econômicos e ambientais.

Palavra-chave: Amônia. Cama de frango. Fósforo. Nitrogênio. Potássio.

CHAPTER 2 – EFFECTS OF ALUMINUM SULPHATE ON LITTER TREATMENT, STOCKING DENSITY AND NUTRITIONAL STRATEGIES ON POULTRY LITTER CHARACTERISTICS

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the effects of poultry litter treated with aluminum sulfate, stocking density and nutritional strategies on poultry manure quality, in addition to that, this research also aims to propose a method to value the manure in relation to its potential as fertilizer. Two studies were conducted. Experiment I (EI) The aim of this study was to evaluate the effects of aluminum sulfate doses [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$] - (0, 200, 400 e 600 g/m^2) to treat poultry litter and bird densities (8 and 9 birds/ m^2) on poultry litter characteristics. Experiment II (EII) the objectives of this study were to evaluate the effects of dietary inclusion of phytase levels (0 or 1,000 FTU/kg) and crude protein (CP) level reduction (1 percentage point) in diets of broilers reared on litter treated or not with aluminum sulfate (1,568 g/m^2) on poultry litter characteristics. (EI) Were used 532 a day old broiler chicks, males, presenting initial mean weight of $46\text{g} \pm 2.3$, housed into a completely randomized experimental design, with 4×2 factorial arrangement, totaling eight treatments with seven replicates. Standard industry diets were utilized throughout the study, including starter (0 to 21d), grower (22 to 35d), and finisher (36 to 42d) diets. The characteristics analyzed in the poultry litter were: ammonia volatilization, pH values, dry matter and nitrogen content. For the EII were used 504 a day old broiler chicks, males, presenting initial mean weight of $45\text{g} \pm 2.6$, housed into a randomized completely design, with $2 \times 2 \times 2$ factorial arrangement, totaling eight treatments with seven replicates. Experimental diets were utilized throughout the study, including starter (0 to 21d), grower (22 to 35d), and finisher (36 to 42d) diets. The litter chemical characteristics (dry-matter, nitrogen, phosphorus and potassium content), volatilized ammonia and pH values were evaluated. This research also aims to propose a method to value the manure in relation to its potential as fertilizer. (EI) For the volatilized ammonia and pH values there was significant interaction ($P < .0001$) so that the increase in the amount of sulfate was efficient in reducing the volatilized ammonia and the pH of the litter. No effect of the interaction ($P > 0.05$) was observed for dry matter and bed nitrogen contents. It was concluded that, aluminum sulfate and the stocking density influence poultry litter characteristics, lowering the pH values and reducing the amount of volatilized ammonia

The best dose of aluminum sulphate was 400 g/m^2 regardless of the density adopted. (EII) Application of alum to the litter lowered pH values and consequently ammonia volatilization, moreover the low crude protein and phytase reduced this traits too. In this experiment, the results suggest that the alum, dietary inclusion phytase and low-CP level can be used like strategies to control pH values and to reduce the ammonia emission from poultry litter. It is concluded that the phytase inclusion (1,000 FTU/kg of feed) and the reduction of one percentage point of the crude protein of the diet help reduce the environmental impact by reducing P content in the litter. Aluminum sulfate ($1,568 \text{ g/m}^2$) reduces ammonia emissions and consequently nitrogen losses from litter. Valuing poultry manure as organic fertilizer allows the better decision in relation to the quantity to be applied to the crop, promoting economic and environmental benefits.

Keywords: Ammonia. Phosphorus. Potassium. Poultry litter. Nitrogen.

1. Introdução

A cama de frango é o material disposto no chão do aviário para evitar o contato direto dos animais com o piso. Além de apresentar características que permitam absorção de umidade, diluição dos dejetos e manutenção da temperatura ambiente, a cama aviária deve apresentar boa disponibilidade e baixo custo. Por este motivo, a reutilização da cama é amplamente praticada pela avicultura industrial. A substituição da cama, cada vez que há renovação de lotes de aves na produção é inviável econômica e ambientalmente. A justificativa para a não reutilização da cama baseia-se unicamente no aspecto sanitário dos lotes (DAÍ PRÁ, 2009). Atualmente, o sistema de produção predominante na avicultura de corte é o de confinamento total, com altas densidades, gerando um volume considerável de dejetos. A disposição do dejetos da produção animal no solo de maneira inadequada pode resultar no aporte excessivo de nutrientes ao meio ambiente, nutrientes esses como N, P e microminerais, como zinco (Zn) e cobre (Cu). Deste modo, o tratamento e o destino adequado desses dejetos têm sido preocupação para técnicos, produtores e pesquisadores que buscam soluções para reduzir o impacto ambiental desses resíduos (SILVA et al., 2006).

Com relação ao uso de estratégias nutricionais, quanto melhor o aproveitamento dos nutrientes da dieta pelas aves, menor será a excreção destes e consequentemente, menor o impacto ambiental. O manejo de resíduos merece destaque, uma vez que estudos têm relatado a importância do impacto que agentes como o N, produzem ao meio ambiente (SLOAN et al., 1995). Dentro do galpão, o nitrogênio se excretado em menor quantidade, haverá menos substrato para microrganismos que decompõem o ácido úrico transformando-o em amônia que, em condições específicas, pode volatilizar para o ambiente. A produção industrial de aminoácidos sintéticos possibilitou a redução do teor de PB da dieta sem que haja consequências negativas no desempenho das aves. A inclusão de aminoácidos sintéticos na dieta reduz o consumo de ração e melhoram a eficiência na utilização do nitrogênio pelas aves (ALEATOR et al., 2000).

As rações para frangos de corte são constituídas principalmente de alimentos de origem vegetal, que apresentam a maior parte do fósforo na forma de ácido fítico. Esse fósforo não é aproveitado pelas aves, as quais não sintetizam a enzima fitase em seu aparelho digestivo, tornando-se necessária a adição de quantidade elevada de fonte de fósforo inorgânico para suprir as exigências dos animais, mas, consequentemente,

aumenta o teor de fósforo nas excretas das aves. Para evitar esse efeito, pesquisas têm sido realizadas com a adição de fitase (TEJEDOR et al., 2001) em rações para frangos de corte e tem demonstrado resultados favoráveis sobre o aproveitamento não só do fósforo, mas também de aminoácidos e proteína.

O tratamento de cama com uso de aditivos permite a manutenção das características físico-químicas do material, além de controlar a contaminação por microrganismos inerentes à produção avícola. Desta forma, estudos vêm demonstrando que o uso de substâncias que promovam a descontaminação do material é uma alternativa viável para ser aplicada no reuso da cama (STRINGFELLOW et al., 2010; LARRISON et al., 2010).

No entanto, os estudos observados não contemplam o efeito do uso do sulfato de alumínio em conjunto ao uso de estratégias nutricionais e nem mesmo considerando a variação das taxas de lotação dos animais. Diante do exposto, objetivou-se avaliar as características físico-químicas: volatilização de amônia, pH, teor de matéria-seca, nitrogênio, fósforo e potássio da cama aviária tratada com diferentes doses de sulfato de alumínio, com diferentes taxas de lotação e o efeito da redução dos níveis de proteína bruta (PB) e inclusão da enzima fitase na dieta de frangos de corte. Além disso, objetivou-se propor uma metodologia para estimar a valoração do dejetos avícola quando de seu uso como fertilizante agrícola.

Hipótese

Espera-se adequar a dosagem de sulfato de alumínio aplicada na cama aviária, em função das taxas de lotação avaliadas, para que haja acidificação e baixa quantidade de amônia liberada da cama de frango.

No segundo estudo, espera-se demonstrar que o tratamento da cama aviária e o uso de estratégias nutricionais promovem a manutenção do conteúdo das excretas (NPK) na produção avícola, minimizando o potencial poluidor do dejetos. Com relação à valoração do dejetos, espera-se demonstrar que o uso do dejetos avícola como fertilizante orgânico apresente vantagem econômica, quando comparado aos fertilizantes minerais comerciais.

2. Material e Métodos

Local

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Pesquisa em Aves da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) da Universidade de São Paulo (USP), campus Fernando Costa em Pirassununga, SP. As análises das amostras de cama de frango foram realizadas no Laboratório de Bioquímica da FMVZ, no mesmo campus. O primeiro experimento ocorreu entre os meses de maio a junho de 2015. O segundo, entre os meses de janeiro a março de 2016. O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da FMVZ - USP e protocolado sob nº 3390023414.

Aves, instalações e material de cama

Experimento I

Um total de 532 pintos de um dia machos da linhagem Cobb-500[®] adquiridos de incubatório comercial foram distribuídos ao acaso nos boxes de um galpão de alvenaria. No incubatório as aves foram vacinadas contra Doença de Marek. As instalações eram equipadas com ventiladores, nebulizadores, aquecedor a diesel e cortinado interno e externo para controle de temperatura e umidade. O controle de luz era automatizado e o programa de luz bem como o manejo das aves foi realizado conforme o preconizado pelo manual da linhagem (Cobb, 2008). Os boxes eram equipados com comedouros tubulares e bebedouros tipo *nipple*. As aves foram alojadas em 56 boxes experimentais com 0,85 x 1,35 m de área, sendo 9 ou 10 aves/parcela, conforme as lotações a serem avaliadas.

Após a saída do terceiro lote de aves e respeitando um período de vazio de quinze dias, a cama de casca de arroz foi tratada com as diferentes doses de sulfato de alumínio (0, 200, 400 e 600 g/m²) um dia antes da chegada dos pintinhos. As quantidades de sulfato de alumínio usadas foram baseadas no estudo de Lucca et al. (2012), a fim de avaliar níveis acima e abaixo daqueles avaliados pelos autores (500g/m²). O sulfato de alumínio foi aplicado na superfície da cama e revolvido com auxílio de um rastelo para misturá-lo à palha.

As aves consumiram uma dieta isonutritiva pelo período de 1 a 42 dias. As dietas continham basicamente milho moído e farelo de soja e foram formuladas segundo

recomendações nutricionais de Rostagno et al. (2011), respeitando exigências nutricionais dos períodos de criação: inicial (0 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 42 dias).

Experimento II

Um total de 504 frangos de corte machos da linhagem Cobb-500[®] adquiridos de incubatório comercial foi distribuído ao acaso nos boxes de um galpão de alvenaria no Laboratório de Pesquisa em Aves - FMVZ. As aves foram vacinadas no incubatório contra Doença de Marek. Utilizou-se a mesma instalação citada no primeiro experimento.

Após a saída do primeiro lote de aves, a cama de casca de arroz foi tratada com a dose de sulfato de alumínio (1.568 g/m^2) um dia antes do alojamento dos pintinhos. Foram necessários 18 quilos de casca de arroz por boxe para que se chegasse a aproximadamente oito a dez centímetros de altura da cama. A fim de fixar a quantidade de sulfato de alumínio aplicada, utilizou-se 100 gramas/kg, baseando-se no estudo de Moore et al. (2000). Portanto, para que as unidades da dose de sulfato de alumínio dos experimentos I e II fossem iguais optou-se por transformar a referida dose de sulfato de alumínio de gramas por quilo (g/kg) em gramas por metro quadrado (g/m^2). Foram alojadas 9 aves/parcela, ou seja, uma taxa de lotação de 8 aves/ m^2 . O sulfato de alumínio foi aplicado sobre a cama e revolvido com auxílio de um rastelo para misturá-lo com a palha.

No segundo experimento, a partir da dieta basal (dieta controle), utilizou-se a enzima Quantum Blue[®], uma *E. coli* fitase produzida pela empresa AB Vista[®], com a inclusão de 100 g/t de ração. Para estabelecer a redução do nível de proteína bruta utilizou-se como ponto de partida a exigência nutricional segundo Rostagno et al. (2011) e a partir daí a redução foi de 1% em cada fase de criação: inicial (0 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 42 dias).

Delineamento Estatístico e tratamentos

O delineamento estatístico utilizado no experimento I foi inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial de tratamentos 4×2 , considerando os fatores:

doses de sulfato de alumínio (0, 200, 400 e 600 g/m²) e densidade de alojamento (8 e 9 aves/m²) totalizando oito tratamentos com sete repetições cada.

Para o experimento II, o delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial de tratamentos $2 \times 2 \times 2$ considerando os fatores: sulfato de alumínio (0 e 1.568 g/m²), inclusão de fitase (1.000 FTU/kg) na dieta (sim e não); redução de um ponto percentual no nível de proteína bruta da dieta (sim e não) totalizando oito tratamentos com sete repetições cada.

Amostras de cama

As amostras de cama foram colhidas ao longo do ciclo de criação das aves. A amostragem foi realizada em cinco pontos distintos na unidade experimental (boxe) no primeiro dia e posteriormente aos 21, 35 e 42 dias. As cinco subamostras foram acondicionadas em sacos plásticos e homogeneizadas. As amostras destinadas a análise de pH e amônia volatilizada foram analisadas no dia da colheita. As amostras para análise de teor de matéria seca, nitrogênio, fósforo e potássio foram mantidas refrigeradas a - 20°C de temperatura até o momento da análise. Todas as análises foram feitas em duplicata e o valor utilizado como resultado foi à média dos dois valores obtidos.

Determinação da amônia liberada e pH da cama dos frangos (Experimento I e II)

As análises foram realizadas no Laboratório de Bioquímica da FMVZ, no departamento de Nutrição e Produção Animal, campus Fernando Costa. A quantificação de amônia volatilizada foi realizada segundo Hernandez et al. (2001), a qual consiste em incubar 60 g de cama aviária em frasco de vidro de 500 mL, por um período de 16 horas, a uma temperatura de 30°C, com fixação da amônia em 10 mL de ácido bórico 2%, incubado juntamente com a amostra em um béquer de 50 mL. Ao final do período de incubação o ácido bórico foi titulado com ácido sulfúrico. Para o calculo da quantidade de amônia volatilizada utilizou-se a fórmula a seguir:

$$A = \frac{V \times N \times T \times 17}{P \times H} \quad (1)$$

Em que A é a quantidade de mg de amônia liberada por hora;

V_t é o volume da solução de H_2SO_4 gasto na titulação (mL);

N é a normalidade do ácido sulfúrico usado;

T é a quantidade (g) em que se deseja expressar o resultado final. No caso, expressou-se a taxa de liberação de amônia em: mg por quilo (1000g) por hora, portanto $T = 1000$ g;

P é a quantidade de cama incubada (g);

H é o tempo de incubação (16 horas).

O resultado foi expresso em miligramas de amônia por quilo por hora (mg/kg/hora).

Para determinação dos valores de pH da cama de frango, foram usados 30 g de cama que foram macerados em um béquer. Posteriormente, foram adicionados 250 mL de água deionizada, procedendo-se à agitação desta amostra por cinco minutos. Após esse período, a amostra foi deixada em repouso por 30 minutos antes de se proceder a leitura com auxílio de peagômetro de bancada (Hanna Instruments – modelo 8314).

Determinação do teor de Matéria-Seca (MS) e de Nitrogênio total (N) da cama de frango (Experimento I e II)

Foram utilizadas amostras de cama do primeiro e do 42º dia da fase de criação. Quando do início das análises, as amostras que se encontravam acondicionadas a $-20^\circ C$ foram descongeladas em temperatura ambiente por um período de 24 horas. O teor de matéria seca (MS) foi determinado pela diferença de peso entre a amostra antes e depois de secagem em estufa por 24 horas, a $50^\circ C$. Em seguida, o material retirado da estufa foi resfriado em temperatura ambiente, em dissecador e pesado (MÉTODOS..., 2013).

O teor de nitrogênio total foi determinado a partir de amostras de cama pré-secas em estufa de circulação de ar forçada, a $65^\circ C$ por 72 horas e moídas em moinho equipado com peneiras de poros de 0,1 mm. Posteriormente, à amostra seca e moída (0,1 g) foi adicionada 5 cm³ de uma mistura de ácido sulfúrico concentrado com ácido salicílico na proporção 5:1 (v/v) e uma mistura digestora (5 gramas de sulfato de cobre, 1 grama de selenito de sódio e 76,71 gramas de sulfato de sódio). Após a digestão, o material foi transferido para o destilador de Kjeldahl e, em seguida, titulado com solução padronizada de ácido sulfúrico 0,05N.

Determinação do teor de Fósforo (P) e Potássio (K) na cama de frango (Experimento II)

A quantificação do teor de P e de K foi realizada no laboratório de Minerais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) - USP, no departamento de Zootecnia, campus Fernando Costa. Foram utilizadas amostras de cama do primeiro e do 42º dia da fase de criação das aves. O preparo das amostras foi similar àquele utilizado para análise de MS e N, conforme AOAC (1996). A quantificação do fósforo se deu por método colorimétrico (método 995.11, cap. 45, p. 41A) e a do potássio através de espectro fotômetro de chama (método 956.01, cap. 3, p. 10).

Valoração privada dos dejetos (Experimento II)

Com intuito de valorar o poder fertilizante da cama aviária, foi utilizado um método de avaliação do valor econômico da cama aviária pelo seu poder fertilizante, a partir dos dados da composição da cama em relação ao teor de nitrogênio, fósforo e potássio. Para bases da quantidade de dejetos gerado em cada tratamento, o estudo extrapolou os dados experimentais desta pesquisa para um aviário de pequeno, médio e grande porte no estado de São Paulo. A valoração dos dejetos ocorreu por meio de sua transformação em equivalente-fertilizante comercial, de modo a permitir a atribuição de valores de mercado, considerando os elementos nitrogênio, fósforo e potássio (AFONSO, 2015).

Para cada tratamento i , o potencial fertilizante do elemento nele contido (VLR_{im}), pode ser calculado por meio da expressão 2:

$$VLR_{im} = \left(\frac{QD_i \times MP_{mi}}{\alpha_{mf}} \right) \times PF_f \quad (2)$$

Sendo QD_i a quantidade ou volume de cama produzido pelos animais do tratamento i ; MP_{mi} é a composição percentual do elemento m contido; α_{mf} é o coeficiente técnico que representa o percentual do elemento de interesse na composição do fertilizante comercial f ; e PF_f é o preço de mercado do fertilizante comercial f .

Para exemplificar, supondo-se que o elemento em análise seja o nitrogênio, o fertilizante comercial a ser utilizado pode ser a ureia e o coeficiente α_{mf} estaria ao redor

de 46% de N, informado pelo fabricante. Para o fósforo, o fertilizante comercial utilizado foi o superfosfato simples e para o potássio, o cloreto de potássio.

Para os fertilizantes comerciais utilizados na análise (ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio) foram considerados os preços médios mensais históricos de um período de dez anos. Tais preços foram obtidos por meio de consulta realizada junto ao Instituto de Economia Agrícola (IEA). Os preços foram anotados na sua unidade original, no período de novembro de 2006 a novembro de 2016, e em seguida, convertidos de tonelada para quilos. Estes valores foram deflacionados pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC, 2016) de novembro de 2016. A razão em se trabalhar com dados históricos de preços baseiou-se no fato de que a maioria dos produtos agropecuários apresenta considerável variação sazonal.

A valoração do potencial fertilizante total (VLT_i) em reais (R\$) dos dejetos foi obtida pela soma das contribuições econômicas individuais de cada elemento m considerado no estudo (NPK), calculada pela equação a seguir:

$$VLT_i = \sum_m VLR_{im} \quad (3)$$

Análises Estatísticas

No primeiro experimento, os dados foram analisados como um arranjo fatorial 4×2 em delineamento inteiramente casualizado (DIC), para determinar os efeitos principais e interações. Foi utilizado um modelo misto considerando o efeito fixo das doses de sulfato de alumínio (3 graus de liberdade, GL), das taxas de lotação (1 GL) e suas interações (3 GL), e o erro aleatório utilizando o procedimento MIXED do software SAS Inst. (1990). Os dados foram submetidos à análise de variância e a significância declarada foi $P < 0,05$. O modelo matemático é:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + (A_i * B_j) + e_{ij}$$

Onde, Y_{ij} = valor da variável testada sob o i -ésimo nível do fator A e j -ésimo nível do fator B;

μ = média geral do experimento para a variável;

A_i = efeito do i -ésimo nível do fator A;

B_j = efeito do j -ésimo nível do fator B;

$A_i * B_j$ = efeito da interação A e B;

e_{ij} = erro aleatório.

No segundo experimento, os dados foram analisados como um arranjo fatorial $2 \times 2 \times 2$ em delineamento inteiramente casualizado (DIC), para determinar os efeitos principais e interações. Foi utilizado um modelo misto considerando efeito fixo do tratamento da cama (1 GL), uso da fitase (1 GL), nível de proteína bruta (1 GL) e suas interações (1 GL), e o erro aleatório, utilizando o procedimento MIXED do software SAS Inst. (1990). Os dados foram submetidos à análise de variância e a significância declarada foi $P < 0,05$. O modelo matemático é:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (A_i * B_j) + (A_i * C_k) + (B_j * C_k) + e_{ijk}$$

Onde, Y_{ij} = valor da variável testada sob o i-ésimo nível do fator A, j-ésimo nível do fator B e k-ésimo nível do fator C;

μ = média geral do experimento para a variável;

A_i = efeito do i-ésimo nível do fator A ;

B_j = efeito do j-ésimo nível do fator B;

C_k = efeito do k-ésimo nível do fator C;

$A_i * B_j$ = efeito da interação A e B;

$A_i * C_k$ = efeito da interação A e C;

$B_j * C_k$ = efeito da interação B e C;

e_{ijk} = erro aleatório.

3. Resultados e Discussão

3.1 Experimento I

Na Tabela 1, pode ser observado o resultado da análise de variância para quantidade de amônia liberada pela cama de frango. Conforme pode ser observado, para amônia liberada da cama, houve efeito significativo da interação dose de sulfato de alumínio $\times$ taxa de lotação ($P < 0,0001$), para amostras de cama colhidas aos 21, 35 e 42 dias. Isto significa que não houve efeito semelhante das doses de sulfato de alumínio sobre a volatilização de amônia para as diferentes densidades. A seguir serão descritos

os efeitos da dose de sulfato de alumínio para densidade de 8 aves/m². O desdobramento da interação mostrou ter havido um efeito linear significativo ($P < 0,05$) das diferentes doses de sulfato de alumínio para as amostras de cama colhidas aos 21 dias de idade das aves ($Y = 1,49 + 0,000078 \times \text{sulfato}$). Portanto, aos 21 dias de idade, o aumento de um grama de sulfato de alumínio por metro quadrado, não surte efeito em minimizar a volatilização de amônia, resultando em aumento da quantidade de amônia liberada pela cama na ordem de 0,000078 mg/kg/hora. Aos 35 dias, o desdobramento da interação mostrou ter havido efeito linear significativo ($P < 0,0001$) das doses do aditivo para as amostras colhidas nesse período ($Y = 2,25 - 0,0019 \times \text{sulfato}$). Deste modo, espera-se que, aos 35 dias, o aumento de um grama de sulfato de alumínio por metro quadrado resulte em queda da quantidade de amônia liberada pela cama na ordem de 0,0019 mg/kg/hora. O desdobramento da interação mostrou que, houve efeito linear significativo ($P < 0,0001$) das doses de sulfato de alumínio para amostras de cama colhidas aos 42 dias de idade ($Y = 3,22 - 0,00103 \times \text{sulfato}$). Portanto espera-se que, ao final do período de criação das aves, o aumento da dose do acidificante resulte em queda da quantidade de amônia volatilizada da cama aviária na ordem de 0,00103 mg/kg/hora.

Os efeitos da dose do sulfato de alumínio para lotação de 9 aves/m² serão descritos a seguir. Verificou-se efeito quadrático significativo da dose de sulfato de alumínio ($Y = 1,74 + 0,0047 \times \text{sulfato} - 9,3 \cdot 10^{-6} \times \text{sulfato}^2$) aos 21 dias e ($Y = 3,36 + 0,0043 \times \text{sulfato} + 6 \cdot 10^{-6} \times \text{sulfato}^2$) aos 42 dias. Para ambos os períodos o coeficiente de regressão quadrático foi de magnitude pequena, sugerindo a captação pela análise de uma pequena curvatura entre os níveis estudados e, conseqüentemente, uma queda não linear da quantidade de amônia liberada pela cama com o aumento da dose de aditivo acidificante. Já o desdobramento da interação para amostras de cama colhidas aos 35 dias mostrou ter havido efeito linear significativo ($P = 0,0106$) do aumento da dose de sulfato de alumínio ($Y = 2,11 + 0,00123 \times \text{sulfato}$). Deste modo, espera-se que aos 35 dias, o aumento da dose de sulfato de alumínio, aumente a quantidade de amônia liberada na ordem de 0,00123 mg/kg/hora. Maiores densidades de lotação geralmente aumentam a quantidade de amônia liberada pela cama devido a maior quantidade de excretas. Ao final do ciclo de criação (42 dias), a quantidade de amônia volatilizada foi

maior se comparada ao início, justamente pelo fato de haver um acúmulo de excretas com o decorrer do confinamento das aves. Este fato pode evidenciar que a ação do sulfato poderia estar diminuindo com o passar do tempo. Por outro lado, em um estudo conduzido por Do et al. (2005), os autores relataram que a concentração cumulativa de amônia atmosférica aos 42 dias foi 78,66% menor em camas tratadas com sulfato de alumínio + CaCO_3 em relação ao controle (cama sem aditivo). O que se pode evidenciar é que, as quantidades de sulfato de alumínio aplicadas neste estudo não foram eficientes para controlar a volatilização da amônia até a fase final de criação, pois foi observado um aumento da emissão de amônia a partir dos 35 dias de criação das aves, principalmente na maior taxa de lotação estudada. A geração de amônia nos galpões avícolas é decorrente da decomposição microbiana do ácido úrico dos excrementos sobre a cama, tendo sua liberação influenciada pela umidade da cama (FURLAN, 2006). Por ser uma substância solúvel em água, o aumento da umidade minimiza a volatilização da amônia, porém piora as condições físicas do material de cama. Somado a isso, quanto mais alta a lotação, maior será o acúmulo de excretas, que por sua vez pode aumentar o teor de umidade da cama aviária (GRAÇAS et al., 1990). Quando os dados do presente estudo foram regredidos conforme suas funções quadráticas, foi possível inferir que a dose de sulfato de alumínio que resulta em mínima liberação de amônia pela cama é de $252,68 \text{ g/m}^2$ e de $351,64 \text{ g/m}^2$, aos 21 e 42 dias, respectivamente. Pela figura 1, é possível observar que realmente a menor quantidade de amônia liberada dos 35 aos 42 dias de idade das aves é resultante do uso de doses de sulfato de alumínio entre 200 e 400 gramas por metro quadrado.

Tabela 1 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação sobre a volatilização de amônia e pH da cama de frangos de acordo com os períodos experimentais

Al ₂ (SO ₄) ₃	Tratamentos ¹								Probabilidade				
	0		200		400		600		M	EPM	Al ₂ (SO ₄) ₃	Lotação	Sulfato*Lotação
Lotação	8	9	8	9	8	9	8	9					
NH ₃ (21d)	1,50	1,95	1,15	2,10	2,17	1,95	1,16	1,24	1,84	0,1053	0,0395	<,0001	<,0001
NH ₃ (35d)	2,17	2,35	1,74	2,30	1,82	2,15	2,17	3,31	2,09	0,0946	0,0156	<,0001	<,0001
NH ₃ (42d)	2,73	2,94	2,43	3,26	1,92	3,42	2,93	3,46	3,01	0,1029	0,0007	0,1643	<,0001
pH (21d)	8,42	8,34	8,21	7,95	8,00	8,20	8,17	7,84	8,14	0,0051	0,0013	0,0501	0,0259
pH (35d)	8,46	8,37	8,33	8,35	8,18	7,88	8,46	8,39	8,31	0,0463	<,0001	<,0001	<,0001
pH (42d)	8,48	8,51	8,15	7,86	8,03	8,29	8,27	8,07	8,21	0,0542	<,0001	0,0380	<,0001

¹ Tratamentos: 0, 200, 400 e 600g de sulfato de alumínio/m² e Taxa de lotação: 8 e 9 aves/m².

NH₃: teores de amônia volatilizada (mg/kg de cama) e pH: potencial de hidrogênio nos períodos avaliados (21°, 35° e 42° dia de criação);

‘Sulfato*Lotação’: interação entre os fatores avaliados.

Figura 1 – Efeito da dose de sulfato de alumínio sobre quantidade de amônia liberada da cama de frango em uma taxa de lotação de 8 aves/m² ao longo do ciclo de criação

Figura 2 - Efeito da dose de sulfato de alumínio sobre quantidade de amônia liberada da cama de frango em uma taxa de lotação de 9 aves/m² ao longo do ciclo de criação

Tabela 2 - Amônia liberada da cama de frangos de acordo com os períodos experimentais avaliados

NH ₃	Lotação (aves/m ²)	Sulfato de Alumínio (g/m ²)				Média
		0	200	400	600	
21 d	8	1,50aB	1,15aA	2,17bC	1,16aA	1,49
	9	1,95bB	2,10bC	1,95aB	1,24bA	1,81
	Média	1,72	1,62	2,06	2,40	
35 d	8	2,17aC	1,74aA	1,82aB	2,17aC	2,00
	9	2,35aB	2,33bB	2,15aA	3,31bC	2,19
	Média	2,26	2,03	1,82	2,74	
42 d	8	2,73bC	2,43aB	1,92aA	2,93aD	2,47
	9	2,94aA	3,26bB	3,43bC	3,46bC	3,26
	Média	2,83	2,84	2,62	3,19	

Sulfato de Alumínio (g/m²), Lotação (aves/m²) e amônia: NH₃ - mg/kg/hora). Médias seguidas por diferentes letras (minúsculas na coluna e maiúsculas na linha) diferem (P < 0,05) pela análise de variância.

Na Tabela 1, também pode ser observado o resultado da análise de variância para o pH da cama de frango. Conforme observado, houve efeito significativo da interação entre a dose de sulfato de alumínio e a taxa de lotação sobre os valores de pH da cama. Com base na equação obtida para taxa de lotação de 12 aves ($Y = 8.44 - 0.0019 \times \text{sulfato} + 0.0000024 \times \text{sulfato}^2$), foi possível calcular a dose ótima de sulfato de alumínio que resultaria no menor valor de pH aos 21 dias de criação que foi de 395,83 g/m². Quando os dados foram regredidos em função da taxa de lotação de 14 aves, a equação obtida foi ($Y = 8.34 - 0.0055 \times \text{sulfato} + 0.000023 \times \text{sulfato}^2 - 0.00000002 \times \text{sulfato}^3$).

Para os valores de pH das amostras de cama colhidas aos 35 dias, houve interação dose de sulfato de alumínio $\times$ taxa de lotação, de modo que o aumento da dose de sulfato apresentou uma resposta cúbica para ambas as taxas de lotação. As equações foram: $Y = 8.46 + 0.00022 \times \text{sulfato} - 0.000006 \times \text{sulfato}^2 + 0.0000000009 \times \text{sulfato}^3$, para lotação de 12 aves e, para taxa de lotação de 14 aves ($Y = 8.37 + 0.0034 \times \text{sulfato} - 0.000023 \times \text{sulfato}^2 - 0.00000002 \times \text{sulfato}^3$). Já, aos 42 dias, a resposta do aumento da dose de sulfato foi similar aos 21 dias. Com base na equação obtida para taxa de lotação de 12 aves ($Y = 8.48 - 0.0025 \times \text{sulfato} - 0.0000032 \times \text{sulfato}^2$), foi possível calcular a dose ótima de sulfato de alumínio que resultaria no menor valor de pH aos 42 dias de criação, que foi de 390,625 g/m². A partir daí pode-se observar que ocorrerá aumento

nos valores de pH quando aumenta-se a dose do aditivo. Quando os dados foram regredidos em função da taxa de lotação de 14 aves a equação obtida foi: $\text{pH} = 8.51 - 0.0088\text{SA} - 0.000034\text{SA}^2 - 0.00000003\text{SA}^3$ ($R^2 = 0.9852$).

Figura 3 - Efeito da dose de sulfato de alumínio sobre os valores de pH da cama de frango em uma taxa de lotação de 8 aves/m² ao longo do ciclo de criação

Figura 4 - Efeito da dose de sulfato de alumínio sobre os valores de pH da cama de frango em uma taxa de lotação de 9 aves/m² ao longo do ciclo de criação

Tabela 3 – Valores de pH da cama de frangos de acordo com os períodos experimentais avaliados

pH	Lotação (aves/m ²)	Sulfato de Alumínio (g/m ²)				Média
		0	200	400	600	
21 d	8	8,42aD	8,21bC	8,00aA	8,17bB	8,20
	9	8,34aD	7,95aB	8,20aC	7,84aA	8,08
	Média	8,38	8,08	8,10	8,00	
35 d	8	8,46bC	8,33aB	8,18bA	8,46bC	8,35
	9	8,37aB	8,35aB	7,88aA	8,39aC	8,25
	Média	8,41	8,34	8,03	8,42	
42 d	8	8,48aD	8,15bB	8,03aA	8,27bC	8,23
	9	8,51aD	7,86aA	8,29bC	8,07aB	8,18
	Média	8,49	8,01	8,16	8,17	

Sulfato de Alumínio (g/m²) e Lotação (aves/m²). Médias seguidas por diferentes letras (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) diferem ($P < 0,05$) pela análise de variância.

Os valores de MS e de N da cama estão apresentados na tabela 4. Não houve interação sulfato de alumínio $\times$ taxa de lotação ($P > 0,05$) para o teor de MS. O aumento da dose de sulfato de alumínio apresentou efeito linear significativo ($P = 0,0042$) sobre o teor de matéria-seca inicial (MSI). O efeito linear para a lotação foi de 8 aves/m² foi ($Y = 86,62 - 0,00114 \times \text{sulfato}$) e para 9 aves foi ($Y = 86,78 - 0,00144 \times \text{sulfato}$),

portanto o aumento da dose de sulfato tendi a diminuir a porcentagem de matéria-seca das amostras colhidas no primeiro dia do ciclo de criação das aves. Porém, quando as amostras de cama foram analisadas aos 42 dias de idade das aves não foi observado efeito significativo ($P = 0,0574$) do sulfato de alumínio sobre o teor de matéria-seca. Provavelmente, devido ao fato de que a cama usada durante o período de criação e que foi submetida aos tratamentos havia sido utilizada anteriormente por três lotes de frangos e, portanto, encontrava nas mesmas condições na sua capacidade de absorção de umidade. Resultados semelhantes foram observados em camas tratadas com 490 g/m^2 de sulfato de alumínio as quais não apresentaram diferença para teores de matéria-seca quando comparadas com camas não tratadas (OLIVEIRA, 2003).

Não houve efeito significativo da interação entre sulfato de alumínio $\times$ taxa de lotação sobre o teor de nitrogênio total nas amostras de cama. Os compostos nitrogenados dos resíduos de aves, como o teor de nitrogênio total, são fatores relacionados à quantidade de amônia liberada pela cama aviária. Tais compostos são utilizados ou produzidos nos processos físico-químicos e bacteriológicos que se desenvolvem na presença de excretas e umidade, durante o período de criação. Portanto, o seu monitoramento permite melhor entendimento dessas reações que ocorrem na cama. Esperava-se observar um aumento gradativo do teor de nitrogênio total liberado pelas amostras de cama, à medida que se aumenta a densidade de criação, como verificado por Hernandez et al. (2002), que observaram efeito linear da taxa de lotação, com aumento de $0,020 \text{ g}$ de nitrogênio total com o aumento de uma ave por m^2 . Todavia, esse aumento não foi observado, esse fato pode ser explicado devido a não variação de teor de matéria-seca na cama no período total de criação das aves, o que pode ter controlado a proliferação e ação de bactérias que agem sobre compostos nitrogenados. Observou-se neste estudo um aumento no teor de nitrogênio total na cama do dia 1 para o dia 42, devido ao acúmulo de excretas durante o período de criação, porém este não foi influenciado pela variação da taxa de lotação das aves.

Tabela 4 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação das aves sobre o teor de matéria-seca e nitrogênio na cama de frango

Al ₂ (SO ₄) ₃	Tratamento ¹								Probabilidade				
	0		200		400		600		M	EPM	Al ₂ (SO ₄) ₃	Lotação	Sulfato*Lotação
Lotação	8	9	8	9	8	9	8	9					
² MSI,%	86,69	86,84	86,30	86,36	86,15	86,28	86,98	85,91	86,32	0,437	0,0042 ^L	0,6562	0,9459
MSF,%	78,18	77,91	75,94	74,96	73,05	75,04	76,00	77,08	76,02	0,518	0,0574	0,6143	0,6373
NI,%	2,85	2,93	2,89	2,87	2,94	2,97	3,02	2,98	2,94	0,034	0,7493	0,8900	0,9611
NF,%	3,45	3,41	3,28	3,36	3,33	3,40	3,52	3,33	3,38	0,031	0,6552	0,7379	0,5014

¹ Tratamento: 0, 200, 400 e 600g de sulfato de alumínio/m² e Taxa de lotação: 8 e 9 aves/m²;

²MSI: matéria-seca inicial (1° dia); MSF: matéria-seca final (42° dia); NI: nitrogênio inicial (1° dia); NF: nitrogênio final (42° dia).

‘Sulfato*Lotação’: interação entre os fatores avaliados.

3.2 Experimento II

Na tabela 5, pode ser observado o resultado da análise de variância para liberação de amônia da cama aviária no primeiro, 21º, 35º e 42º dia de criação. Na Figura 5 pode ser observada a quantidade de amônia liberada ao longo do período de criação (1 a 42 dias). Conforme observado, para amônia liberada pela cama houve efeito significativo da interação sulfato de alumínio e fitase, também entre fitase e nível proteico da dieta e sulfato de alumínio e nível proteico da dieta. Portanto, não houve efeito semelhante do uso do sulfato de alumínio sobre a amônia volatilizada da cama quando houve inclusão de fitase e o mesmo ocorreu quando houve variação no nível de PB da dieta. Verifica-se um efeito bastante acentuado do sulfato de alumínio no início do período de criação (dia 1) com nenhuma liberação de amônia (0,00 mg/kg/hora) independente da inclusão da enzima e do nível proteico da dieta. Por outro lado, quando o sulfato de alumínio não foi aplicado a liberação de amônia no primeiro dia do ciclo de criação foi de 0,45 mg/kg/hora. Como a NH_3 é produzida pela decomposição microbiana do ácido úrico presente na cama, é possível, em teoria, diminuir a concentração de gás de NH_3 em equilíbrio e em velocidade, manipulando a fonte ou o processo de produção de amônia (Fergusson et al., 1998). O uso de aditivos químicos (sulfato de alumínio, cloreto de alumínio, sulfato ferroso) para tratar a cama de frango, neutraliza e reduz a fermentação microbiana devido à acidificação do meio. Na presença de íons H^+ e para valores de pH inferiores a 7,0 há um aumento na relação $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ reduzindo a emissão do gás, uma vez que o íon amônio não é volátil, há redução das perdas de nitrogênio por volatilização da amônia. É provável que o pH não seja o único fator que influencie a volatilização da amônia e que os íons de alumínio liberados na cama interferem na capacidade de produzir amônia por bactérias (Oliveira, 2004). É possível observar um aumento na quantidade de amônia volatilizada ao longo do período devido ao acúmulo das excretas das aves. No presente estudo, a volatilização de amônia foi influenciada pelas dietas, efeito significativo da interação fitase e nível proteico. O desdobramento desta interação mostrou que a quantidade de amônia liberada foi menor quando a PB foi baixa e não houve inclusão da fitase na dieta, para amostras de cama colhidas no primeiro e 42º dia (Tabela 7). Aos 35 dias de criação, o mais baixo valor de amônia liberado pela cama aviária, foi observado com a

inclusão de fitase e redução do nível de PB (0,47 mg de amônia por kg de cama por hora). Provavelmente, as tecnologias nutricionais foram capazes de promover o manejo da cama no âmbito de controlar o crescimento e proliferação de bactérias responsáveis pela produção de NH_3 , pois houve menor aporte de nutrientes excretados para o ambiente. O método mais eficiente e talvez o mais barato para controlar a produção de amônia é reduzir a quantidade de N excretado pelos frangos de corte (Fergusson et al., 1998). A suplementação da enzima exógena reduz os efeitos dos fatores antinutricionais da dieta, o que também minimiza a excreção de nitrogênio. Já com relação a redução da PB da dieta e uso de aminoácidos sintéticos, minimiza a excreção do N que quando presente na cama aviária é em parte, metabolizado por microrganismos e transformado em amônia. Esses resultados demonstram a importância do manejo de resíduos da produção animal por meio da nutrição. A taxa de emissão de amônia é dependente do pH, da concentração de NH_3 nas excretas, do teor de umidade e de fatores ambientais, como velocidade do vento e temperatura (Reece et al., 1979). De acordo com Smith et al. (2001), a redução do pH das excretas resulta na redução da volatilização da amônia. No Brasil, não existem limites legais para a exposição de aves à amônia, entretanto países importadores de carne de frango adotam o limite máximo de exposição de 20 ppm, quando as concentrações de amônia em sistemas de criação intensiva fechados podem apresentar, na última semana de criação, valores de até 50 ppm (JONES et al. 2005).

Tabela 5 - Efeito do tratamento da cama e de estratégias nutricionais sobre a volatilização de amônia e pH da cama de frangos, de acordo com os períodos experimentais

		Dia 1		Dia 21		Dia 35		Dia 42	
Efeito		² NH ₃	pH	NH ₃	pH	NH ₃	pH	NH ₃	pH
Al ₂ (SO ₄) ₃	0	0,45	7,94	0,73	7,16	1,01	8,19	1,98	8,14
(g/m ²)	1.568	0,00	5,30	0,06	6,13	0,50	7,66	1,08	7,61
Fitase	0	0,15	6,82	0,35	6,44	0,78	7,91	1,64	7,92
(FTU/kg)	1000	0,29	6,42	0,44	6,85	0,73	7,94	1,43	7,83
¹ PB	N	0,24	6,90	0,54	6,95	0,82	8,14	1,79	7,97
	R	0,21	6,34	0,25	6,34	0,69	7,70	1,27	7,78
EPM		0,0156	0,0844	0,0196	0,0306	0,0337	0,0336	0,0274	0,0542
<i>Probabilidade</i>									
Al ₂ (SO ₄) ₃		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
F		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,1285	0,2897	<,0001	0,0970
RP		0,0043	<,0001	<,0001	<,0001	0,0003	<,0001	<,0001	0,0009
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F		<,0001	<,0001	0,0292	0,1067	0,0081	0,0004	<,0001	0,8907
Al ₂ (SO ₄) ₃ *RP		0,0043	<,0001	<,0001	0,1275	<,0001	0,0180	<,0001	0,0111
F*RP		<,0001	0,0436	0,2713	0,0003	<,0001	0,9916	<,0001	0,5341
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F*RP		0,4563	0,2047	0,3524	0,8676	0,7520	0,8756	0,8234	0,6123

^{a-b} Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$).¹ PB: nível de Proteína Bruta: Normal (N); Reduzido em um ponto percentual (R).² NH₃: quantidade de amônia volatilizada (mg/kg/hora).

Figura 5 – Efeito do uso do sulfato de alumínio, da inclusão da fitase e do nível proteico da dieta sobre a amônia liberada da cama de frango ao longo do ciclo de criação

Tabela 6 - Efeito do uso do sulfato de alumínio, da inclusão da fitase e do nível proteico da dieta sobre a amônia liberada da cama de frango

² NH ₃	Al ₂ (SO ₄) ₃ (g/m ²)	Fitase (FTU/kg)		¹ PB	
		0	1000	N	R
Dia 1	0	0,30Ab	0,59Bb	0,48Bb	0,42Ab
	1.568	0,00Aa	0,00Aa	0,00Aa	0,00Aa
Dia 21	0	0,66Ba	0,79Bb	1,04Ab	0,42Bb
	1.568	0,04Aa	0,08Aa	0,04Aa	0,08Aa
Dia 35	0	0,99Ba	1,03Ba	1,18Bb	0,85Ba
	1.568	0,57Ab	0,43Aa	0,46Aa	0,53Aa
Dia 42	0	1,90Ba	2,07Bb	2,33Bb	1,64Ba
	1.568	1,39Ab	0,77Aa	1,25Ab	0,91Aa

Médias seguidas por diferentes letras (minúsculas na linha e maiúsculas na coluna) diferem ($P < 0,05$) pela análise de variância.

¹ PB: nível de Proteína Bruta: Normal (N); Reduzido em um ponto percentual (R).

² NH₃: quantidade de amônia volatilizada (mg/kg/hora).

Tabela 7 - Efeito da inclusão da fitase e do nível proteico da dieta sobre a amônia liberada da cama de frango

² NH ₃	Fitase (FTU/kg)	¹ PB	
		N	R
Dia 1	0	0,19Ab	0,11Aa
	1.000	0,28Ba	0,30Ba
Dia 21	0	0,50 ^{NS}	0,19 ^{NS}
	1.000	0,57 ^{NS}	0,31 ^{NS}
Dia 35	0	0,65Aa	0,91Bb
	1.000	0,99Bb	0,47Aa
Dia 42	0	2,02Bb	1,26Aa
	1.000	1,56Ab	1,29Aa

Médias seguidas por diferentes letras (minúsculas na linha e maiúsculas na coluna) diferem ($P < 0,05$) pela análise de variância.

NS: Não significativo ($P > 0,05$).

¹ PB: nível de Proteína Bruta: Normal (N); Reduzido em um ponto percentual (R).

² NH₃: quantidade de amônia volatilizada (mg/kg/hora).

Ainda na tabela 5, pode ser observado o resultado da análise de variância para características avaliadas (pH da cama aviária no primeiro, 21º, 35º e 42º dia de criação). Na Figura 6 podem ser observados os valores de pH ao longo do período de criação (1 a 42 dias). Conforme observado, para o pH da cama houve efeito significativo da interação sulfato de alumínio e fitase, nível proteico e fitase e sulfato de alumínio e nível proteico da dieta. Portanto, não houve efeito semelhante do uso do sulfato de alumínio sobre os valores de pH da cama quando houve inclusão de fitase. O mesmo ocorreu para a variação no nível de PB da dieta. A amostra que apresentou menor valor de pH no primeiro dia de coleta foi de cama tratada com sulfato de alumínio (Tabela 5). O desdobramento das interações mostrou que as amostras de cama com pH mais ácido foram as que foram tratadas com o aditivo e que continham excretas das aves que consumiram dietas com inclusão de fitase e baixa proteína (Tabelas 8 e 9). Esses resultados também foram verificados por Taraba et al. (1980), que observaram que o aumento da acidez em tratamentos com baixa PB poderia ser associado a uma redução da produção de amônia, inibindo os microrganismos que hidrolisam ácido úrico e ureia. A utilização do sulfato de alumínio para tratar a cama reduziu os valores de pH em todos os períodos analisados. A diminuição do pH se deve ao fato do sulfato de alumínio ser um ácido com seis moles de prótons formados para cada mol de sulfato

dissociado, essa reação está representada na equação a seguir: $Al_2(SO_4)_3 \times 14H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3SO_4^{2-} + 6H^+ + 14H_2$ (OLIVEIRA, 2003).

O uso do sulfato de alumínio para tratar a cama de frango baixou o pH de 7,94 para 5,30. Além disso, a associação do tratamento da cama com o aditivo e uso das estratégias nutricionais resultou em valores de pH mais baixos quando comparados a seus efeitos isolados. Foi possível observar valores de pH de 4,78 em amostras de cama colhidas no primeiro dia do ciclo de criação das aves. No período final, a volatilização de NH_3 e os valores de pH aumentaram, provavelmente devido a quantidade de excretas acumuladas o que faz com que ocorra um aumento da umidade da cama também. Em um estudo, Moore et al. (2000) verificaram que a diminuição do pH foi significativa, com o uso de sulfato de alumínio, apenas nas primeiras semanas do ciclo produtivo das aves. No entanto, no presente estudo, pode-se observar que quando houve uso do sulfato de alumínio o pH da cama foi 5,90 aos 42 dias de idade das aves (Tabela 8).

Figura 6 - Efeito do uso do sulfato de alumínio, da inclusão de fitase e do nível proteico da dieta sobre o pH da cama de frango ao longo

Tabela 8 - Efeito do uso do sulfato de alumínio, da inclusão da fitase e do nível proteico da dieta sobre a amônia liberada da cama de frango

pH	Al ₂ (SO ₄) ₃ (g/m ²)	Fitase (FTU/kg)		¹ PB	
		0	1000	N	R
Dia 1	0	7,94aB	7,95aB	7,89aB	7,99aB
	1.568	5,71bA	4,89aA	4,78aA	5,82bA
Dia 21	0	6,98 ^{NS}	7,34 ^{NS}	7,44 ^{NS}	6,88 ^{NS}
	1.568	5,90 ^{NS}	6,36 ^{NS}	6,46 ^{NS}	5,80 ^{NS}
Dia 35	0	8,11aB	8,27bB	8,37bB	8,01aB
	1.568	7,71aA	7,61aA	7,92bA	7,40aA
Dia 42	0	6,98 ^{NS}	7,34 ^{NS}	8,31bB	7,98aB
	1.568	5,90 ^{NS}	6,36 ^{NS}	7,63aA	7,58aA

Médias seguidas por diferentes letras (minúsculas na linha e maiúsculas na coluna) diferem (P < 0,05) pela análise de variância.

NS: Não significativo (P > 0,05).

¹ PB: nível de Proteína Bruta: Normal (N); Reduzido em um ponto percentual (R).

Tabela 9 - Efeito da inclusão da fitase e do nível proteico da dieta sobre o pH da cama de frango

pH	Fitase (FTU/kg)	¹ PB	
		N	R
Dia 1	0	6,45aA	7,19bB
	1.000	6,22aA	6,62bA
Dia 21	0	6,82bA	6,05aA
	1.000	7,07bB	6,62aB
Dia 35	0	8,13 ^{NS}	7,69 ^{NS}
	1.000	8,16 ^{NS}	7,72 ^{NS}
Dia 42	0	8,03 ^{NS}	7,81 ^{NS}
	1.000	7,91 ^{NS}	7,75 ^{NS}

Médias seguidas por diferentes letras (minúsculas na linha e maiúsculas na coluna) diferem (P < 0,05) pela análise de variância.

NS: Não significativo (P > 0,05)

¹ PB: nível de Proteína Bruta: Normal (N); Reduzido em um ponto percentual (R).

Os resultados das características físico-químicas da cama de frango estão apresentados na Tabela 10. O uso de sulfato de alumínio, a fitase e o nível proteico da dieta não influenciaram o teor de matéria seca, de nitrogênio e de potássio. Como esperado a enzima fitase influenciou significativamente ($P < 0,0001$) o teor de fósforo presente nas excretas das aves. A inclusão dietética da enzima diminuiu o teor de fósforo nas excretas de 1,03 para 0,66%. Também houve efeito significativo da interação fitase $\times$ redução proteica ($P = 0,0009$) sobre o teor de fósforo na cama. O desdobramento da interação mostra que quando houve a inclusão da enzima na dieta o teor de fósforo contido na cama não diferiu para os diferentes níveis proteicos. Por outro lado, sem a inclusão da enzima o teor de fósforo foi menor em camas que receberam excretas de aves que consumiram dietas com baixa proteína (Figura 7). No geral, a quantidade de fósforo excretada foi menor quando havia enzima na dieta. Tal resultado evidencia que além de melhorar a disponibilidade de P para os animais, o uso da fitase reduz a interferência do fósforo fítico (fitato) sobre a absorção de outros nutrientes (MAIORKA & MACARI, 2008). Quando não há inclusão dietética de fitase exógena, o fitato presente nos ingredientes age como fator antinutricional, interagindo com minerais essenciais, com aminoácidos, reduzindo a digestibilidade de proteínas. Esses nutrientes por sua vez tornam-se indisponíveis para serem metabolizados pelas aves e acabam sendo excretados. Além disso, observou-se no presente estudo efeito isolado da fitase sobre o teor de fósforo na cama aviária, a inclusão da enzima na dieta diminuiu significativamente a quantidade de fósforo na cama aviária. A composição do esterco animal é variável, de modo que pode ser influenciada por fatores como espécie, raça e alimentação. Quanto mais rica a alimentação for, mais rica as dejeções. A alta variabilidade na concentração de nutrientes nas camas de frangos ocorre devido à variação no material vegetal utilizado na cama, manejo da cama, idade das aves, número de reutilizações da cama e ração das aves (Guo e Song, 2009). Os teores de nitrogênio, fósforo e potássio encontrados neste estudo estão dentro dos valores de referência observados por Ernani et al. (1981) analisando diferentes tipos de cama de frango.

Tabela 10 - Efeito do tratamento da cama e de estratégias nutricionais sobre o teor de matéria-seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) da cama de frangos

Efeito		MS, %	N,%	P,%	K,%
Al ₂ (SO ₄) ₃	0	82,98	2,34	0,86	2,08
(g/m ²)	1.568	84,75	2,35	0,83	2,11
Fitase	0	82,56	2,32	1,03	2,06
(FTU/kg)	1000	83,99	2,37	0,66	2,13
¹ PB	N	84,01	2,37	0,87	2,14
	R	84,91	2,32	0,83	2,05
EPM ²		1,3303	0,0860	0,0210	0,1185
<i>Probabilidade</i>					
Al ₂ (SO ₄) ₃		0,0689	0,8284	0,2178	0,8037
F		0,2182	0,4370	<,0001	0,3773
RP		0,2228	0,3894	0,1019	0,2752
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F		0,4363	0,4192	0,5573	0,5787
Al ₂ (SO ₄) ₃ *RP		0,8326	0,5539	0,9063	0,5162
F*RP		0,7820	0,8043	0,0009	0,3773
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F*RP		0,7812	0,9597	0,9812	0,9151

¹ PB: nível de Proteína Bruta: Normal (N); Reduzido em um ponto percentual (R).

² EPM: erro padrão da média.

Figura 7 – Efeito da inclusão de fitase e da redução da proteína bruta (PB) em dietas de frangos de corte sobre o teor de fósforo total da cama

^{a-b} Colunas com letras diferentes na mesma categoria diferem entre si ($P < 0,05$).

A Tabela 11 mostra os resultados da valoração econômica da cama de frango como fertilizante orgânico. Os dados foram calculados a partir da extrapolação dos valores obtidos para uma granja comercial no estado de São Paulo que tem capacidade de alojar 80 mil aves. Nesta fase do estudo, optou-se por apresentar os dados de acordo com a capacidade de alojamento da granja com intuito de uma aproximação dos resultados com a realidade. Houve efeito da interação fitase $\times$ nível de proteína bruta sobre a quantidade de dejetos produzidos e sobre a valoração do dejetos em relação ao nitrogênio. A quantidade de dejetos (g/ave) produzida foi maior nos tratamentos em que houve inclusão da fitase e o nível de proteína bruta na dieta foi normal. Em contrapartida, quando não houve inclusão dietética da enzima não houve diferença na quantidade de dejetos produzidos para os diferentes níveis de PB (Figura 8). A utilização da fitase e a redução do nível de PB da dieta resultaram em melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta pelas aves, o que minimizou a quantidade de excretas. Com relação à valoração do dejetos avícola, em termos de nitrogênio (comparação com a ureia), o efeito significativo da interação observada entre fitase e nível de proteína demonstrou que em dietas com inclusão de fitase e com nível proteico normal o valor do potencial fertilizante do dejetos foi significativamente maior, quando

comparado ao nível de PB reduzido (Figura 9). Este fato pode ser explicado devido a inclusão de aminoácidos sintéticos e a redução do nível proteico da dieta, que minimizam a quantidade de nitrogênio excretado pelas aves.

Ainda sobre a quantidade de dejetos gerados na produção, observou-se efeito do sulfato de alumínio sobre essa característica, sendo que a maior quantidade de excretas foi produzida nos tratamentos com a presença do aditivo na cama. Estudos sobre o uso de produtos para tratamento da cama aviária e seus efeitos sobre a quantidade de resíduos produzidos ainda são escassos. No entanto, acredita-se que com a aplicação do sulfato de alumínio na cama houve a acidificação do meio, como observado nos resultados de pH da cama no presente estudo. Deste modo, a acidez pode ter controlado a ação e proliferação de microrganismos que realizam a degradação da matéria orgânica presentes nas excretas e na cama, consequentemente ao final do ciclo de produção (após 42 dias) a quantidade de dejetos foi menor quando comparado com camas que não foram tratadas. Ressalta-se que a quantidade de cama inicial foi a mesma em todos os tratamentos. Outro fator limitante da atividade dos microrganismos nos resíduos orgânicos, segundo Golueke (1954) é a umidade, no entanto essa variável não foi influenciada significativamente pelos fatores (sulfato de alumínio, fitase e nível de PB da dieta).

Houve efeito significativo do uso do sulfato de alumínio sobre o potencial fertilizante da cama aviária com relação ao nitrogênio, fósforo e potássio. O íon amônio (NH_4^+) é a forma dominante de nitrogênio no esterco das aves, este é convertido em amônia com a elevação do pH. O sulfato de alumínio é utilizado para acidificar o material de cama e minimizar a ocorrência desta reação, portanto evitou perdas de nitrogênio na forma amoniacal. Houve efeito significativo do sulfato de alumínio ($P < 0,0001$) e da fitase ($P < 0,0001$) sobre o fósforo (superfosfato simples). O dejetos tratados com sulfato de alumínio apresentaram maior potencial fertilizante, quando comparados ao não tratado. A inclusão de fitase diminuiu o poder fertilizante dos dejetos com relação ao seu conteúdo de fósforo, devido ao fato de que houve menor quantidade do elemento (P) nas excretas das aves que consumiram a dieta com a enzima. Como esperado, a inclusão de fitase fez com que o ácido fítico fosse catalisado, liberando o P contido nos ingredientes da dieta.

O uso do sulfato de alumínio para tratar a cama aviária aumentou o potencial fertilizante total do dejetos (VLT = R\$ 17.759,30). Ao utilizar a equação 3 é possível constatar que 901 gramas de cama aviária quando tratada com sulfato de alumínio (Tabela 9) tem o mesmo poder fertilizante que 47,152 gramas de ureia, que valem R\$0,10, em termos de nitrogênio. Ao extrapolar os cálculos para quantidade de esterco produzido em uma granja de 80.000 aves, o poder fertilizante desse esterco será o mesmo que 4,192 toneladas de ureia (em termos de nitrogênio). Em termos de potássio, 901 gramas de cama de frango tem o mesmo poder fertilizante que 31,5 gramas de cloreto de potássio. E em termos de fósforo, a quantidade de 901 gramas de cama tem o mesmo poder fertilizante de 32 gramas de superfosfato simples. O somatório das contribuições da quantidade de cama em questão, 901 gramas, apresenta o mesmo poder fertilizante que 110,65 gramas em termos de NPK. O ganho econômico pela valoração do uso de dejetos como fertilizante orgânico é constatado pela comparação de custos. Ao considerar o preço de mercado de NPK (R\$ kg⁻¹), sendo R\$ 2,14 de N, R\$ 1,22 de P, R\$ 2,27 de K e de esterco avícola R\$ 0,17/kg verificou-se que a substituição do fertilizante mineral pelo orgânico representa uma economia nos custos de produção da lavoura. O volume de fertilizante orgânico necessário para oferecer ao solo a mesma quantidade de nutrientes (NPK) do fertilizante mineral é maior, porém seu custo é menor. Portanto, essa substituição vale a pena do ponto de vista econômico. Haja vista que, a concentração de nutrientes NPK no dejetos avícola é menor quando comparado ao fertilizante comercial não podemos esquecer que a maior diferença entre fertilizantes minerais e fertilizantes orgânicos está na facilidade dos primeiros serem solubilizados na solução do solo quando a eles aplicados. Deste modo, o fertilizante mineral oferece certa desvantagem, pois são instantaneamente solubilizados. Aplicado o fertilizante orgânico no solo, parte de seus nutrientes são solúveis e a maior parte depende da ação de microrganismos para realizar o processo de mineralização das substâncias orgânicas. Tal fato faz com que os nutrientes sejam liberados lentamente. A metodologia proposta para valorar economicamente o dejetos avícola demonstra a vantagem econômica em se utilizar fertilizante orgânico além da vantagem agrônômica.

Tabela 11 - Valoração do dejetos (*VLR*) originado dos tratamentos experimentais, considerando o potencial fertilizante para cada fertilizante comercial e potencial fertilizante total (*VLT*) para granja com capacidade para alojar 80.000 aves

		² QD	Ureia	SSP	KCl	VLT
Efeito		(g/ave)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)
Al ₂ (SO ₄) ₃	0	616	5.434,10	2.829,60	3.549,00	11.812,75
	(g/m ²)	1.568	901	7.933,85	5.749,60	17.759,30
Fitase	0	718	6.204,30	4.022,55	4.460,10	14.687,05
	(FTU/kg)	1000	800	7.163,65	4.838,50	14.885,00
¹ PB	N	796	7.107,05	3.623,75	4.792,50	15.523,35
	R	721	6.260,90	3.281,65	4.506,10	14.048,70
EPM ³		0,0765	0,7672	0,2527	0,3878	1,0344
<i>Probabilidade</i>						
Al ₂ (SO ₄) ₃		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
F		0,1404	0,0865	<,0001	0,3365	0,8494
RP		0,1747	0,1286	0,1853	0,4656	0,1636
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F		0,4887	0,6985	0,0994	0,5529	0,6956
Al ₂ (SO ₄) ₃ *RP		0,8060	0,6232	0,7421	0,3065	0,4703
F*RP		0,0207	0,0330	0,3542	0,4154	0,0974
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F*RP		0,9211	0,9983	0,7165	0,3618	0,7978

¹ PB: nível de Proteína Bruta: Normal (N); Reduzido em um ponto percentual (R).

² QD: quantia de dejetos produzido (g/ave); Fertilizantes – Ureia; SSP: superfosfato simples; KCl: cloreto de potássio; VLT: potencial fertilizante total (NPK).

³ EPM: erro padrão da média.

Figura 8 - Efeito da inclusão de fitase e da redução da proteína bruta (PB) em dietas de frangos de corte sobre a quantidade de dejetos produzidos (g/ave)

^{a-b} Colunas com letras diferentes na mesma categoria diferem entre si ($P < 0,05$).

Figura 9 - Efeito da inclusão de fitase e da redução da proteína bruta (PB) em dietas de frangos de corte sobre a valorização do dejetos em relação ao nitrogênio (R\$)

^{a-b} Colunas com letras diferentes na mesma categoria diferem entre si ($P < 0,05$).

4 Conclusões

Com base nos resultados no primeiro experimento, conclui-se que, o sulfato de alumínio e a taxa de lotação influenciam as características da cama de frango. A melhor dose de sulfato de alumínio foi de 400 g/m^2 , independentemente da densidade adotada.

Com base nos resultados do experimento II, conclui-se que o sulfato de alumínio, a inclusão dietética de fitase e a redução proteica da dieta nas quantidades estudadas, podem ser usados como estratégias para controlar o pH da cama e reduzir a emissão de amônia nos galpões avícolas. A inclusão de fitase (1.000 FTU/kg de ração) e a redução de um ponto percentual da proteína bruta da dieta auxiliam na redução do impacto ambiental por reduzir a umidade, e a concentração de fósforo na cama. Já o sulfato de alumínio reduz as emissões de amônia e consequentemente as perdas de nitrogênio da cama. Avaliar a cama de frango como fertilizante orgânico em relação a sua qualidade em nutrientes e valor de mercado permite uma melhor decisão em relação à quantidade a ser aplicada à cultura, promovendo benefícios econômicos e ambientais.

REFERÊNCIAS

AFONSO, E. R. Impacto de estratégias nutricionais no custo do manejo dos dejetos suínos. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2015.

ALETOR, V. A.; HAMID, I. I.; NIEB, E.; PFEFFER, E. Low-protein amino acid-supplemented diets in broiler chickens: effects on performance, carcass characteristics, whole-body composition and efficiencies of nutrient utilization. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, p.547-554, 2000.

COBB-VANTRESS. Manual de Manejo de Frangos de Corte. Revisado em 2008. Disponível em: <aviculturainteligente.com.br>. Acesso em Jan. de 2014.

AOAC. 1996. **Official Methods of Analysis**. 16th ed. AOAC Int., Arlington, VA.

DAI PRA, M. A.; CORRÊA, É. K.; ROLL, V. F.; XAVIER, E. G.; LOPES, D. C. N.; LOURENÇO, J. T.; ROLL, A. P. Uso de cal virgem para o controle de Salmonella spp e Clostridium spp em camas de aviário. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.4, p.1189-1194, 2009.

DO, J. C.; CHOI, I. H. and NAHM, K. H. Effects of Chemically Amended Litter on Broiler Performances, Atmospheric Ammonia Concentration, and Phosphorus Solubility in Litter. **Poultry Science**, Champaign, v.84, p.679–686, 2005.

FERGUSON, N. S., R. S. GATES, J. L. TARABA, A. H. CANTOR, A. J. PESCATORE, M. L. STRAW, M. J. FORD, and D. J. BURNHAM. The effect of dietary protein and phosphorus on ammonia concentration and litter composition in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v.77, p.1085–1093, 1998.

FURLAN, R. L., Influencia da temperatura na produção de frangos de corte. In: **VII Simpósio Brasil Sul de Avicultura** - Chapecó-SC- Brasil, 104. 2006.

GRAÇAS, A. S.; FONSECA, J. B.; SOARES, P. R.; SILVA, M. A. Densidade populacional de frangos de corte em diferentes épocas do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.19, p.186-196, 1990.

GOLUEKE, C. G.; CARD, B. G. and Mac GAVHEY, P. H. Evaluation of inoculums in composting. **Applied Microbiology**, v.2, n.1, p. 45-53, 1954.

GUO, M.; SONG, W. Nutrient value of alum-treated poultry litter for land application. **Poultry Science**, Champaign, v. 88, n. 9, p. 1782-1792 2009.

HERNANDES, R.; CAZETTA, J. O.; MORAES, V. M. B. Método Simples e acessível para determinar amônia liberada pela cama aviária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.3, p.824-829, 2001.

HERNANDES, R.; CAZETTA, J. O.; MORAES, V. M. B. Frações Nitrogenadas, Glicídicas e Amônia Liberada pela Cama de Frangos de Corte em Diferentes Densidades e Tempos de Confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.4, p.1795-1802, 2002.

JONES, E. K. M.; WATHES, C. M.; WEBSTER, A. J. F. Avoidance of atmospheric ammonia by domestic fowl and the effect of early experience. **Applied Animal Behaviour Science**, v.90, n.3, p.293-308, 2005.

LARRISON, E. L.; BYRD, J. A.; DAVIS, M. A. Effects of litter amendments on broiler growth characteristics and Salmonella colonization in the crop and cecum. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 19, n. 2, p. 132-136 2010.

LUCCA, W.; SECCHIN, R.; TIMBOLA, E.; GRADIN, J.; LUCCA, M. S. Efeito de diferentes tratamentos químicos em cama para aves de corte. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 4, n. 1, p. 25-31, abr. 2012.

MAIORKA, A., MACARI, M. Absorção de minerais. p. 168 In: Macari, M.; Furlan, R. L.; Gonzales, E. (Ed.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: Funep, 375 p, 2008.

MÉTODOS analíticos. In: CAPUTI, Bruno et al. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**. 4.ed. São Paulo: Sindirações, 2013. 1 v. (várias paginações).

MOORE, P. A.; DANIEL, T. C.; EDWARDS, D. R. Reducing phosphorus runoff and inhibiting ammonia loss from poultry manure with aluminum sulfate. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 29, n. 1, p.29-37, jan.-fev., 2000.

OLIVEIRA, M. C.; ALMEIDA, C. V.; ANDRADE, D. O.; RODRIGUES, S. M. M. Teor de matéria seca, ph e amônia volatilizada da cama de frango tratada ou não com diferentes aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, p.951-954, 2003.

REECE, F. N., B. J., BATES, and B. D., LOTT. Ammonia control in broiler houses. **Poultry Science**, Champaign, v. 58, p. 754-755, 1979.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: UFV, DZO, 2011. 252 p.

SILVA, Y. L.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, G.; FIALHO E. T.; FASSANI, E. J.; PEREIRA, C. R. Redução de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. Desempenho e teores de minerais na cama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.3, p.840-848, 2006.

SLOAN, D. R.; HARMS, R. H.; BARNARD, D.; NORDSTEDT, R. Effect of diet on feces composition and implications on environmental quality. **Journal Applied of Poultry Research**, v.4, p.379-383, 1995.

SMITH, D. R.; MOORE, JR, P. A.; MAXWELL, C. V. and DANIEL, T. C. Dietary phytase and aluminum chloride manure amendments to reduce phosphorus and ammonia volatilization from swine manure. Pages 502–507 in Addressing Animal Production and Environmental Issues. Sheraton Imperial, **Research Triangle Park**, NC, 2001.

STANUSH, D. D.; BELTRAN, R.; CORSIGLIA, C.M.; Effect of hydrate lime on select litter microflora and poultry growth performance. In: **Poultry Science Association Meeting**, 2000, Montreal ASA 2000.

STRINGFELLOW, K.; CALDWELL, D.; LEE, J. et al. Pasteurization of chicken litter with steam and quicklime to reduce Salmonella Typhimurium. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 19, n. 4, p. 380-386, 2010.

Taraba, J. L., R. H. Driver, I. J. Ross, and R. E. Lacey. **Microbial protein production from anaerobically fermented poultry manure**. Presented at 1980 Winter meeting of ASAE, Paper No. 804548, ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, MI, 1980.

TEJEDOR, A. A.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S. Efeito da adição da enzima fitase sobre o desempenho e a digestibilidade ileal de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 802-808, 2001.

CAPÍTULO 3 – EFEITOS DO SULFATO DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO DA CAMA, DENSIDADE DE ALOJAMENTO E ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS SOBRE O DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE FRANGOS DE CORTE

RESUMO – Objetivou-se avaliar os efeitos do uso de sulfato de alumínio no tratamento de cama aviária, da densidade de alojamento e de estratégias nutricionais sobre o desempenho, características de carcaça e da carne de frangos de corte. Foram conduzidos dois estudos. No Experimento I (EI): Objetivou-se avaliar os efeitos das doses de sulfato de alumínio $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{ H}_2\text{O}]$ - (0, 200, 400 e 600 g/m^2) no tratamento da cama aviária e da taxa de lotação (8 e 9 aves/ m^2) sobre o desempenho, características de carcaça e da carne de frangos de corte. No Experimento II (EII) os objetivos deste estudo foram avaliar os efeitos da inclusão dietética de níveis fitase (0 ou 1.000 FTU/kg de ração) e da redução do nível de proteína bruta (um ponto percentual) nas dietas de frangos criados em cama tratada ou não com sulfato de alumínio (1.568 g/m^2) sobre o desempenho, características de carcaça e da carne de frangos de corte. Para EI foram utilizados 532 pintos de um dia, com peso médio inicial de $46 \text{ g} \pm 2,3$. Foram utilizadas dietas isonutritivas incluindo dieta inicial (0 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 42 dias). Foi avaliado o desempenho, rendimento de carcaça e dos cortes (peito e coxa-sobrecoxa), ocorrência de lesão de peito e de pododermatite nas carcaças. Para EII foram utilizados 504 pintos de um dia, machos, com peso médio inicial de $45 \text{ g} \pm 2,6$. Foram utilizadas as dietas: inicial (0 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e finalizador (36 a 42 dias). Foi avaliado o desempenho, rendimento de carcaça e dos cortes (peito e coxa-sobrecoxa), ocorrência de lesão de peito e de pododermatite nas carcaças. Além disso, avaliou-se o aspecto microbiológico das carcaças de frango. (EI) Não foi observada interação sulfato de alumínio $\times$ taxa de lotação ($P > 0,05$) para as características de desempenho e rendimento de cortes (peito, sobrecoxa e coxa). O mesmo foi observado para ocorrência de pododermatite. Um efeito significativo da interação ($P = 0,0094$) foi verificado para rendimento de carcaça, além do efeito quadrático das doses de sulfato de alumínio. A utilização das doses de sulfato de alumínio avaliadas não influenciou o desempenho das aves, que foi afetado negativamente pelo aumento da taxa de lotação. A aplicação de 193,22 g/m^2 de sulfato de alumínio na cama aviária melhora o rendimento de carcaça,

quando a taxa de lotação é de 14 aves por m², porém o aumento da dose do produto resulta em queda do rendimento. (EII) Em geral, o nível de proteína bruta não influenciou o consumo de ração. Houve interação significativa ($P = 0.0021$) sulfato de alumínio $\times$ nível de proteína bruta sobre a viabilidade do lote. A baixa proteína diminuiu o ganho de peso e o índice de eficiência produtiva. O sulfato de alumínio e as estratégias nutricionais não influenciaram o rendimento de carcaça e cortes e o mesmo foi observado para o aspecto microbiológico das carcaças. Portanto, a quantidade de 1.568 g de sulfato de alumínio por m², a inclusão de fitase (1.000 FTU/kg de ração) e a redução de um ponto percentual no nível de proteína bruta da dieta não melhorou o desempenho nem as características de carcaça de frangos de corte criados de 1 a 42 dias de idade. O sulfato de alumínio, a inclusão de fitase e a redução de um ponto percentual no nível de proteína bruta da dieta também não afetaram o aspecto microbiológico das carcaças.

Palavras-chave: Fitase. Microbiologia. Pododermatite. Proteína bruta. Taxa de lotação.

CHAPTER 3 – EFFECTS OF ALUMINUM SULPHATE ON LITTER TREATMENT, STOCKING DENSITY AND NUTRITIONAL STRATEGIES AND CHICKEN MEAT CHARACTERISTICS

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the effects of poultry litter treated with aluminum sulfate, stocking density and nutritional strategies on performance, carcass and chicken meat traits. Two studies were conducted. Experiment I (EI): The aim of this study was to evaluate the effects of aluminum sulfate doses [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$] - (0, 200, 400 e 600 g/m²) to treat poultry litter and bird densities (8 and 9 birds/m²) on performance, carcass and chicken meat traits. Experiment II (EII) the objectives of this study were to evaluate the effects of dietary inclusion of phytase levels (0 or 1,000 FTU/kg) and crude protein (CP) level reduction (1 percentage point) in diets of broilers reared on litter treated or not with aluminum sulfate (1.568 g/m²) on performance, carcass and chicken meat traits. (EI) Were used 532 a day old broiler chicks, males, presenting initial mean weight of 46g±2.3, housed into a completely randomized experimental design, with 4 × 2 factorial arrangement, totaling eight treatments with seven replicates. Standard industry diets were utilized throughout the study, including starter (0 to 21d), grower (22 to 35d), and finisher (36 to 42d) diets. Live performance, carcass, breast, drumstick and thigh yield, prevalence of breast skin lesions and foot-pad *dermatitis* were analyzed. For the EII 504 a day old broiler chicks, males, presenting initial mean weight of 45g±2.6, were housed into a randomized completely design, with 2 × 2 × 2 factorial arrangement, totaling eight treatments with seven replicates. Experimental diets were utilized throughout the study, including starter (0 to 21d), grower (22 to 35d), and finisher (36 to 42d) diets. Live performance, carcass, breast, drumstick and thigh yield, prevalence of breast skin lesions and foot-pad *dermatitis* were analyzed. This research also aims to evaluate microbiological Plate Counts on carcasses. (EI) No interaction aluminum sulphate × stocking density ($P > 0.05$) was observed for performance and cuts yield (breast, drumstick and thigh). The same was observed for the foot-pad *dermatitis*. A significant effect of the interaction ($P = 0.0094$) was verified for carcass yield, and the quadratic effect of the doses of aluminum sulphate on the same trait. It was concluded that the use of aluminum sulphate doses evaluated did not influence the broiler performance, which was negatively affected by the increase in the density. The application of 193.22 g/m² of

aluminum sulphate in the poultry litter improve the carcass yield, when the stocking rate is 9 birds/m², but the increase of the additive doses results in a fall in carcass yield. (EII) In general, crude protein level does not influence feed intake. Interaction aluminum sulfate × CP level on viability was observed ($P = 0.0021$). In addition, low crude protein decreased body weight and productive efficiency index. The alum and nutritional strategies didn't influence carcass and cuts yield, and the same was observed to carcass microbiological analysis. In experimental conditions, it was concluded that 1.568 g of aluminum sulphate per m², phytase inclusion (1,000 FTU/kg of feed) and one percentage point reduction of crude protein level did not improve broiler performance. In addition, the evaluate factors did not influence carcass and cuts yield of broilers harvested at 42 days old. With regard to the microbiological analysis of carcass, it was concluded that aluminum sulphate, phytase inclusion and low crude protein level did not affect this trait.

Keywords: Crude protein. Microbiology. Phytase. *Pododermatitis*. Bird density.

1. Introdução

A produção de frangos de corte é um dos ramos da avicultura industrial de grande destaque no cenário do agronegócio brasileiro. No início do ano de 2016, segundo dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) o Brasil se consolidou como segundo maior produtor de carne de frango do mundo, superando a China, que produziu 13,025 milhões de toneladas, enquanto o Brasil chegou a 13,146 milhões de toneladas produzidas no ano de 2015 (USDA). A eficiente produção de proteína animal em curto espaço de tempo e com preços competitivos deve-se ao constante melhoramento genético e melhorias das técnicas de manejo para com as aves. A ambiência é um dos pilares de sustentação da produção animal. A qualidade do ar nos galpões avícolas está atrelada ao material de cama que influencia diretamente sobre o desempenho das aves. Métodos para que a prática de reutilização da cama seja feita maneira acertada tem sido amplamente estudados.

Entretanto, a alta taxa de crescimento das linhagens atuais resulta em alguns problemas de ordem fisiológica nas aves, que refletem diretamente na qualidade da carcaça com o aparecimento de lesões de peito, lesões nos pés, artrite e celulite. Tais injúrias afetam o desempenho produtivo e econômico da avicultura e são atribuídas às condições inadequadas da cama, particularmente o excesso de umidade (Greene et al., 1985; McIlroy et al., 1987). Outros fatores, como alta densidade (McIlroy et al., 1987) e deficiência de biotina (Harms et al., 1977), também podem predispor à ocorrência de pododermatite. O manejo correto da cama nos galpões avícolas é área chave na produção, porque afeta a saúde das aves, o desempenho e a lucratividade (LUCCA et al., 2012).

Uma das alternativas para manutenção da qualidade da cama aviária é a utilização de estratégias nutricionais. A redução da proteína bruta da dieta e o uso de aminoácidos sintéticos podem melhorar a qualidade do ar nos galpões, uma vez que ocorre um melhor aproveitamento do nitrogênio (N) pelo animal minimizando sua excreção para o ambiente. Neste sentido, Ferguson et al. (1998) verificaram redução na concentração de NH_3 nas instalações avícolas, quando as formulações da ração possuíam níveis baixos de proteína.

Ainda, ao refletir sobre a manutenção da qualidade da cama, alternativa é a inclusão de enzimas exógenas na dieta das aves, como a fitase. Em dietas a base de

milho e farelo de soja, 60 a 85% do fósforo se encontram na forma de fitato (ácido fítico), de modo que este é indisponível para os animais monogástricos. O fitato não digerido pelas aves é eliminado nas fezes, contribuindo para o aumento da poluição ambiental (ROSTAGNO et al., 2005). Além do fósforo, o fitato pode reduzir também a disponibilidade da proteína, uma vez que inibe a atividade de enzimas proteolíticas. A presença da atividade da enzima fitase na dieta melhora a disponibilidade do fósforo.

O sulfato de alumínio tem sido aplicado à cama de frango para precipitar o fósforo solúvel. (MOORE et al., 2004). Além disso, reduz a quantidade de amônia volatilizada e as perdas de fósforo e melhoram a produção de frangos de corte. (MOORE et al., 1999).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o desempenho zootécnico, o rendimento de carcaça e cortes nobres (coxa-sobrecoxa e peito), a incidência de calos de peito e pododermatite em frangos de corte criados: 1) em cama tratada com diferentes doses de sulfato de alumínio e em diferentes taxas de lotação dos animais; 2) criados em cama tratada ou não com sulfato de alumínio e alimentados com rações contendo fitase e formuladas com níveis reduzidos de PB e fósforo disponível (Pd) suplementadas com aminoácidos sintéticos. Além disso, objetivou-se analisar o aspecto microbiológico das carcaças (somente experimento II).

Hipótese

O uso do sulfato de alumínio para tratamento de cama de frango, por sua ação acidificante promove a manutenção das características da cama como pH e volatilização de amônia, minimizando fatores prejudiciais ao desempenho de frangos de corte. O aumento da taxa de lotação também influencia o desempenho das aves, principalmente pelo aumento da quantidade de excretas e umidade na cama e pela competição por espaço, água e alimento. Portanto, são esperados melhores resultados de desempenho e rendimento de carcaça das aves criadas em camas que receberam maior quantidade de sulfato de alumínio, mesmo criadas em alta densidade. Espera-se também que aves alimentadas com dietas contendo a enzima fitase, com baixo teor de proteína bruta na dieta e criadas em cama tratada apresentem melhor desempenho, rendimento de carcaça e menor incidência de lesões de peito e de pododermatite. Com relação às análises

microbiológicas, espera-se que ocorra uma menor contaminação na superfície das carcaças de aves que foram criadas em cama tratada com aditivo acidificante.

2. Material e Métodos

Local

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Pesquisa em Aves da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) da Universidade de São Paulo (USP), campus Fernando Costa em Pirassununga, SP. As análises das amostras de cama de frango foram realizadas no Laboratório de Bioquímica da FMVZ, no mesmo campus. O primeiro experimento ocorreu entre os meses de maio a junho de 2015. O segundo, entre os meses de janeiro a março de 2016. O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da FMVZ - USP e protocolado sob nº 3390023414.

Aves, instalações e material de cama

Experimento I

Um total de 532 pintos de um dia machos da linhagem Cobb-500[®] adquiridos de incubatório comercial foram distribuídos ao acaso nos boxes de um galpão de alvenaria. No incubatório as aves foram vacinadas contra Doença de Marek. As instalações eram equipadas com ventiladores, nebulizadores, aquecedor a diesel e cortinado interno e externo para controle de temperatura e umidade. O controle de luz era automatizado e o programa de luz bem como o manejo das aves foi realizado conforme o preconizado pelo manual da linhagem (Cobb, 2008). Os boxes eram equipados com comedouros tubulares e bebedouros tipo *nipple*. As aves foram alojadas em 56 boxes experimentais com 0,85 x 1,35 m de área, sendo 9 ou 10 aves/parcela, conforme as lotações a serem avaliadas.

Após a saída do terceiro lote de aves e respeitando um período de vazio de quinze dias, a cama de casca de arroz foi tratada com as diferentes doses de sulfato de alumínio (0, 200, 400 e 600 g/m²) um dia antes da chegada dos pintinhos. As quantidades de sulfato de alumínio usadas foram baseadas no estudo de Lucca et al. (2012), a fim de avaliar níveis acima e abaixo daqueles avaliados pelos autores (500g/m²). O sulfato de

alumínio foi aplicado na superfície da cama e revolvido com auxílio de um rastelo para misturá-lo à palha.

Experimento II

Um total de 504 frangos de corte machos da linhagem Cobb-500[®] adquiridos de incubatório comercial foi distribuído ao acaso nos boxes de um galpão de alvenaria no Laboratório de Pesquisa em Aves - FMVZ. As aves foram vacinadas no incubatório contra Doença de Marek. Utilizou-se a mesma instalação citada no primeiro experimento.

Após a saída do primeiro lote de aves, a cama de casca de arroz foi tratada com a dose de sulfato de alumínio (1.568 g/m^2) um dia antes do alojamento dos pintinhos. Foram necessários 18 quilos de casca de arroz por boxe para que se chegasse a aproximadamente oito a dez centímetros de altura da cama. A fim de fixar a quantidade de sulfato de alumínio aplicada, utilizou-se 100 gramas/kg, baseando-se no estudo de Moore et al. (2000). Portanto, para que as unidades da dose de sulfato de alumínio dos experimentos I e II fossem iguais optou-se por transformar a referida dose de sulfato de alumínio de gramas por quilo (g/kg) em gramas por metro quadrado (g/m^2). Foram alojadas 9 aves/parcela, ou seja, uma taxa de lotação de 8 aves/m^2 . O sulfato de alumínio foi aplicado sobre a cama e revolvido com auxílio de um rastelo para misturá-lo com a palha.

Delineamento Estatístico e tratamentos

O delineamento estatístico utilizado no experimento I foi inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial de tratamentos 4×2 , considerando os fatores: doses de sulfato de alumínio (0, 200, 400 e 600 g/m^2) e densidade de alojamento (8 e 9 aves/m^2) totalizando oito tratamentos com sete repetições cada.

Para o experimento II, o delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial de tratamentos $2 \times 2 \times 2$ considerando os fatores: sulfato de alumínio (0 e 1.568 g/m^2), inclusão de fitase (1000 FTU/kg) na dieta (sim e não); redução de um ponto percentual no nível de proteína bruta da dieta (sim e não) totalizando oito tratamentos com sete repetições cada.

Dietas experimentais (Experimento I)

As dietas continham basicamente milho moído, farelo de soja, vitaminas e minerais visando atender às recomendações nutricionais segundo Rostagno et al. (2011). As rações isonutritivas (Tabela 8) para todos os tratamentos experimentais variaram apenas o conteúdo de nutrientes conforme as exigências nutricionais dos períodos de criação: inicial (0 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 42 dias).

Tabela 12 - Composições, centesimal e calculada das rações experimentais (%)

Ingrediente (%)	Inicial (1 a 21 d)	Crescimento (22 a 35 d)	Final (36 a 42 d)
Milho moído	59,26	61,88	66,58
Farelo de soja (45%)	34,79	31,57	27,37
Óleo de soja	2,142	3,131	2,962
Bicarbonato de Sódio	0,193	0,156	0,138
Fosfato bicálcico	1,525	1,334	1,069
Calcário calcítico	0,912	0,820	0,769
Cloreto de colina	0,063	0,057	0,043
Sal comum	0,350	0,350	0,350
DL-metionina	0,283	0,252	0,236
L-lisina	0,214	0,190	0,231
L-treonina	0,057	0,038	0,047
Supl. Vitamínico-mineral ¹	0,200	0,200	0,200
Composição Nutricional Calculada			
PB (%)	22,1	21,6	20,1
P disponível (%)	0,343	0,313	0,273
Cálcio (%)	0,819	0,732	0,638
Metionona Dig. (%)	0,561	0,517	0,485
Met+Cist Dig. (%)	0,846	0,787	0,737
Lisina dig. (%)	1,174	1,078	1,010
EM (Kcal/Kg)	3.000	3.100	3.150

¹Níveis de garantia Suplemento Vitamínico Mineral inclusão 2kg/ton: Ácido Fólico (min) 1000 mg/kg; Ácido Pantotênico (min) 15 g/kg; Niacina (min) 40 g/kg; Vitamina A (min) 8000000 UI/kg; Vitamina B1 (min) 2400 mg/kg; Vitamina B12 (min) 14000 mcg/kg; Vitamina B2 (min) 6000 mg/kg; Vitamina B6 (min) 4000 mg/kg; Vitamina D3 (min) 2400000 UI/kg; Vitamina E (min) 12000 UI/kg; Vitamina K3 (min) 2000 mg/kg; Cobre (min) 8000 mg/kg; Ferro (min) 50 g/kg; Iodo (min) 1200 mg/kg; Manganês (min) 70 g/kg; Selênio (min) 200 mg/kg; Zinco (min) 50 g/kg. (Agrocerec Multimix, Rio Claro, São Paulo, Brasil).

Dietas experimentais (Experimento II)

No segundo experimento, a partir de uma dieta basal que foi a dieta controle (Tabela 9), estabeleceram-se as quantidades do uso das estratégias nutricionais. Utilizou-se a enzima Quantum Blue®, uma *E. coli* fitase produzida pela empresa AB Vista com a inclusão de 100 g/t de ração. Para estabelecer a redução do nível de proteína bruta das dietas utilizou-se como ponto de partida a exigência nutricional, segundo Rostagno et al. (2011), e a partir daí a redução foi de um ponto percentual em cada fase (inicial, crescimento e final).

Tabela 13 – Composição, centesimal e calculada das rações experimentais (%)

Ingrediente (%)	Inicial (1 a 21 d)	Crescimento (22 a 35 d)	Final (36 a 42 d)
Milho moído	58,74	62,96	67,26
Farelo de soja (46%)	35,51	30,48	26,56
Óleo de soja	1,752	3,401	3,033
Fosfato Bicálcico	1,738	1,328	1,106
Calcário calcítico	0,830	0,813	0,738
Sal comum	0,430	0,404	0,395
L-lisina HCl 78%	0,324	0,299	0,324
DL-metionina 99%	0,333	0,285	0,263
L-treonina 98%	0,118	0,092	0,096
Premix Vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100
Premix Mineral ²	0,100	0,100	0,100
Inerte	0,010/0,00/0,010/0,00	0,010/0,00/0,010/0,00	0,010/0,00/0,010/0,00
Fitase	0,00/0,010/0,00/0,010	0,00/0,010/0,00/0,010	0,00/0,010/0,00/0,010
Nutrientes	Composição calculada		
PB (%)	21,8/21,8/20,8/20,8	19,8/19,8/18,8/18,8	18,4/18,4/17,4/17,4
P disponível (%)	0,436/0,286/0,436/0,286	0,354/0,204/0,354/0,204	0,309/0,159/0,309/0,159
Cálcio (%)	0,881	0,758	0,663
Sódio (%)	0,215	0,200	0,195
Metionina digestível (%)	0,628	0,558	0,520
Met.+Cist dig. (%)	0,915	0,826	0,774
Lisina dig. (%)	1,271	1,131	1,060
EM, kcal/kg	3.005	3.150	3.200

¹Níveis de garantia do suplemento vitamínico/kg de ração: vitamina A, 8.250 IU; vitamina D3, 2.090 IU; vitamina E, 31 IU; vitamina B1, 2,20 mg; vitamina B2, 5,50 mg; vitamina B6, 3,08 mg; vitamina B12, 0,013 mg; ácido pantotênico, 11,0 g; biotina, 0,077 mg; vitamina K3, 1,65 mg; ácido fólico, 0,77 mg; ácido nicotínico, 33,0 mg.

²Níveis de garantia do suplemento mineral/kg de ração: ferro, 55,0 mg; cobre, 11,0 mg; manganês, 77,0 mg; zinco, 71,5 mg; iodo, 1,10 mg; selênio, 0,330 mg. (Agrocerec Multimix, Rio Claro, São Paulo, Brasil).

Desempenho (Experimento I e II)

Todas as aves de ambos os experimentos (I e II) foram pesadas no início e final de cada período (inicial - 1 a 21; crescimento - 22 a 35 e final - 36 a 42 dias). O resultado final de cada parâmetro é a média da unidade experimental, ou seja, o valor do peso dividido pelo número de aves. O ganho de peso médio (GPM) foi obtido pela diferença dos pesos das aves no fim e no início de cada período; o consumo médio de ração (CRM) é a diferença entre a sobra de ração no fim do período e o total de ração fornecida no início do mesmo; e conversão alimentar corrigida (CA) do período, para este é a razão entre a quantidade de ração consumida pelo ganho de peso médio, sendo que a este é somado o peso da ave que morreu, quando for o caso. Também foi calculado para o período de 1 a 42 dias, a viabilidade do lote (VIAB) expressa em porcentagem, que é a diferença entre as aves alojadas e as retiradas para o abate e o índice de eficiência produtivo (IEP) composto pelo ganho de peso diário (kg), viabilidade (%) e conversão alimentar. Diariamente, pela manhã e a tarde foi verificada a ocorrência de mortalidade. As leituras das temperaturas e umidades máximas e mínimas eram feitas às 08h00min e às 17h00min, utilizando-se termômetros de bulbo seco, localizados em dois pontos distintos do galpão, sendo as médias de temperatura máxima e mínima, durante o primeiro experimento, 28,4° e 20,7°C, respectivamente. As umidades máxima e mínima foram 70,2 e 60,9%, respectivamente.

No segundo estudo, as médias de temperatura máxima e mínima durante o primeiro experimento, 25,4° e 19,7°C, respectivamente. As umidades máxima e mínima foram 62,2 e 56,9%, respectivamente.

Rendimento de carcaça e cortes (Experimento I e II)

Ao final de 42 dias de idade, duas aves por boxe (unidade experimental) foram selecionadas aleatoriamente para serem abatidas. Essas aves foram pesadas individualmente e identificadas segundo tratamento correspondente com a colocação de anilha na canela. O abate foi realizado no Abatedouro Escola da Prefeitura do *campus* Fernando Costa da Universidade de São Paulo, segundo normas de inspeção do Serviço de Inspeção Estadual (SISP 0830). As aves foram submetidas a jejum alimentar de 12 horas e foram eutanasiadas por corte da artéria carótida e veia jugular após atordoamento por eletronarcose. A seguir, foram escaldadas, depenadas, evisceradas e

as carcaças foram pré-resfriadas por imersão durante 15 minutos. Após o pré-resfriamento as carcaças foram levadas a câmara de resfriamento onde foram mantidas a uma temperatura de 2°C por 24 horas até o início do procedimento de desossa. Logo após o abate, foi avaliado o rendimento de carcaça quente (RCQ), o qual a carcaça foi pesada com os pés e a cabeça. O rendimento de carcaça foi calculado pela relação entre o peso de abate e o peso da carcaça eviscerada, com pés e cabeça. Após 24 horas de resfriamento em câmara a 2°C, as carcaças foram pesadas, desossadas, e foram pesadas coxas e sobrecoxas e o peito. Calculou-se também o rendimento de carcaça fria (RCF), que consiste na relação entre o peso de carcaça fria e o peso 24 horas pós abate. O rendimento de cortes é o cálculo da relação entre o peso do corte (coxa-sobrecoxa ou peito) e da carcaça fria. Os valores de rendimento de carcaça e de cortes foram expressos em porcentagem.

Lesão de peito e pododermatite (Experimento I e II)

No processo de abate das aves, durante a pesagem da carcaça quente avaliou-se a presença de calos no músculo do peito e incidência de pododermatite (PDD). Para presença de calos de peito foi inferido resposta binomial (sim ou não). Já, Para a classificação de PDD, foram utilizados escores de 0 a 4, onde 0 = ausência de PDD, 1 e 2 = mínima evidência de PDD, e 3 e 4 = evidência de PDD (WQAPP, 2009) conforme demonstrado na Figura 12.

Figura 10 - Escores de classificação da severidade de pododermatites (PDD) ou lesões de pé em frangos de corte. Fonte: WQAPP (2009).

Análise microbiológica de carcaças de frango (Experimento II)

O objetivo desta etapa foi avaliar o aspecto microbiológico das carcaças de frango, considerando o efeito dos fatores (sulfato de alumínio no tratamento da cama,

inclusão de fitase e redução proteica da dieta) sobre a contagem bacteriana total e contagem de enterobactérias nas carcaças de frangos de corte. Portanto, optou-se por utilizar um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições:

Tratamento 1 - sem fitase + sem redução proteica + cama não tratada (controle);

Tratamento 2 - fitase + redução proteica + cama tratada;

Tratamento 3 - fitase + sem redução proteica + cama tratada;

Tratamento 4 - sem fitase + redução proteica + cama tratada;

Tratamento 5 - sem fitase+ sem redução proteica + cama tratada;

O abate realizado para colheita das amostras (carcaças) ocorreu separadamente do processo rotineiro de abate das aves. Foram utilizadas quatro aves de cada tratamento, aos 42 dias de idade, escolhidas aleatoriamente e que permaneceram em jejum alimentar de 12 horas, tendo acesso ao bebedouro apenas. No processo de abate, para cada tratamento, ou seja, a cada quatro aves, a água de escaldagem e pré-resfriamento foi trocada, a fim de que não houvesse contaminação cruzada entre as aves e carcaças dos diferentes tratamentos. Do mesmo modo, a escaldadeira e a cuba de pré-resfriamento foram higienizados no intervalo de cada abate do grupo de aves dos tratamentos. Após o tempo de permanência no pré-resfriamento, as carcaças foram embaladas individualmente em sacos plásticos estéreis. Em seguida, as mesmas foram pesadas, acomodadas em caixas de isopor e transportadas até o Laboratório de Saúde Animal e Segurança Alimentar, do departamento de Medicina Veterinária, da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. A colheita de amostras citada acima seguiu metodologia preconizada pela Instrução Normativa 70 de 2003, do Programa de Controle de Patógenos em carcaças de frangos em abatedouros com SIF.

Para as análises microbiológicas foram adicionados, em cada embalagem, um volume de água peptonada estéril equivalente ao peso de cada carcaça (p/v). O conjunto foi agitado e foram realizadas diluições seriadas sucessivas a partir de cada carcaça (10^{-1}) e, sucessivamente até a diluição 10^{-3} .

Contagem bacteriana total (microrganismos mesófilos aeróbios)

Para contagem bacteriana total foi utilizado como meio de cultura ágar PCA (*Plate Count Agar*, HIMEDIA M091) pela técnica de plaqueamento em profundidade.

Assim, uma alíquota de um mL de cada diluição (10^{-2} e 10^{-3}) foi transferida para uma placa de Petri estéril. A seguir, foram adicionados 15-20 mL de ágar PCA, previamente fundido, esterilizado e resfriado a 45°C. As placas foram homogeneizadas com movimentos de oito e, após a solidificação do ágar, foram incubadas a 35°C, por 48 horas. Após o tempo de incubação, foram contadas as unidades formadoras de colônia com um contador manual de colônias. Os valores foram expressos em unidades formadoras de colônia por mililitro (UFC/mL).

Contagem de enterobactérias

Para a contagem de enterobactérias foi utilizado o ágar VRBGA (*Violet Red Bile Glucose Agar*, DIFCO 218661) pela técnica de plaqueamento em profundidade. Uma alíquota de um mL de cada diluição (10^{-1} e 10^{-2}) foi transferida para uma placa de Petri estéril. A seguir, foram adicionados de 15 a 20 mL de ágar VRBGA, previamente fundido, esterilizado e resfriado a 45°C. As placas foram homogeneizadas com movimentos suaves e, após a solidificação do ágar, foram incubadas a 35°C, por 48 horas. Após o tempo de incubação, foram contadas as unidades formadoras de colônia com um contador manual de colônias. Os valores foram expressos em unidades formadoras de colônia por mililitro (UFC/mL).

Análises Estatísticas

No primeiro experimento, os dados foram analisados como um arranjo fatorial 4×2 em delineamento inteiramente casualizado (DIC), para determinar os efeitos principais e interações. Foi utilizado um modelo misto considerando o efeito fixo das doses de sulfato de alumínio (3 graus de liberdade, GL), das taxas de lotação (1 GL) e suas interações (3 GL), e o erro aleatório utilizando o procedimento MIXED do software SAS Inst. (1990). Os dados foram submetidos à análise de variância e a significância declarada foi $P < 0,05$. O modelo matemático é:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + (A_i * B_j) + e_{ij}$$

Onde, Y_{ij} = valor da variável testada sob o i-ésimo nível do fator A e j-ésimo nível do fator B;

μ = média geral do experimento para a variável;

A_i = efeito do i -ésimo nível do fator A;

B_j = efeito do j -ésimo nível do fator B;

$A_i * B_j$ = efeito da interação A e B;

e_{ij} = erro aleatório.

No segundo experimento, os dados foram analisados como um arranjo fatorial $2 \times 2 \times 2$ em delineamento inteiramente casualizado (DIC), para determinar os efeitos principais e interações. Foi utilizado um modelo misto considerando efeito fixo do tratamento da cama (1 GL), uso da fitase (1 GL), nível de proteína bruta (1 GL) e suas interações (1 GL), e o erro aleatório, utilizando o procedimento MIXED do software SAS Inst. (1990). Os dados foram submetidos à análise de variância e a significância declarada foi $P < 0,05$. O modelo matemático é:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (A_i * B_j) + (A_i * C_k) + (B_j * C_k) + e_{ijk}$$

Onde, Y_{ij} = valor da variável testada sob o i -ésimo nível do fator A, j -ésimo nível do fator B e k -ésimo nível do fator C;

μ = média geral do experimento para a variável;

A_i = efeito do i -ésimo nível do fator A ;

B_j = efeito do j -ésimo nível do fator B;

C_k = efeito do k -ésimo nível do fator C;

$A_i * B_j$ = efeito da interação A e B;

$A_i * C_k$ = efeito da interação A e C;

$B_j * C_k$ = efeito da interação B e C;

e_{ijk} = erro aleatório.

Os resultados das análises microbiológicas, para contagem bacteriana total e enterobactérias (UFC/mL) foram transformados em valores de $\log_{10}/\text{mL}$ e avaliados por meio da comparação de contrastes ortogonais, no delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições e as médias foram comparadas por meio de contrastes ortogonais, considerando nível de significância de 5%.

3. Resultados e Discussão

3.1 Experimento I

Os valores das características de desempenho avaliadas em suas respectivas fases de criação estão apresentados na tabela 14. Não houve interação significativa entre sulfato de alumínio e taxa de lotação, em relação ao desempenho dos frangos. O ganho de peso médio (GPM) e a conversão alimentar (CA) foram influenciados pela taxa de lotação ($P = 0,003$ e $P = 0,004$) na fase inicial. O aumento do número de aves/m² prejudicou o ganho de peso e piorou a conversão alimentar. Houve efeito da taxa de lotação sobre o ganho de peso, consumo de ração médio (CRM) e conversão, na fase de crescimento, sendo que os piores valores foram obtidos nos tratamentos com 9 aves/m². Já na fase final observou-se efeito linear do aumento da dose de sulfato de alumínio ($Y = 1,702 + 0,09 \times \text{sulfato}$) e efeito da taxa de lotação ($P = 0,0151$) sobre a CA, sendo que o aumento na dose de sulfato e da lotação piorou a conversão das aves.

Tabela 14 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação sobre o desempenho de frangos de corte em suas respectivas fases de criação

Al ₂ (SO ₄) ₃ Lotação	Tratamento ¹								Probabilidade				
	0		200		400		600		M	EPM	Al ₂ (SO ₄) ₃	Lotação	Sulfato*Lotação
	8	9	8	9	8	9	8	9					
1 a 21 dias													
² GPM, g	909	832	961	816	887	835	918	871	879	11,428	0,6332	0,0003	0,3237
CRM, g	1.200	1.203	1.189	1.216	1.182	1.202	1.215	1.172	1.198	6,780	0,9324	0,9146	0,2804
CA	1,320	1,445	1,237	1,490	1,332	1,439	1,323	1,345	1,362	0,019	0,6218	0,0004	0,1860
22 a 35 dias													
GPM, g	1.401	1.402	1.500	1.327	1.491	1.458	1.499	1.430	1.437	19,216	0,4349	0,0790	0,4145
CRM, g	2.298	2.452	2.222	2.612	2.388	2.525	2.266	2.525	2.412	28,228	0,6481	<,0001	0,2190
CA	1,640	1,748	1,481	1,968	1,601	1,731	1,511	1,765	1,678	0,024	0,5009	0,0127	0,2132
36 a 42 dias													
GPM, g	902	901	996	743	932	831	909	805	865	23,703	0,7535	0,0585	0,1858
CRM, g	1.595	1.594	1.614	1.604	1.657	1.610	1.627	1.633	1.617	9,330	0,4365	0,5010	0,7569
CA	1,768	1,769	1,620	2,158	1,777	1,937	1,789	2,028	1,869	0,037	0,0109 ^L	0,0151	0,0571

¹ Tratamentos: 0, 200, 400 e 600g de sulfato de alumínio/m² e Taxa de lotação: 8 e 9 aves/m²;

²GPM: Ganho de peso médio; CRM: consumo de ração médio; CA: conversão alimentar; Períodos avaliados: inicial – 1 a 21 dias; crescimento - 22 a 35 dias e final – 36 a 42 dias; ‘Sulfato*Lotação’: interação entre sulfato e lotação.

Os resultados de desempenho do período total de criação (1 a 42 dias) estão apresentados na Tabela 15. Não foi observada interação entre sulfato de alumínio e taxa de lotação ($P > 0,05$) para nenhuma das características de desempenho avaliadas. Contudo, o ganho de peso apresentou melhores resultados (3.414 g) com maior quantidade de sulfato aplicado na cama (600g/m^2), bem como a conversão alimentar foi melhor (1,531). Porém, esse resultado não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos. A dose de sulfato não influenciou o desempenho das aves. Segundo Choi et al. (2008), a aplicação de diferentes doses de cloreto de alumínio líquido em cama de frango também não influenciou o desempenho de frangos de corte. A taxa de lotação influenciou negativamente o GPM, a CA e o IEP. Como esperado, o aumento no número de aves, por metro quadrado, piorou o desempenho dos animais. Uma taxa de lotação elevada para frangos de corte está associada a redução no desempenho, incluindo o consumo de ração, ganho de peso e a conversão alimentar (Estevez, 2007; Zuowei et al. , 2011), tanto quanto na composição da carcaça, tal como rendimento do músculo do peito (Dozier et al., 2008).

Não houve interação significativa sulfato de alumínio $\times$ taxa de lotação ($P > 0,05$) para o rendimento de peito, de coxa-sobrecoxa e para pododermatite. Como não foi observada a presença de lesão de peito em nenhuma das carcaças das aves de todos os tratamentos (Tabela 16), os resultados não foram colocados em tabela.

Tabela 15 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade

Al ₂ (SO ₄) ₃ Lotação	Tratamento ¹								Probabilidade				
	0		200		400		600		M	EPM	Al ₂ (SO ₄) ₃	Lotação	Sulfato*Lotação
	8	9	8	9	8	9	8	9					
² GPM,g	3.213	3.054	3.384	2.888	3.211	3.125	3.414	3.107	3.171	47,178	0,7240	0,0054	0,4039
CRM,g	5.163	5.185	5.207	5.231	5.248	5.131	5.228	5.188	5.198	24,458	0,9288	0,5903	0,7377
CA	1,606	1,697	1,538	1,811	1,634	1,641	1,531	1,669	1,639	0,0243	0,9028	0,0020	0,0743
VIAB,%	96,82	97,14	95,24	100,00	98,41	94,28	96,82	97,14	96,98	0,801	0,9601	0,8480	0,3145
IEP	462,83	414,06	537,96	382,40	457,40	417,88	503,87	427,50	450,48	11,639	0,6900	0,0003	0,1988

¹ Tratamentos: 0, 200, 400 e 600g de sulfato de alumínio/m² e Taxa de lotação: 8 e 9 aves/m²

²GPM: Ganho de peso médio; CRM: consumo de ração médio; CA: conversão alimentar; VIAB: viabilidade do lote; IEP: Índice de Eficiência Produtiva.;

‘Sulfato*Lotação’: interação entre sulfato e lotação.

Tabela 16 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação sobre o peso de abate, rendimento de carcaça e cortes e incidência de pododermatite em frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade

Al ₂ (SO ₄) ₃ Lotação	Tratamento ¹								Probabilidade				
	0		200		400		600		M	EPM	Al ₂ (SO ₄) ₃	Lotação	Sulfato*Lotação
	8	9	8	9	8	9	8	9					
² RC,%	77,76	78,02	78,20	79,11	78,33	77,90	78,45	74,26	77,78	0,3211	0,0170 ^Q	0,1245	0,0094
RP, %	32,19	31,66	33,13	32,33	32,82	31,81	31,16	31,74	32,05	0,2379	0,3109	0,3721	0,6547
RCSC, %	29,34	28,84	28,61	29,26	28,64	29,11	29,06	29,20	29,04	0,1416	0,9242	0,5373	0,5484
PDD	1,71	1,75	2,28	2,00	1,50	1,16	1,25	2,28	1,81	0,1536	0,3709	0,6613	0,4408

¹ Tratamentos: 0, 200, 400 e 600g de sulfato de alumínio/m² e Taxa de lotação: 8 e 9 aves/m²;

²RC: rendimento de carcaça; RP: rendimento de peito; RCSC: rendimento de coxa-sobrecoxa; PDD: escore de pododermatite.;

‘Sulfato*Lotação’: interação entre sulfato e lotação.

Foi observado efeito significativo da interação ($P = 0,0094$) para o rendimento de carcaça (RC) dos animais (Tabela 16). O desdobramento desta interação (Figura 11) demonstrou o efeito quadrático significativo das doses de sulfato de alumínio também sobre o RC quando a lotação foi de 9 aves. Para taxa de lotação de 9 aves por m^2 , houve uma ligeira melhora no RC (de 78,02 para 79,11%) quando houve a inclusão inicial de sulfato de alumínio (200 gamas/ m^2), porém o gradual aumento nas quantidades do aditivo reduziu o RC. Nessas condições (9 aves/ m^2) a dosagem de sulfato de alumínio que resultou melhor rendimento de carcaça foi o de 193,22g/ m^2 , ou seja, esse é ponto de máximo da função quadrática, uma vez que houve efeito quadrático das doses do aditivo. Já, para taxa de lotação de 8 aves não houve diferença significativa entre as doses de sulfato de alumínio e o valor do RC foi igual para todas elas, sendo de 78,16%. A taxa de lotação pode influenciar o rendimento de carcaça uma vez que a competição por espaço e alimento afeta a taxa de crescimento a eficiência alimentar e ate mesmo a qualidade da carcaça (Puron et al., 1995). A figura 11 representa o efeito significativo da interação sulfato de alumínio $\times$ taxa de lotação sobre o RC.

Figura 11 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte

Numericamente, o rendimento de peito foi maior (33,13%) no tratamento em que havia menos aves alojadas e com adição 200 g/m² de sulfato de alumínio. Já o maior rendimento de coxa e sobrecoxa (29,34%), foi resultante do tratamento sem adição de sulfato na cama e com lotação de 8 aves/m² foi maior porém também não diferiu significativamente dos demais tratamentos.

3.2 Experimento II

O tratamento de cama e as dietas influenciaram significativamente o desempenho dos frangos de corte (Tabela 17). O uso de sulfato de alumínio e o nível de PB interagiram significativamente ($P = 0,0747$) sobre a CA no período inicial (1 a 21 dias). O uso do sulfato de alumínio na cama associado à dieta com nível proteico padrão resultou em uma CA mais baixa (Figura 12). Em geral, os frangos de corte que consumiram dietas com nível de proteína padrão apresentaram melhor conversão alimentar e maior consumo durante os primeiros 21 dias de criação. Em um estudo anterior, Ferguson et al. (1998) observaram tendências semelhantes, confirmando que a redução no teor de PB da dieta durante o período inicial pode não afetar negativamente a ingestão de alimento, mas poderia reduzir os ganhos de peso ou piorar a conversão alimentar. Entretanto, outros autores observaram ganho de peso e eficiência alimentar semelhantes quando compararam dietas com alta e baixa proteína suplementadas com aminoácidos durante o período de 7 a 21 dias (Parr e Summers, 1991; Han et al., 1992). Ainda, no período inicial, no presente estudo, a inclusão de fitase influenciou significativamente ($P = 0,0109$) o CRM diminuindo o consumo de alimento.

No período de 22 a 35 dias, o nível de fitase e PB interagiram significativamente ($P = 0,0009$) para CA. A inclusão de fitase associada à dieta com baixa proteína bruta melhorou a CA das aves nesse período (Figura 13). Fato que pode ser explicado pela queda no consumo de ração influenciado significativamente pelo baixo nível de PB ($P = 0,0071$). O nível proteico da dieta influenciou significativamente o desempenho, uma vez que a redução do nível de PB da dieta diminuiu o ganho de peso ($P = 0,0067$) e piorou a conversão alimentar até os 21 dias de criação ($P = 0,0410$). Para frangos de corte, as proteínas são nutrientes essenciais, tanto no aspecto nutricional quanto metabólico, uma vez que estão relacionados à deposição do tecido muscular. Nos animais em crescimento, a deposição de proteínas no músculo esquelético representa

cerca de 65% de todas as proteínas depositadas diariamente pelo animal. No entanto, o *turnover* da proteína do músculo esquelético pode ser afetado pelo estado nutricional (Nieto et al., 1994) e idade da ave (Tesseraud et al., 1996).

No período final (42 dias), o tratamento da cama com sulfato de alumínio não influenciou o desempenho das aves. O sulfato de alumínio não influencia diretamente os parâmetros de desempenho como, ganho de peso e consumo de ração das aves, mas está relacionado à melhoria das condições de criação devido redução das emissões de amônia nos galpões (Do et al., 2005). Esse fato faz com que haja menor incidência de doenças respiratórias e controla proliferação de microrganismos patogênicos favorecendo o crescimento e desenvolvimento esperado para aves de corte. As estratégias nutricionais (fitase e redução da PB) também não influenciaram significativamente o desempenho dos frangos de corte aos 42 dias, talvez devido ao fato de que as exigências nutricionais nesse período de criação tenham sido supridas adequadamente pelas dietas ofertadas aos animais. Fernandes et al. (2003), utilizando níveis nutricionais reduzidos em dietas à base de milho moído e sorgo para frangos de corte na faixa etária de 1 a 49 dias verificaram que a suplementação de fitase não influenciou o desempenho das aves, sendo semelhante ao tratamento controle. Em outro estudo, avaliando a redução de níveis nutricionais, Shelton et al. (2004) observaram que a redução dos níveis dietéticos combinados a suplementação de fitase (600 FTU /kg de ração) não influenciou o desempenho de frangos de corte dias 42 dias de idade. Além disso, os autores observaram que houve redução de 10% na quantidade total de fósforo quando as aves consumiram dietas com níveis de fósforo reduzidos, com a adição de fitase.

Tabela 17– Efeito do tratamento da cama e de estratégias nutricionais sobre o desempenho de frangos de corte em suas respectivas fases de criação

Efeito		Desempenho								
		1 a 21 dias			22 a 35 dias			36 a 42 dias		
		GPM ²	CRM	CA	GPM	CRM	CA	GPM	CRM	CA
Al ₂ (SO ₄) ₃	0	819,49	1.176	1,437	1.401	2.453	1,751	826,55	1.583	1,923
(g/m ²)	1.568	808,31	1.175	1,462	1.395	2.431	1,749	821,25	1.586	1,936
Fitase	0	815,84	1.192	1,469	1.392	2.430	1,747	807,94	1.555	1,931
(FTU/kg)	1000	811,95	1.159	1,430	1.404	2.455	1,753	839,85	1.614	1,928
¹ PB	N	827,89 ^a	1.178	1,426 ^a	1.409	2.475 ^b	1,757	829,76	1.572	1,905
	R	799,90 ^b	1.172	1,472 ^b	1.387	2.409 ^a	1,743	818,03	1.597	1,954
EPM		6,989	8,813	0,022	11,182	16,669	0,009	13,411	27,206	0,034
<i>Probabilidade</i>										
Al ₂ (SO ₄) ₃		0,2629	0,9475	0,2667	0,7013	0,3597	0,8680	0,7810	0,9262	0,7834
F		0,6961	0,0109	0,0795	0,4646	0,2903	0,5541	0,0990	0,1262	0,9412
RP		0,0067	0,6334	0,0410	0,1788	0,0071	0,1429	0,5392	0,5148	0,3184
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F		0,2651	0,4104	0,1235	0,1888	0,3235	0,5070	0,5574	0,4867	0,9319
Al ₂ (SO ₄) ₃ *RP		0,0747	0,7994	0,0491	0,1183	0,5607	0,1318	0,1081	0,4512	0,4453
F*RP		0,8583	0,1104	0,2695	0,3191	0,3278	0,0009	0,0614	0,6051	0,2922
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F*RP		0,4285	0,1316	0,0554	0,8736	0,8085	0,6544	0,2694	0,8175	0,4599

¹ PB: nível de Proteína Bruta: Normal (N); Reduzido em um ponto percentual (R).

² GPM: ganho de peso médio (g); CRM: consumo de ração médio (g); CA: conversão alimentar.

Figura 12 - Efeito do uso de sulfato de alumínio na cama e da redução da proteína bruta (PB) da dieta sobre a conversão alimentar de frangos de corte aos 21 dias de idade

^{a-b} Colunas com letras diferentes na mesma categoria diferem entre si ($P < 0,05$).

Figura 13 - Efeito do uso de sulfato de alumínio na cama e da redução da proteína bruta (PB) da dieta sobre a conversão alimentar de frangos de corte aos 35 dias de idade

^{a-b} Colunas com letras diferentes na mesma categoria diferem entre si ($P < 0,05$).

A Tabela 18 apresenta os resultados do efeito do sulfato de alumínio e das dietas sobre o desempenho das aves durante o período total de criação. Em geral, o nível de PB da dieta não afetou o consumo de ração (5.211 e 5.162 gramas para nível padrão e baixa PB, respectivamente) o que pode ser explicado pelo bom balanço de aminoácidos, preconizado em dietas com baixo nível proteico, formuladas pelo o conceito de proteína ideal (Gonzales, 2002). O sulfato de alumínio e o nível de PB da dieta interagiram significativamente ($P = 0.0021$) sobre a viabilidade do lote. O desdobramento desta interação esta representado na figura 14. Além disso, dietas com baixo nível proteico diminuíram o ganho de peso médio e o índice de eficiência produtiva (IEP). Enquanto Faria Filho et al. (2006) observaram que a redução da proteína bruta da dieta não afetou o desempenho de frangos de corte e reduziu a excreção de nitrogênio, Termim et al.(2000) e Sabino et al. (2004) observaram queda no desempenho e baixo rendimento de carcaça.

Tabela 18 - Efeito do uso do sulfato de alumínio no tratamento da cama e de estratégias nutricionais sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade

		Desempenho				
		1 a 42 dias				
Efeito		GPM ²	CRM	CA	VIAB	IEP
Al ₂ (SO ₄) ₃	0	3.047	5.197	1,710	98,80	419,33
(g/m ²)	1.568	3.017	5.176	1,720	98,24	410,98
Fitase	0	3.016	5.154	1,717	98,01	410,01
(FTU/kg)	1000	3.048	5.219	1,712	99,03	420,31
¹ PB	N	3.066 ^a	5.211	1,704	98,81	423,71 ^a
	R	2.998 ^b	5.162	1,726	98,24	406,62 ^b
EPM ³		22,482	37,755	0,009	0,907	5,047
<i>Probabilidade</i>						
Al ₂ (SO ₄) ₃		0,3478	0,6900	0,4732	0,5352	0,2478
F		0,3172	0,2334	0,7043	0,2665	0,1557
RP		0,0354	0,3599	0,1057	0,5352	0,0206
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F		0,2646	0,6729	0,3604	0,1404	0,8038
Al ₂ (SO ₄) ₃ *RP		0,3399	0,7949	0,7568	0,0021	0,3187
F*RP		0,3544	0,1352	0,4798	0,1404	0,2644
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F*RP		0,5675	0,6900	0,6844	0,2665	0,6787

^{a-b} Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$)

¹ PB: nível de Proteína Bruta: Normal (N); Reduzido em um ponto percentual (R).

² GPM: ganho de peso médio (g); CRM: consumo de ração médio (g); CA: conversão alimentar, VIAB: viabilidade do lote; IEP: índice de eficiência produtiva.

³ EPM: erro padrão da média.

Figura 14 - Efeito do uso de sulfato de alumínio na cama e da redução da proteína bruta (PB) da dieta sobre a viabilidade de frangos de corte criados de 1 a 42 dias de idade

^{a-b} Colunas com letras diferentes na mesma categoria diferem entre si ($P < 0,05$).

O tratamento de cama e as dietas não interagiram significativamente quanto ao RC (Tabela 19), rendimento de peito e de coxa-sobrecoxa. O uso do sulfato de alumínio para tratar a cama aviária não influenciou o RC e dos cortes coxa-sobrecoxa e peito. O mesmo foi observado para a inclusão de fitase. A inclusão de enzimas exógenas na alimentação de monogástrico tem por objetivo atuar em quatro áreas específicas: 1) minimizar o efeito dos fatores antinutricionais; 2) melhorar a digestibilidade dos nutrientes dos vegetais utilizados na dieta, 3) digestibilidade dos polissacarídeos na amiláceos e 4) produção de enzimas endógenas (LELIS, et al. 2009). A inclusão dietética da fitase endógena para frangos de corte tem demonstrado resultados positivos com relação ao desempenho zootécnico (LAN, et al. 2002 e VIVEIROS et al. 2002) e no metabolismo do fósforo, melhorando o desenvolvimento ósseo das aves (DAHLKE, 2010). O uso da fitase especificamente tem sido atribuído à melhora no desempenho das aves. Ainda, com relação aos rendimentos não houve influência significativa do nível proteico das dietas experimentais sobre RC e dos cortes peito e coxa-sobrecoxa. Isto pode ter ocorrido devido ao fato de que a deposição proteica diminui com o avanço da idade da ave. O crescimento dos animais apresenta características alométricas, ou seja, cada tecido possui velocidade diferente de crescimento. O primeiro tecido a ser depositado e que cessa o seu crescimento antes é o tecido nervoso, na sequência vêm o tecido ósseo, o muscular e por último o tecido adiposo. A diferença de deposição dos tecidos é um fator determinante no RC. Marcato et al. (2009) observaram que em

linhagens de alta taxa de crescimento, como a Cobb avaliada no presente estudo, a taxa de crescimento do músculo apresenta o ponto de inflexão da curva de crescimento aos 35 dias de idade. Nos animais em crescimento, por exemplo, a deposição nos músculos esqueléticos contribui com 65% de toda proteína depositada diariamente. Faria Filho (2006) observou que não houve influência do nível proteico da dieta sobre o rendimento de carcaça. Porém, houve aumento da gordura abdominal em frangos que receberam baixa proteína bruta nas dietas. Assim como Tabeidian et al. (2005) também não encontraram influência dos níveis de proteína bruta da ração sobre os pesos das carcaças de frango de corte aos 49 dias de idade. Com relação à ocorrência de calo de peito e de pododermatite, não foi observada a ocorrência de nenhum caso desses tipos de injúrias nas carcaças das aves avaliadas, por esse motivo os dados não foram apresentados em tabela de resultados. Portanto, o sulfato de alumínio, a inclusão de fitase e a redução de um ponto percentual no nível de proteína bruta da dieta não influenciaram o rendimento de carcaça e cortes da carne de frangos abatidos aos 42 dias de idade.

Tabela 19 - Efeito do uso do sulfato de alumínio no tratamento da cama e de estratégias nutricionais sobre peso de abate, rendimento de carcaça e cortes de frangos abatidos aos 42 dias de idade

Efeito		Características de carcaça		
		² RC	RP	RCSC
Al ₂ (SO ₄) ₃	0	79,72	29,04	28,03
(g/m ²)	1.568	79,57	28,88	27,99
Fitase	0	79,61	29,01	27,97
(FTU/kg)	1000	79,68	28,91	28,04
¹ PB	N	79,81	29,14	27,97
	R	79,48	28,79	28,04
EPM ³		0,2070	0,2778	0,1549
<i>Probabilidade</i>				
Al ₂ (SO ₄) ₃		0,6287	0,6823	0,8610
F		0,8055	0,8023	0,7312
RP		0,2608	0,3799	0,7410
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F		0,0733	0,2406	0,4688
Al ₂ (SO ₄) ₃ *RP		0,7443	0,5472	0,2874
F*RP		0,5345	0,4857	0,7361
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F*RP		0,8967	0,1863	0,3867

¹PB: nível de Proteína Bruta: Normal (N); Reduzido em um ponto percentual (R).

² RC: rendimento de carcaça (%); RP: rendimento de peito (%); RCSC: rendimento de coxa-sobrecoxa (%).

³ EPM: erro padrão da média.

Os resultados da análise microbiológica das carcaças de frango mostraram que não houve diferença significativa entre os tratamentos segundo os contrastes avaliados ($P > 0,05$) sobre a CBT e sobre a contagem de enterobactérias (tabela 20). Ao contrário do esperado, o uso do sulfato de alumínio para tratar a cama não influenciou a contaminação da superfície da pele das aves e esse fato também se aplica a contaminação da carcaça resfriada pós abate.

O uso dos acidificantes no tratamento da cama tem como objetivo reduzir o pH a valores que gerem um ambiente desfavorável ao crescimento bacteriano. Apesar de ter sido observado efeito dos fatores (sulfato de alumínio e dietas) sobre valores de pH e amônia (Tabela 3) o que poderia influenciar a contaminação bacteriana da cama, não foi observado efeito sobre a contaminação das carcaças das aves. Acredita-se que pode ter ocorrido uniformidade na carga microbiana das camas, pelas condições do material (cama de segundo lote, teor de umidade e contaminação) no início do experimento foram iguais entre os tratamentos, o que pode ter influenciado o resultado. A ave é transportada até o abatedouro com uma contaminação microbiana própria, que pode ser modificada ou aumentada durante as diferentes etapas do processamento e obtenção da carne. A cama aviária pode albergar microrganismos causadores de patologias humanas, como a *Salmonella*, *Campylobacter jejuni* e *Listeria monocytogenes* que podem contaminar o produto fresco ou o ambiente e são frequentemente associados a surtos alimentares (CHINIVAGASAM et al. 2010 e WILKINSON et al. 2011). A transferência destes patógenos na cadeia alimentícia pode acontecer quando no abatedouro as carcaças dos frangos são contaminadas, acidentalmente, com conteúdo do papo ou do intestino (Haapapuro et al., 1997). Todavia, os resultados do aspecto microbiológico das carcaças estão dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução RDC nº 12 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2001), que regulamenta os padrões microbiológicos para alimentos. O documento cita que o limite máximo aceitável na contagem de microrganismos para carcaças de aves é de 10^4 . Portanto, de acordo com os resultados obtidos neste estudo, pode-se considerar o produto de acordo com padrões legais vigentes (RDC nº 12, 2001). Desta forma, o sulfato de alumínio, a inclusão de fitase e a redução de um ponto percentual no nível de proteína bruta da dieta não comprometeram o padrão microbiológico das carcaças.

Tabela 20 – Contagem bacteriana total (CBT) e Enterobactérias em carcaças de frango criados em cama tratada com sulfato de alumínio e alimentados com dietas contendo fitase e redução do teor de proteína bruta

Microbiologia	Tratamento					EPM	<i>Contrastes Ortogonais</i> ³			
	² CTL	T2	T3	T4	T5		C1	C2	C3	C4
¹ CBT (Log UFC/mL)	3.9748	3.8241	3.5415	3.9522	3.7660	0,1532	0,2522	0,5632	0,9181	0,3502
Enterobactérias (Log UFC/mL)	2.0454	2.5444	2.6025	2.089	2.1639	0,2915	0,3648	0,2868	0,9171	0,7776

¹CBT: Contagem Bacteriana Total; ²CTL: tratamento controle; T2 - fitase + redução proteica + cama tratada; T3 – fitase + sem redução proteica + cama tratada; T4 – sem fitase + redução proteica + cama tratada; T5 - sem fitase+ sem redução proteica + cama tratada;

EPM: Erro Padrão da Média

³C1: Controle vs. demais tratamentos; C2:T2 vs T5; C3: T3 vs T4; C4: CTL vs T5;

4 Conclusões

Baseado nos resultados do primeiro experimento, conclui-se que a utilização das doses de sulfato de alumínio não influenciou o desempenho das aves, que foi afetado negativamente pelo aumento da taxa de lotação. A aplicação de 193,22g/m² de sulfato de alumínio na cama aviária melhora o rendimento de carcaça, quando a taxa de lotação é de 9 aves por m², porém o aumento da dose do produto resulta em queda no rendimento de carcaça.

Em relação ao segundo estudo, a quantidade de 1.568 gramas de sulfato de alumínio por m², a inclusão de fitase (1000 FTU/kg de ração) e a redução de um ponto percentual no nível de proteína bruta da dieta não melhora o desempenho de frangos de corte criados de 1 a 42 dias de idade. Além disso, o sulfato de alumínio, a fitase e o nível de PB da dieta não influenciam o rendimento de carcaça e cortes da carne de frangos de corte. Ademais, conclui-se que o sulfato de alumínio, a inclusão de fitase e a redução de um ponto percentual no nível de proteína bruta da dieta não comprometem o padrão microbiológico das carcaças.

REFERÊNCIAS

ABPA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatório Anual. 2016. Disponível em <<http://apba.com.br>>. Acesso em 20 de fev. de 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução: RDC Nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova: o Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 de jan. 2001.

CHINIVASAGAM, H. N.; REDDING, M.; RUNGE, G.; BLACKALL, P.J. Presence and incidence of foodborne pathogens in Australian chicken litter. **British Poultry Science**, London, v. 51, p. 311–318, 2010.

CHOI, I. H.; MOORE JR, P.A. Effects of Liquid Aluminum Chloride Additions to Poultry Litter on Broiler Performance, Ammonia Emissions, Soluble Phosphorus, Total Volatile Fatty Acids, and Nitrogen Contents of Litter. **Poultry Science**, Champaign, v. 87, p. 1955–1963, 2008.

DO, J. C.; CHOI, I. H. and NAHM, K. H. Effects of Chemically Amended Litter on Broiler Performances, Atmospheric Ammonia Concentration, and Phosphorus Solubility in Litter. **Poultry Science**, Champaign, v.84, p.679–686, 2005.

DOZIER, W.A.; KERR, B.J.; CORZO, A.; KIDD, M. T.; WEBER, T. E. and BREGENGAHL K. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v.87, n.2, p.317-322, 2008.

ESTEVEZ, I. Density allowances for broilers: Where to set the limits? **Poultry Science**, London, v. 86, p. 1265–1272, 2007.

FERGUSON, N. S.; GATES, R. S.; TARABA, J. L.; CANTOR, A. H.; PESCATORE, A. J.; FORD, M.J.; BURNHAM, D. J. The effect of dietary protein on growth, ammonia concentration, and litter composition in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, p. 1481-1486, 1998.

FARIA FILHO, D. E.; ROSA, P. S.; FGUEIREDO, D. F.; DAHLKE, F.; MACARI, M. e FURLAN, R. L. Dietas de baixa proteína no desempenho de frangos criados em diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p.101-106, 2006.

FERGUSON, N. S., R. S. GATES, J. L. TARABA, A. H. CANTOR, A. J. PESCATORE, M. L. STRAW, M. J. FORD, and D. J. BURNHAM. The effect of dietary protein and phosphorus on ammonia concentration and litter composition in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, p.1085–1093, 1998.

FERNANDES, E. A., M. H. I. BRANDEBURGO, and M. M. SILVEIRA. Avaliação da adição de enzima fitase em dietas de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, Suplemento 5, p.33, 2003.

GREENE, J. A.; McCracken, R. M.; EVANS, R. T. Contact dermatitis of broilers – clinical and pathological findings. **Avian Pathology**, v.14, p.23-38, 1985.

HAN, Y.; SUZUKI, H.; PARSONS, C. M. and BAKER, D. H. Amino acid fortification of a low-protein corn and soybean meal diet for chicks. **Poultry Science**, Champaign, 71:1168–1178, 1992.

HARMS, R. H.; DAMRON, B. L.; SIMPSON, C. F. Effect of wet litter and supplemental biotin and/or whey on the production of foot pad dermatitis in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v.56, p.291-296, 1977.

LAN, G. Q.; ABDULLAH, N.; JALALUDIN, S. Efficacy of supplementation of a phytase producing bacterial culture on the performance and nutrient use of broiler chickens feed corn-soy bean meal diets. **Poultry Science**, Champaign, v.81, n. 10, p.1522-1532, 2002.

LELIS, G. R.; ALBINO, L. F. T.; TAVERNARI, F. C.; ROSTAGNO, H. S. Suplementação dietética de fitase em dietas para frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 06, nº 2, p. 875-889, 2009.

LUCCA, Walter et al. Efeito de diferentes tratamentos químicos em cama para aves de corte. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 4, n. 1, p. 25-31, abr. 2012.

MARCATO, S. M.; SAKOMURA, N. K.; FERNANDEZ, J. B. K.; NASCIMENTO, D. C. N.; FURLAN, L. R.; PIVA, G. H. Crescimento e deposição de nutrientes nas penas, músculo, ossos e pele de frangos de corte de duas linhagens comerciais. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, vol.33, n.4, 2009.

McILROY, S. G.; GOODALL, E. A.; McMURRAY, C. H. A contact dermatitis of broilers – epidemiological findings. **Avian Pathology**, v.16, p.93-105, 1987.

MOORE, P.A.; DANIEL, T.C.; EDWARDS, D.R. Reducing phosphorus runoff and improving poultry production with alum. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, p. 692-698, 1999.

MOORE, P. A., Jr., WATKINS, S.; CARMEN, D. C. and DeLaune, P.B. **Treating poultry litter with alum**. University of Arkansas Cooperative Extension Fact Sheet (FSA8003-PD-1 04N), 2004.

NIETO, R., R. M. PALMER, I. FERNÁNDEZ - FÍGARES, L. PÉREZ, and C. PIETRO. Effect of dietary protein quality, feed restriction and short-term fasting on protein synthesis and turnover in tissues of the growing chicken. **British Journal of Nutrition**, v.72, p.499-507, 1994.

PARR, J. F., and J. D. SUMMERS. The effects of minimizing amino acid excesses in broiler diets. **Poultry Science**. Champaign, v. 70, p. 1540–1549, 1991.

PURON, D., SANTAMARIA, R.; SEGAURA, J. C. and ALAMILLA, J. L. Broiler performance at different stocking densities. *Journal Applied of Poultry Res.* 4:55–60, 1995

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 2 ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa , 2005, 186p.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: UFV, DZO, 2011. 252 p.

TABEIDIAN, A.; SADEGHI, G. H.; POURREZA, J. Effect of dietary protein levels and soybean oil supplementation on broiler performance. **International Journal of Poultry Science**, v. 4, p. 799-803, 2005.

TESSERAUD S, MAA N, PERESSON R, CHAGNEAU A. M. Relative responses of protein turnover in three different skeletal muscles to dietary lysine deficiency in chicks. **British Poultry Science**, v. 37, p. 641-650, 1996.

USDA - United States Department of Agriculture. Disponível em: <<http://www.usda.gov>> Acesso em: 30 de abril de 2016.

VIVEIROS, A.; BRENES, A.; ARIJA, I. et al. Effects of microbial phytase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broiler chicks fed different levels of phosphorus. **Poultry Science**, Champaign, v.81, p.1172-1183, 2002.

ZUOWEI, S.; YAN, L.; JIAO, H.; SONG, Z.; GUO, Y. and LIN, H. Stocking density affects the growth performance of broilers in a sex-dependent fashion. **Poultry Science**, Champaign, v. 90, p. 1406–1415, 2011.

WILKINSON, K. G.; TEE, E.; TOMKINS, R. B.; HEPWORTH, G.; PREMIER, R. Effect of heating and aging of poultry litter on the persistence of enteric bacteria. **Poultry Science**, v. 90, p.10–18, 2011.

WQAPP (Welfare Quality® assessment protocol for poultry - broilers, laying hens). **Welfare Quality® Consortium**, Lelystad, The Netherlands. 119p, 2009.

CAPÍTULO 4 – EFEITOS DO SULFATO DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO DA CAMA, DENSIDADE DE ALOJAMENTO E ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS SOBRE QUALIDADE DA CARNE DE FRANGOS DE CORTE.

RESUMO - Objetivou-se avaliar os efeitos do uso de sulfato de alumínio no tratamento de cama aviária, da densidade de alojamento e de estratégias nutricionais sobre características qualitativas da carne de frangos de corte. Foram conduzidos dois estudos. No Experimento I (EI) objetivou-se avaliar os efeitos das doses de sulfato de alumínio $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}]$ - (0, 200, 400 e 600 g/m^2) no tratamento da cama aviária e da taxa de lotação (8 e 9 aves/ m^2) sobre características qualitativas da carne de frangos de corte. No Experimento II (EII) os objetivos foram avaliar os efeitos da inclusão dietética de níveis fitase (0 ou 1.000 FTU/kg de ração) e da redução do nível de proteína bruta (um ponto percentual) nas dietas de frangos criados em cama tratada ou não com sulfato de alumínio (1.568 g/m^2) sobre características qualitativas da carne de frangos de corte. Para EI foram utilizados 532 pintos de um dia, com peso médio inicial de 46 $\text{g} \pm 2,3$. Foram utilizadas dietas isonutritivas incluindo dieta inicial (0 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 42 dias). Para EII foram utilizados 504 pintos de um dia, machos, com peso médio inicial de 45 $\text{g} \pm 2,6$. Foram utilizadas as dietas: inicial (0 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e finalizador (36 a 42 dias). No final do período experimental (42 dias), duas aves por repetição foram escolhidas aleatoriamente e abatidas. Nos dois experimentos foi analisado o pH (24 h *post mortem*), cor ($L^* a^* b^*$), perdas totais por cozimento, maciez objetiva (força de cisalhamento) e análise sensorial. (EI) nenhuma interação foi detectada ($P > 0,05$) para quaisquer características avaliadas. Os tratamentos com doses de sulfato de alumínio e lotação mais altos apresentaram menor perda total por cozimento (28,80%). Não foi observada interação entre sulfato de alumínio e taxa de lotação sobre os valores maciez objetiva da carne. Houve uma resposta curvilínea (cúbica) das doses de sulfato de alumínio para cor da carne em valores a^* ($P = 0,0214$). O aumento das doses de sulfato de alumínio (de 0 para 200 g/m^2) diminuiu os valores de a^* . No entanto, esses valores de a^* aumentaram quando as doses de sulfato de alumínio eram 400 e 600 g/m^2 . O sulfato de alumínio não influenciou a aceitabilidade dos consumidores. As doses de sulfato de alumínio e as taxas de lotação avaliadas não afetaram a qualidade da carne de frango. (EII) observou-

se a diminuição da luminosidade (L^*), ou seja, a carne se tornou mais escura com a inclusão da enzima na dieta das aves ($P = 0,0053$). O mesmo ocorreu para valores de a^* , havendo aumento na intensidade de vermelho na carne de aves que consumiram dietas com inclusão da fitase ($P = 0,0041$). A inclusão de fitase (1.000 FTU/ kg de ração) influencia a cor da carne de frango e a melhora a maciez da carne, segundo a percepção de consumidores não treinados.

Palavras-chaves: Cor. Força de cisalhamento. pH. Teste Afetivo.

CHAPTER 4 – EFFECTS OF ALUMINUM SULPHATE ON LITTER TREATMENT, STOCKING DENSITY AND NUTRITIONAL STRATEGIES ON CHICKEN MEAT QUALITY

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the effects of poultry litter treated with aluminum sulfate, stocking density and nutritional strategies on chicken meat quality traits. Two studies were conducted. Experiment I (EI) The aim of this study was to evaluate the effects of aluminum sulfate doses [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$] - (0, 200, 400 e 600 g/m^2) to treat poultry litter and bird densities (8 and 9 birds/ m^2) on chicken meat quality traits. Experiment II (EII) the objectives of this study were to evaluate the effects of dietary inclusion of phytase levels (0 or 1,000 FTU/kg) and crude protein (CP) level reduction (1 percentage point) in diets of broilers reared on litter treated or not with aluminum sulfate (1.568 g/m^2) on chicken meat quality traits. (EI) 532 a day-old broiler chicks, males, presenting initial mean weight of $46\text{g} \pm 2.3$, were housed into a completely randomized experimental design, with 4×2 factorial arrangement, totaling eight treatments with seven replicates. Standard industry diets were utilized throughout the study, including starter (0 to 21d), grower (22 to 35d), and finisher (36 to 42d) diets. For the EII 504 a day-old broiler chicks, males, presenting initial mean weight of $45\text{g} \pm 2.6$, were housed into a randomized completely design, with $2 \times 2 \times 2$ factorial arrangement, totaling eight treatments with seven replicates. Experimental diets were utilized throughout the study, including starter (0 to 21d), grower (22 to 35d), and finisher (36 to 42d) diets. At the end of the experimental period (42 days), 2 birds per replicate were randomly chosen and harvested. On the two studies the traits analyzed in chicken meat were pH (24 h *post mortem*), color (L^* a^* b^*), cooking loss, shear force values and sensorial analysis. (EI) No interaction was detected ($P > 0.05$) for any traits evaluated. The treatments with a highest sulfate levels and density presented lowest cooking loss (28.80%). No interaction was observed between aluminum sulfate and density on shear force values of meat. There was a curvilinear response (cubic) of aluminum sulfate doses for meat color on a^* values ($P = 0.0214$). The addition of aluminum sulfate (0 to 200 g/m^2) decreased a^* values. However, these a^* values increased when the doses of aluminum sulfate were 400 and 600 g/m^2 . The affective test showed that aluminum sulfate didn't influence consumers' acceptability. In conclusion, the addition of aluminum sulfate and stocking densities evaluated did not affect chicken

meat quality. (EII) No interaction was detected ($P > 0.05$) for any traits evaluated. It was observed the decrease in luminosity, that is, meat became darker with an inclusion of the enzyme in the diet of the birds ($P = 0.0053$). The same occurred for the a^* values, there was increasing in the intensity of red in the meat of birds that consumed diets with inclusion of the phytase ($P = 0.0041$). It was concluded that the inclusion of phytase (1,000 FTU/kg of feed), influences chicken meat color characteristics, and improved meat tenderness in the perception of untrained panelists.

Keywords: Affective test. Color. pH. Shear force.

1. Introdução

As exigências pela qualidade da carne têm aumentado cada vez mais, não só para o mercado interno como também para o externo. A carne de frango é uma das mais consumidas no mundo. Segundo o USDA, o consumo de carne de frango no mundo em 2015 foi de 85,1 milhões de toneladas. No Brasil em 2014 o consumo foi de 42,7 kg *per capita*. (Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA).

A conscientização da população sobre a relação entre saúde e o consumo de carnes saudáveis vem mudando o cenário de exigências do consumidor. Esta tendência acarretou em mudanças na produção e processamento do produto, o que também pode agregar valor aos produtos avícolas (FANATICO et al., 2007). Além disso, atualmente tem ocorrido mudanças no conceito de qualidade do produto de origem animal. Os consumidores e organizações tem se preocupado com as condições em que os animais são criados, além da preocupação no âmbito da sustentabilidade, o que envolve questões sociais, econômicas e ambientais.

Porém, há carência de estudos avaliaram os efeitos do uso de aditivos para tratar cama aviária, associada à variação na taxa de lotação e ao efeito de estratégias nutricionais sobre a qualidade da carne de frangos. Além disso, pouco se sabe sobre a qualidade da carne de frango obtida com o uso do sulfato de alumínio no tratamento da cama.

Desta forma, objetivou-se avaliar as características da qualidade da carne de frangos (pH, cor, perdas totais por cozimento, maciez objetiva e sensorial) criados em camas, que receberam diferentes doses de sulfato de alumínio perante diferentes taxas de lotação; criados em cama tratada ou não com sulfato de alumínio e alimentados com rações contendo níveis reduzidos de PB e fósforo disponível (Pd) suplementadas com aminoácidos sintéticos e enzima fitase.

Hipótese

Espera-se que, o uso do sulfato de alumínio para tratamento de cama aviária com diferentes densidades de alojamento ou aliado a estratégias nutricionais não influencie negativamente a qualidade da carne, verificando que os atributos relacionados a qualidade da carne de frango encontram-se dentro dos parâmetros inerentes ao produto.

2. Material e Métodos

Para as análises de qualidade de carne foram utilizadas amostras de peito das aves abatidas aos 42 dias de idade. Para coleta de amostras foram abatidas duas aves por unidade experimental (boxe), ou seja, o total de 112 aves, tanto no experimento I como no II. O abate foi realizado no Abatedouro Escola da Prefeitura da Universidade de São Paulo, *campus* Fernando Costa segundo normas de inspeção do Serviço de Inspeção Estadual (SISP 0830). As aves foram submetidas a jejum alimentar de 12 horas e foram eutanasiadas por corte da artéria carótida e veia jugular, após atordoamento por eletronarcose. A seguir, foram escaldadas, depenadas, evisceradas e as carcaças foram pré-resfriadas por 15 minutos. Após o resfriamento as carcaças foram levadas a câmara de resfriamento 2°C, por 24 horas até o procedimento de desossa.

Mensurações de pH e cor

Após uma hora do início do processo de abate, assim como 24 horas após seu término foram realizadas medições de pH no músculo peitoral de cada carcaça. O pH foi determinado com auxílio do peagômetro portátil (*Hanna Instruments Inc.*®, modelo HI 99163) equipado com eletrodo de penetração por meio de inserção direta no músculo peitoral.

Durante o processo de desossa, o corte do peito foi retirado de cada carcaça para realizar as medições de cor da carne. As medições foram realizadas com colorímetro espectrofotométrico portátil (modelo MiniScan® EZ). Este sistema possui escala uniforme, em L mede a luminosidade que varia de zero (preto) a 100 (branco puro), por isso a unidade do aparelho foi calibrada usando uma placa padrão preta e branca (HUNTERLAB, 1991). Os aspectos de cor foram avaliados pelo sistema de cor CIELab, o qual L* é a luminosidade, a* intensidade de vermelho e b* intensidade de amarelo, conforme especificado por CIE, 1986. Considerou-se como resultado final a média das três leituras realizadas em diferentes pontos do músculo peitoral.

Perda de Peso por cozimento (PPC) e Força de Cisalhamento (FC)

As medições de PPC e FC foram realizadas no Laboratório de Ciência da Carne (LCC) no Departamento de Nutrição e Produção Animal, da FMVZ, em Pirassununga.

As amostras de peito de frango foram devidamente identificadas e imediatamente congeladas (-20°C) após desossa até o momento da realização da análise. A PPC foi determinada em amostras de peito inteiro, que foram previamente descongeladas sob refrigeração (4°C) durante 24 horas em refrigerador doméstico. Em seguida, as amostras de carne foram cozidas envoltas em papel laminado, em forno elétrico equipado com resistência superior e inferior, pré-aquecido à temperatura de 150°C. A amostra permaneceu no forno até atingir 80°C no centro geométrico, temperatura essa monitorada por termômetro de termopar com leitor digital. A diferença entre o peso inicial (*in natura*) e final (cozido) correspondeu a perdas de peso (Honikel, 1987). Foram utilizadas para análise da força de cisalhamento ou maciez objetiva amostras usadas para PPC que após pesadas foram embrulhadas em filme plástico e mantidos a temperatura de 4°C *over night*. Após 24 horas do cozimento as amostras que permaneceram em refrigeração, foram confeccionados seis cubos de 1 x 1 x 2 cm de cada amostra (meio peito) conforme técnica descrita por Froning e Uijttenboogaart (1988). A força necessária para cortar transversalmente cada cubo foi medida em texturômetro Brookfield® CT-3 Texture Analyser (Brookfield, USA) equipado com acessório e lâmina Warner-Bratzler, operando em velocidade de 20 cm/s. A média da força de cisalhamento dos seis cubos representou o valor da dureza de cada amostra de carne.

Teste Afetivo de Aceitação

O teste afetivo foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia de Alimentos da FZEA-USP, campus Fernando Costa em Pirassununga. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ) e obteve o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE), protocolado sob nº 65829317.3.0000.5395.

Para determinação dos principais atributos sensoriais da carne de peito de frango, no primeiro experimento, o teste afetivo teve a participação de 120 provadores não treinados. No segundo teste um painel de 126 provadores não treinados provaram a carne de peito de frango na tentativa de identificar as diferenças entre as amostras com aplicação ou não de sulfato de alumínio na cama aviária e, fitase e redução proteica na

dieta. Os atributos de maciez, suculência, sabor e aroma foram avaliados utilizando-se a escala hedônica de nove pontos (MEILGAARD et al., 1999), sendo 9 - gostei muitíssimo e 1 – desgostei muitíssimo e para os atributos sabor estranho e aroma estranho utilizando a escala de 5 pontos, sendo 5 – muito forte e 1 – ausente. As amostras foram codificadas com número de três dígitos e fornecidas uma de cada vez aos provadores de acordo com o balanceamento das amostras (FERREIRA et al., 2000) totalizando quatro amostras por provador. A ordem de apresentação foi balanceada e aleatória com o objetivo de minimizar o efeito da mesma no julgamento dos provadores. As amostras foram oferecidas acompanhadas de biscoito tipo água e sal para remoção de sabor residual e água para lavagem do palato. O preparo das amostras de carne para oferecer aos provadores seguiu a mesma metodologia descrita para análise de perda de peso por cozimento (PPC). A ficha preenchida pelos consumidores para avaliar as amostras de carne de frango está no Anexo I.

Análises Estatísticas

No primeiro experimento, os dados foram analisados como um arranjo fatorial 4×2 em delineamento inteiramente casualizado (DIC), para determinar os efeitos principais e interações. Foi utilizado um modelo misto considerando o efeito fixo das doses de sulfato de alumínio (3 graus de liberdade, GL), das taxas de lotação (1 GL) e suas interações (3 GL), e o erro aleatório utilizando o procedimento MIXED do software SAS Inst. (1990). Os dados foram submetidos à análise de variância e a significância declarada foi $P < 0,05$. O modelo matemático é:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + (A_i * B_j) + e_{ij}$$

Onde, Y_{ij} = valor da variável testada sob o i-ésimo nível do fator A e j-ésimo nível do fator B;

μ = média geral do experimento para a variável;

A_i = efeito do i-ésimo nível do fator A;

B_j = efeito do j-ésimo nível do fator B;

$A_i * B_j$ = efeito da interação A e B;

e_{ij} = erro aleatório.

No segundo experimento, os dados foram analisados como um arranjo fatorial $2 \times 2 \times 2$ em delineamento inteiramente casualizado (DIC), para determinar os efeitos principais e interações. Foi utilizado um modelo misto considerando efeito fixo do tratamento da cama (1 GL), uso da fitase (1 GL), nível de proteína bruta (1 GL) e suas interações (1 GL), e o erro aleatório, utilizando o procedimento MIXED do software SAS Inst. (1990). Os dados foram submetidos à análise de variância e a significância declarada foi $P < 0,05$. O modelo matemático é:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (A_i * B_j) + (A_i * C_k) + (B_j * C_k) + e_{ijk}$$

Onde, Y_{ij} = valor da variável testada sob o i -ésimo nível do fator A, j -ésimo nível do fator B e k -ésimo nível do fator C;

μ = média geral do experimento para a variável;

A_i = efeito do i -ésimo nível do fator A ;

B_j = efeito do j -ésimo nível do fator B;

C_k = efeito do k -ésimo nível do fator C;

$A_i * B_j$ = efeito da interação A e B;

$A_i * C_k$ = efeito da interação A e C;

$B_j * C_k$ = efeito da interação B e C;

e_{ijk} = erro aleatório.

Para análise dos dados do teste afetivo de aceitação foi utilizado Delineamento em Blocos Incompletos, no arranjo fatorial específico de cada experimento I e II, totalizando oito tratamentos, com quatro repetições por bloco. Foi utilizado um modelo misto considerando efeito fixo do tratamento da cama (1 GL), uso da fitase (1 GL), nível de proteína bruta (1 GL) e suas interações (1 GL), efeito aleatório de bloco mais o erro aleatório, utilizando o procedimento MIXED do software SAS Inst. (1990), considerando nível de significância de 5%.

3. Resultados e discussão

3.1 Experimento I

A Tabela 22 resume a análise dos resultados relacionados as características de qualidade da carne analisadas. Não houve interação significativa ($P > 0,05$) sulfato de alumínio $\times$ taxa de lotação para nenhuma das características avaliadas. Os valores de pH encontram-se dentro do esperado para amostras de peito de frango, entre 5,8 a 6,1 (ODA et al., 2003). A menor perda de peso por cozimento (28,80%) resultou do tratamento com a dose mais alta de sulfato de alumínio (600g/m^2) e de na maior densidade de lotação (9 aves/m^2). A força de cisalhamento, não foi influenciada pelas doses de sulfato de alumínio nem pela taxa de lotação. Os resultados de maciez do presente estudo demonstram que as carnes de todos os tratamentos apresentaram-se extremamente macias (média = 1,91 kg). A maciez de cortes desossados de frango é influenciada pelo tempo *post-mortem* de desossa. Segundo Huallanco (2004), quando a carne é desossada com zero a 2 horas *post-mortem*, de 50 a 80% da carne se torna rígida. No entanto, se ocorrer espera de pelo menos 6 horas antes da desossa, cerca de 70 a 80% da carne será macia, pois o músculo, quando desossado imediatamente após o abate, ainda possui capacidade de contração por possuir energia armazenada. As aves do presente experimento foram desossadas 24 horas após abate, fato que poderia explicar valores de maciez baixos em relação a outros encontrados na literatura. Carvalho et al. (2013) e Garcia, et al. (2010) avaliaram a maciez de filés de peito de frango na indústria frigorífica o que poderia explicar valores de maciez encontrados entre 2,5 e 5 kg, pois a desossa de cortes ocorrem antes do estabelecimento do *rigor mortis*.

Dados sobre análise da cor da carne de frangos criados em cama tratada com sulfato de alumínio não foram encontrados na literatura. A cor é um atributo que faz referência a aparência e característica tecnológica da carne (WARRIS, 2000). Os componentes L^* e b^* não foram influenciados pelas doses de sulfato e nem pela taxa de lotação. Houve efeito significativo ($P = 0,0214$) apenas da dose de sulfato de alumínio para a intensidade de vermelho (a^*) da coloração da carne. O aumento na dose de sulfato apresentou um efeito de desvio da quadrática ($Y = 5,51 - 0,0093 \times \text{sulfato} + 0,000046 \times \text{sulfato}^2 - 5 \times 10^{-8} \times \text{sulfato}^3$). A inclusão inicial de sulfato de alumínio de 200 gramas diminuiu os valores de a^* , o aumento da dose para 400 gramas, fez com que a carne escurecesse, mas posteriormente com a continuidade da elevação da dose (600 gramas) a coloração da carne foi mais clara. Esses resultados sugerem que o uso do

sulfato de alumínio no tratamento da cama poderia aumentar a intensidade de vermelho da carne de peito dos frangos de corte. A variação dos valores do a^* em carne de peito de frango encontra-se entre 1,30 a 4,00 (SANTOS et al., 2005 e JANISH et al., 2011). Neste estudo a média da intensidade de vermelho foi de 5,64 e chegou a resultar 6,06 nos tratamentos com sulfato de alumínio, ou seja, valores acima dos encontrados em literatura, o que pode ser explicado pelo fato de que houve certa prevalência de salpicamento/petéquias na musculatura do peito. O salpicamento é resultado da corrente elétrica utilizada para induzir o atordoamento das aves antes da sangria e pode provocar o rompimento de capilares sanguíneos da musculatura resultando no aparecimento desses pontos de hemorragia (LUDTKE et al., 2015). Neste estudo, os resultados L^* estão acima dos resultados observados por estudos que avaliaram essa variável. Resultados de luminosidade foram encontrados por Moreira et al. (2004) na faixa de 45 a 55. Os valores de luminosidade utilizados como parâmetro segundo Soares et al. (2002) são: $44 \leq L^* \leq 53$ e de $pH = 5,8$ a $6,1$. Avaliações físico-químicas são responsáveis em indicar a ocorrência de carnes PSE (pale, soft and exsudative) ou DFD (dark, firm and dry), fenômenos causados por inadequações nas etapas do manejo pré-abate (apanha, transporte, tempo de espera, etc.). As características da carne PSE é a somatória de alterações da coloração, capacidade de retenção de água e velocidade de queda do pH *post mortem*. No presente estudo, apesar dos valores de L^* terem sido altos, o que poderia caracterizar a carne como PSE, os valores de pH se mostraram adequados, dentro do intervalo considerado normal. Portanto as carnes não podem ser consideradas PSE. Outro atributo importante a PPC também demonstrou resultados dentro do padrão esperado para carne de frango.

Tabela 21 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação sobre as características de qualidade de carne de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade

												Probabilidade		
		Tratamento ¹												
Al ₂ (SO ₄) ₃	0		200		400		600							
Lotação	8	9	8	9	8	9	8	9	M	³ EPM	Al ₂ (SO ₄) ₃	Lotação	Sulfato*Lotação	
² pH	5,75	5,78	5,77	5,78	5,72	5,78	5,80	5,82	5,78	0,011	0,3651	0,1918	0,8956	
PPC, %	32,26	30,62	30,77	30,03	30,21	28,39	31,17	28,80	30,19	0,586	0,6729	0,1867	0,9719	
FC, N	18,05	20,10	18,83	19,91	20,10	18,24	17,35	16,86	18,73	0,043	0,2224	0,9065	0,5070	
L*	65,61	66,82	66,01	66,62	65,43	65,13	66,05	65,66	65,94	0,192	0,2467	0,4642	0,3967	
a*	5,68	5,32	5,38	4,91	6,04	6,06	5,77	6,06	5,64	0,112	0,0214 ^D	0,5417	0,5474	
b*	14,76	15,04	15,86	14,79	15,04	15,01	15,71	15,15	15,16	0,172	0,6875	0,3379	0,5488	

¹Tratamento: 0, 200, 400 e 600g de sulfato de alumínio/m² e Taxa de lotação: 8 e 9 aves/m²;

²pH: potencial de hidrogênio; PPC: perdas totais por cocção; L* = luminosidade; a* = intensidade de vermelho; b* = intensidade de amarelo; M: média;

³EPM: Erro Padrão da Média; 'Sulfato*Lotação': interação entre os fatores avaliados.

A Tabela 22 resume a análise dos resultados relacionados ao teste afetivo de aceitação. Os consumidores não detectaram diferenças ($P > 0,05$) para os atributos sensoriais: maciez, sabor, suculência, aroma, sabor estranho e aroma estranho. Especulou-se que poderiam ocorrer modificações nos atributos sensoriais da carne devido ao uso do sulfato de alumínio para tratar a cama aviária e se essa modificação poderia ser perceptível ao consumidor. No entanto, não houve efeito significativo das doses de sulfato de alumínio nem da taxa de lotação ($P > 0,05$) sobre a maciez, aroma, suculência e sabor. Para percepção de sabor estranho ou aroma estranho, a média da pontuação dada pelos provadores foi 4,47 e 4,51, respectivamente, o que demonstra que tais características não foram detectadas/perceptíveis nas amostras de carne. A pontuação para os atributos maciez, aroma, suculência e sabor variou de 6,5 a 7 o que caracteriza que os provadores gostaram do produto, em uma escala que varia de 1 a 9, sendo 1 desgostei muitíssimo e 9 gostei muitíssimo. A maciez da carne bem como a suculência, o sabor e odor são atributos de qualidade que definem a palatabilidade. Assim como o sulfato de alumínio não influenciou significativamente a maciez objetiva, consequentemente o mesmo foi observado para suculência, sabor e aroma.

Tabela 22 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação sobre atributos sensoriais da carne de peito de frango

Al ₂ (SO ₄) ₃ Lotação	Tratamento ¹								M	² EPM	Probabilidade		
	0		200		400		600				Al ₂ (SO ₄) ₃	Lotação	Sulfato*Lotação
	8	9	8	9	8	9	8	9					
Maciez	7,75	7,66	7,12	7,64	7,51	7,78	7,53	6,85	7,51	0,091	0,0509	0,5955	0,1308
Suculência	7,18	6,66	6,84	6,87	7,00	7,12	6,96	6,37	6,89	0,112	0,5724	0,6872	0,6710
Sabor	7,27	6,69	6,96	6,83	6,97	6,96	6,85	6,39	6,88	0,104	0,4987	0,5012	0,3641
Aroma	7,16	6,69	7,00	6,81	6,91	6,94	6,85	6,41	6,86	0,097	0,6355	0,3875	0,3661
Sabor estranho	4,62	4,44	4,59	4,43	4,45	4,61	4,37	4,21	4,47	0,050	0,3960	0,1716	0,6220
Aroma estranho	4,75	4,52	4,68	4,45	4,51	4,51	4,37	4,21	4,51	0,047	0,1631	0,5372	0,4848

¹ Tratamento: 0, 200, 400 e 600g de sulfato de alumínio/m² e Taxa de lotação: 8 e 9 aves/m²; M: média;

²EPM: Erro Padrão da Média; 'Sulfato*Lotação': interação entre os fatores avaliados.

3.2 Experimento II

A análise estatística dos resultados relacionados aos atributos de qualidade da carne é mostrada na Tabela 23. Observou-se efeito do nível de PB da dieta ($P = 0,0277$) sobre a PPC%, de modo que a redução proteica diminuiu as perdas totais por cozimento da carne de frango. A atividade de água dos alimentos é um parâmetro qualitativo que analisa a quantidade de água livre, importante para reações de deterioração relacionadas com transformações físicas, químicas e microbiológicas (Souza, 2006). Esses resultados indicam que o nível de proteína bruta da dieta pode afetar o rendimento do corte após o cozimento. Com relação à cor, a inclusão de fitase influenciou os parâmetros L^* e a^* . Observou-se a diminuição na luminosidade, ou seja, as carnes ficaram mais escuras com a inclusão da enzima na dieta das aves ($P = 0,0053$). Do mesmo modo houve efeito significativo sobre os valores de a^* , ocorrendo aumento na intensidade de vermelho na carne de aves que consumiram dietas com inclusão da fitase ($P = 0,0041$). De acordo com Mendes; Komiyama (2011) as variações na luminosidade da carne crua do peito podem estar associadas à quantidade de mioglobina, morfologia e pH do músculo, pois, a rápida taxa de glicólise pós-morte, associada a alta temperatura, provoca a desnaturação da mioglobina, refletindo em menor intensidade de cor (BABJI et al., 1982). Os valores de pH obtidos neste estudo encontram-se dentro do esperado para amostras de peito de frango, entre 5,8 a 6,1 (ODA et al. 2003). Ademais, o pH e a força de cisalhamento não foram influenciados significativamente pelo uso do sulfato de alumínio, da fitase e nem pela redução do nível proteico da dieta. Esses resultados vão de encontro ao esperado, pois a previsão seria que o uso do sulfato de alumínio e as dietas não interferissem nos atributos de qualidade da carne.

Tabela 23 - Efeito do uso do sulfato de alumínio no tratamento da cama e de estratégias nutricionais sobre características de qualidade de carne de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade

Efeitos		Característica					
		pH	² PPC,%	FC, N	L*	a*	b*
Al ₂ (SO ₄) ₃	0	5,69	25,24	21,18	65,02	5,78	13,87
(g/m ²)	1.568	5,73	26,38	20,98	64,78	5,71	14,28
Fitase	0	5,74	25,10	20,69	65,63 ^a	5,42 ^b	13,99
(FTU/kg)	1000	5,67	26,63	21,57	64,17 ^b	6,06 ^a	14,15
¹ PB	N	5,72	26,86 ^b	21,37	65,07	5,83	14,10
	R	5,70	24,87 ^a	20,88	64,72	5,65	14,05
EPM ³		0,03844	0,9354	0,0966	0,4997	0,2111	0,3624
<i>Probabilidade</i>							
Al ₂ (SO ₄) ₃		0,2825	0,2597	0,7910	0,6393	0,7138	0,2646
F		0,0604	0,1485	0,3280	0,0053	0,0041	0,6608
RP		0,6247	0,0277	0,5305	0,4835	0,4188	0,8893
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F		0,5735	0,2390	0,1435	0,4960	0,1822	0,9781
Al ₂ (SO ₄) ₃ *RP		0,5009	0,0925	0,6891	0,7150	0,6547	0,7762
F*RP		0,6247	0,3312	0,1327	0,5122	0,4441	0,9406
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F*RP		0,4124	0,4329	0,3576	0,6403	0,1656	0,0567

^{a-b} Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$);

¹PB: nível de Proteína Bruta: Normal (N); Reduzido em um ponto percentual (R).

²PPC: perda de peso por cozimento; FC: força de cisalhamento; L*=luminosidade; a*=intensidade de vermelho; b*=intensidade de amarelo.

³EPM: Erro Padrão da Média.

A tabela 24 resume os resultados do teste afetivo de aceitação. Não foi observado efeito do uso do sulfato de alumínio para maciez, suculência, sabor, aroma, sabor estranho e aroma estranho. A pontuação dada pelos consumidores aos atributos avaliados na carne de frango não foi afetada pelo teor de proteína bruta da dieta. Porém, observou efeito da inclusão de fitase ($P = 0,0233$) sobre a percepção de maciez da carne pelos consumidores. A maioria dos estudos encontrados na literatura sobre a inclusão de fitase na dieta e seus efeitos na qualidade da carne de frangos de corte não tinham como objetivo avaliar o efeito da enzima sobre os atributos sensoriais do produto. Ren et al. (2015) avaliaram o efeito da combinação de fósforo não fítico, fitase e 25-hidroxicolecalciferol sobre a qualidade da carne de frangos porém não realizaram análise sensorial.

Tabela 24 - Efeito do uso do sulfato de alumínio no tratamento da cama e de estratégias nutricionais sobre atributos sensoriais da carne de peito de frango

Efeito		Atributos sensoriais					
		Maciez	Suculência	Sabor	Aroma	Sabor	Aroma
						Estranho	Estranho
Al ₂ (SO ₄) ₃	0	7,55	7,19	7,00	6,86	4,34	4,37
(g/m ²)	1.568	7,48	6,94	6,91	6,84	4,37	4,37
Fitase	0	7,40 ^a	7,00	6,85	6,80	4,31	4,31
(FTU/kg)	1000	7,63 ^b	7,13	7,04	6,91	4,41	4,44
¹ PB	N	7,52	7,07	6,91	6,89	4,36	4,34
	R	7,51	7,05	7,00	6,81	4,35	4,40
EPM ³		0,1174	0,1200	0,1408	0,1430	0,0686	0,0732
<i>Probabilidade</i>							
Al ₂ (SO ₄) ₃		0,7872	0,0990	0,7639	0,8201	0,4451	0,9165
F		0,0233	0,3778	0,1035	0,3633	0,1708	0,2277
RP		0,8323	0,7855	0,4201	0,9999	0,7106	0,4253
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F		0,9547	0,9151	0,1600	0,5353	0,9436	0,2807
Al ₂ (SO ₄) ₃ *RP		0,9967	0,6818	0,4530	0,7429	0,6979	0,8181
F*RP		0,0608	0,0818	0,9181	0,3191	0,6735	0,1834
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F*RP		0,0462	0,1713	0,0713	0,0882	0,4383	0,4765

^{a-b} Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$);

¹PB: nível de Proteína Bruta: Normal (N); Reduzido em um ponto percentual (R).

³EPM: Erro Padrão da Média.

4 Conclusões

As doses de sulfato de alumínio e as taxas de lotação não resultam em alterações expressivas na qualidade da carne de frangos de corte, abatidos aos 42 dias de idade. Além disso, conclui-se que as doses de sulfato de alumínio estudadas no tratamento de cama aviária não influenciam a aceitação sensorial da carne de frangos.

Em relação ao segundo experimento a inclusão da enzima fitase (1000 FTU/kg de ração), influencia a cor da carne de frangos e melhora a maciez sensorial da carne.

REFERÊNCIAS

ABPA (Associação Brasileira de Proteína Animal). **Cenário de carnes 2014/2015**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>> Acesso em: 11 abril de 2016.

BABJI, A. S. et al. The effect of pre-slaughter environmental temperature in the presence of electrolyte treatment on Turkey meat quality. **Poultry Science**, Savoy, v. 61, p. 2385-2389, 1982.

CARVALHO, C. B.; MADRONA, G. S.; CORRADINE, S. S.; RECHE, P. M.; POZZA, M. S. S.; PRADO, I. N. Evaluation of quality factors of bovine and chicken meat marinated with reduced sodium content. **Food Science and Technology. On line version**, Campinas, vol.33 no.4, 2013.

CIE. International Commission on Illumination. **Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms**. CIE Publication (15 (E-1.3.1) 1971/(TO-1.3) (Suppl. 15). Bureau Central de la CIE, Paris, 1978.

FANATICO, A. C.; PILLAI, P. B.; EMMERT, J. L. and OWENS, C. M. Meat Quality of Slow- and Fast-Growing Chicken Genotypes Fed Low nutrient or Standard diets and raised indoors or with outdoor Access. **Poultry Science**, Savoy, v. 86, p. 2245 – 2255, 2007.

FERREIRA, V. L. P. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, SP 2000. 127 p.

FRONING, G. W.; UIJTENBOOGAART, T. G. Effect of post-mortem electrical-stimulation on color, texture, pH and cooking loses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. **Poultry Science**, Savoy, v. 67, n. 11, p. 1536 - 1544, 1988.

GARCIA, R. G.; FREITAS, L. W.; SCHWINGEL, A. W.; FARIAS, R. M.; CALDARA, F. R.; GABRIEL, A. M. A.; GRACIANO, J. D.; KOMIYAMA, J. D.; ALMEIDA PAZ, I. C. L. Incidence and Physical Properties of PSE Chicken Meat in a Commercial Processing Plant. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v.12, n.4, p. 233 – 237, 2010.

HEDRICK, H. B., ABERLE, E. D., FORREST, J. C., JUDGE, M. D., MERKEL, R. A. Principles of meat science. 3 ed. Kendall/ **Hunt Publishing Company** - Dubuque, Iowa, 1994.

HUALLANCO, M.B.A. Aplicação de um sistema de classificação de carcaças e cortes de frango criados no sistema alternativo. (Dissertação Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 82p. 2004.

HUNTERLAB. **Hunter associates laboratory**. Virginia, 1991. 19p.

JANISH, S.; KRISCHEK, C. and WICKE, M. Color values and other meat quality characteristics of breast muscles collected from 3 broiler genetic lines slaughtered at 2 ages. **Poultry Science**, Savoy, v. 90, p. 1774 – 1781, 2011.

LUDTKE, C. B.; CIOCCA, J. R. P.; DANDIN, T.; BARBALHO, P. C.; VILELA, J. A. **Abate humanitário de aves**. World Animal Protection, 2015, 116p.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 1999, 387 p.

MENDES, A. A.; KOMIYAMA, C. M. Estratégias de manejo de frangos de corte visando qualidade de carcaça e carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 352-357, (suplemento especial), 2011.

MOREIRA, J. Causas da ocorrência de carne PSE em frangos de corte e como controlá-las. In: IV Seminário Internacional de Aves e Suínos – AveSui 2005. **Qualidade da Carne de Aves: Enfoque à Industrialização**. Florianópolis: 2005. Disponível em <www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=publicacoes&cod_publicacao=710> Acesso em: 12 de abril de 2016.

ODA, S. H. I.; SCHNEIDER, J.; SOARES, A. L.; BARBOSA, D. M. L.; IDA, E. I.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Detecção de cor em files de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v.28, n. 321, p. 30-34, 2003.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. Avaliação objetiva da cor. p.334 In: Avaliação da qualidade de carnes. Fundamentos e metodologias. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007, 599p.

REN, L.; ZUO, J.; LI, G.; ZHENG, L.; ZHANG, Z.; YE, H.; XIA W, I.; FENG, D. Effects of the combination of non-phytate phosphorus, phytase and 25-hydroxycholecalciferol on the performance and meat quality of broiler chickens. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v.17 no.3 Campinas July/Sept. 2015.

SANTOS, A. L.; SAKOMURA, N. K.; FREITAS, E. R. et al. Estudo do crescimento, desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de três linhagens de frango de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1589-1598, 2005.

SELANI, M. M. **Extrato de bagaço de uva como antioxidante natural em carne de frango processada e armazenada sob congelamento**. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, 2010.

SOARES, A. L.; LARA, J. A.; IDA, E.I.; GUARNIERI, P. D.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Variation in the color of brazilian broiler breast fillet. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 48., 2002, Rome, **Proceedings**...p. 540-541.

SOUZA, H. B. A. Parâmetros físicos e sensoriais utilizados para avaliação de Qualidade da Carne de Frango. In: Seminário Internacional de Aves e Suínos, Florianópolis. **Aveworld**, 2006.

WARRIS, P. D. **Meat Science**: an introductory text. Wallingford: CABI Publishing, 2000. Chap. 1,10.

CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE SULFATO DE ALUMÍNIO E DE ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS NO MANEJO DE CAMA AVIÁRIA

RESUMO - O objetivo do estudo foi comparar o efeito de diferentes estratégias de manejo da cama aviária e sua viabilidade econômica na produção de frangos de corte. Para tanto foram conduzidos dois experimentos. Experimento I: Foram utilizados 532 frangos de corte Cobb 500[®], machos, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado e em arranjo fatorial 4 x 2, doses de sulfato de alumínio (0, 200, 400 e 600 gramas/m²) e taxa de lotação (8 e 9 aves/m²) totalizando oito tratamentos com sete repetições. Experimento II: Foram utilizados 504 frangos de corte Cobb 500[®], machos, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado e em arranjo fatorial 2 x 2 x 2, uso de sulfato de alumínio no tratamento da cama (0 e 1.568 g/m²), inclusão de fitase (0 e 1.000 FTU/kg) na dieta e redução de um ponto percentual no nível de proteína bruta da dieta (sim e não) totalizando oito tratamentos com sete repetições. A análise econômica foi feita em duas etapas: comparação entre a produtividade dos fatores de produção e a comparação entre as margens brutas de comercialização do produto final. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa computacional SAS, com nível de significância declarado a 5%. A partir dos resultados do experimento I e tendo em vista os benefícios sobre a emissão de amônia dos galpões avícolas, conclui-se que o uso do sulfato de alumínio (nas doses avaliadas) é uma ferramenta interessante para manutenção das características físico-químicas da cama aviária e não onera os custos na produção de frangos de corte. A margem bruta aumentou quando a lotação foi de 9/m² já que o peso do lote vendido foi maior. Com base nos resultados do segundo experimento, conclui-se que o uso de 1.568 gramas de sulfato de alumínio por m² diminui a margem de comercialização, onerando os custos de produção. Além disso, pode-se concluir que as diferentes estratégias nutricionais não apresentaram diferenças nas margens de comercialização, indicando a viabilidade econômica na utilização de ferramentas nutricionais para manutenção do impacto ambiental da produção avícola.

Palavras-chaves: Cama de frango. Comercialização. Nutrição.

CHAPTER 5 – ECONOMIC ANALYSIS OF TREATING POULTRY LITTER WITH ALUMINUM SULFATE

ABSTRACT - The aim of the study was to compare the effect of different management strategies of poultry manure and its economic viability in the production of broiler chickens. Therefore, two experiments were conducted. Experiment I: 532 broiler chickens Cobb 500®, males, were distributed in a completely randomized experimental design, with 4 x 2 factorial arrangement, totaling eight treatments with seven replicates. Experiment II: 504 broiler chickens Cobb 500®, males, were distributed in a completely randomized design, with 2 x 2 x 2 factorial arrangement, aluminum sulfate to treat litter (0 to 1.568 g/m²), phytase inclusion (0 and 1,000 FTU/kg of feed) and diets with low-crude protein (one percentage point of reduction) totaling eight treatments with seven replicates. Economic analysis was performed in two stages: comparison of the production factors productivity and comparison between marketing margins. Statistical analyzes were performed used the proc MIXED SAS® program (version 9.2). Considering the benefits on the ammonia emission from poultry houses, it was concluded that the use of aluminum sulphate (in the doses evaluated) is an interesting tool to maintain the litter and production of broilers costs. The marketing margin increased when the density was 9/m² since the sold broilers' weight was higher. Based on the results of the second experiment, it was concluded that the use of 1.568 grams of aluminum sulphate per m² decreased the marketing margin, inflating production costs. In addition, it can be concluded that different nutritional strategies did not present differences in the margins of commercialization, indicating the economic feasibility in the use of nutritional tools to maintain the environmental impact of poultry production.

Keywords: Marketing. Nutrition. Poultry manure.

1. Introdução

A avicultura é um segmento agroindustrial que envolve várias atividades, uma delas é a criação e abate de frangos de corte. Como forma de reduzir custos e aumentar ganhos em escala, as empresas iniciaram parcerias com produtores rurais na forma de integração (ZANIN et al. 2011). Segundo dados da União Brasileira de Avicultura (UBABEF, 2013), estima-se que 90% da produção brasileira de frangos estejam vinculadas ao sistema de integração entre produtores rurais e indústrias processadoras de aves. O produtor investe nas instalações e presta serviços de alimentação, manejo, ambiência e demais cuidados para engorda das aves.

Dentre esses cuidados está envolvida a seleção e aquisição do material que será usado como cama. Posterior a isso, o manejo para com esse material também é de responsabilidade do produtor. O uso de aditivos para tratar a cama é uma estratégia que pode ser considerada um diferencial competitivo. Se realizado corretamente, os custos do uso desses aditivos podem ser compensados pelos benefícios de melhoria na produtividade e possibilidade de reutilização da cama. A melhoria proporcionada pelo uso do sulfato de alumínio em relação a qualidade do ar nos galpões, pode reduzir custos com aquecimento e ventilação. Somado a isso temos a melhoria do poder fertilizante da cama, o que pode incrementar os ganhos do produtor com a venda do material.

Como em qualquer produção agropecuária, na avicultura, o custo é um dos fatores determinantes para decisão do uso de algum produto ou tecnologia. Para escolher dentre tantas alternativas qual método utilizar para o tratamento de cama de frango não é diferente. De acordo com Sampaio, Machado e Machado (2006) ter um diferencial competitivo, aliado a uma gestão de estratégias financeiras, criará condições de aumento das riquezas, sendo este o objetivo principal de qualquer empresa que busca a continuidade de seu negócio. Os custos auxiliam para verificar como os recursos empregados em um processo de produção estão sendo remunerados, possibilitando também verificar como está a rentabilidade da atividade em questão, comparados às alternativas de emprego do tempo e capital (REIS, 2007). No entanto, estudos sobre a viabilidade econômica do uso do sulfato de alumínio no tratamento da cama aviária são escassos. Portanto, objetiva-se analisar as margens brutas de comercialização da produção de frangos de corte em dois cenários: i) o uso de diferentes doses do sulfato de

alumínio e variando a quantidade de aves alojadas (taxa de lotação - aves/m²) e ii) o uso de sulfato de alumínio combinado ao uso de estratégias nutricionais (inclusão da enzima fitase e redução do nível de proteína bruta da dieta).

Hipótese

Espera-se demonstrar que, o uso de sulfato de alumínio no tratamento da cama de frango, proporciona eficiência técnica, e econômica na produção de frangos de corte, e, portanto será considerado economicamente viável adotar as técnicas de manejo do dejetos avícola.

Objetivos específicos

- i) Comparar a produtividade dos fatores de produção avícola (sulfato de alumínio no tratamento de cama, variação na taxa de lotação e utilização de dietas com inclusão de fitase e redução do nível de proteína bruta);
- ii) Calcular as margens brutas de comercialização dos produto final (carcaças de frango).

2. Material e Métodos

Análise econômica

A análise econômica será realizada em duas etapas: comparação entre a produtividade dos fatores de produção e comparação entre as margens brutas de comercialização. Os métodos utilizados para o desenvolvimento de cada etapa são descritos a seguir.

Comparação entre a produtividade dos fatores de produção

Na primeira etapa da análise considera-se que para teoria econômica, os fatores de produção são todos os bens e serviços empregados para elaboração de outros bens e serviços (SAMUELSON, 1972; MANKIW, 2005). Os fatores de produção podem ser organizados em três grupos: recursos naturais (T), trabalho (L) e capital (K). Em função de como esses fatores são combinados para produção de um bem é resultante da quantidade produzida (Q). Portanto, tem-se que a quantidade de um produto (Q) é uma função de T, L e K, e de como são combinados:

$$Q = f(T, L, K) \quad (4)$$

A expressão (4) é conhecida como “função de produção” (PASSOS; NOGAMI, 2003). A produtividade dos fatores de produção é dada pela razão entre a quantidade do produto médio e a quantidade do fator alocada no processo. Para o caso da produtividade do fator T, por exemplo, tem-se: Q/T .

Para este trabalho de pesquisa Q é a quantidade de quilogramas de peso vivo de frangos abatidos no sistema de produção baseado no uso do sulfato de alumínio para tratar a cama, uso de diferentes taxas de lotação para o experimento I. Já para o experimento II o sistema de produção é baseado no uso do sulfato para tratar a cama e no uso das diferentes estratégias nutricionais (inclusão de fitase e redução do nível de proteína bruta da dieta). Serão consideradas as tecnologias de produção (sulfato de alumínio, taxa de lotação, dieta controle, dieta com fitase, dieta com redução proteica e dieta combinada fitase + redução proteica) representadas pelos tratamentos. Não há variação na utilização de trabalho e capital entre os tratamentos, pois o manejo, equipamentos e instalações são idênticos. Deste modo, assume-se que os outros custos da produção são fixos.

O inverso da produtividade do fator “dieta” (T/Q), também conhecido como conversão alimentar (CA_i) pode ser representado por:

$$CA_i = \frac{CR_i}{GP_i} \quad (5)$$

Adaptando a nomenclatura das variáveis para cada repetição do experimento, tem-se que CR_i é o consumo de ração em quilograma pela tratamento i e GP_i ganho de peso dos animais do mesmo tratamento em quilogramas. A expressão (5) foi utilizada para o cálculo das CA de cada observação do experimento.

Margem de contribuição

Na comparação entre as margens de contribuição, há necessidade de distinguir eficiência técnica e econômica. Na análise citada anteriormente pode-se avaliar a eficiência técnica do sistema com uso do sulfato de alumínio, uso de diferentes taxas de lotação e das dietas. Para analisar a eficiência econômica também serão considerados os preços dos fatores (custo do sulfato de alumínio e da dieta) e do produto (frango). Segundo Passos e Nogami (2003) um método será considerado “economicamente eficiente” se permitir a obtenção da mesma quantidade de produto que os alternativos ao menor custo possível. No escopo desta pesquisa consideramos nos custos variáveis (CV) somente os custos da dieta, pois todos demais itens de custos variáveis não variam entre os tratamentos experimentais.

Para o cálculo das margens de contribuição, será utilizado o método proposto por Vidal et. al. (2014). As fórmulas utilizadas para os cálculos da margem bruta de contribuição (MB) (R\$), da receita total (RT) (R\$), do custo da dieta e do sulfato de alumínio de cada tratamento, considerados custos variáveis (CV_i) (R\$) são apresentadas a seguir:

$$MB_i = RT_i - CV_i \quad (6)$$

$$RT_i = (Pcm_i \times Na_i) \times P_i \quad (7)$$

$$CV_i = Cr_i + Cf_i + Cal_i \quad (8)$$

Onde, Pcm_i é o peso médio do frango vivo resultante do tratamento i ; Na_i é o número de animais no tratamento i ; P_i é o preço do peso vivo do frango; Cr_i é o custo da ração fornecida aos animais do tratamento i ; Cf_i é o custo da fitase incluída no tratamento i , quando for o caso; e Cal_i é o custo do sulfato de alumínio incluso no tratamento da cama, se for o caso.

O custo da dieta e do sulfato de alumínio (CV_i) é composto pelo somatório do produto entre as quantidades de todos os seus ingredientes (QG) e seus respectivos preços (PG):

$$CD = \sum PGxQG \quad (9)$$

As quantidades de ingredientes (QG) serão previamente definidas por ocasião da formulação das dietas experimentais.

De forma a se obter preços históricos representativos, serão considerados preços mensais desses produtos no período de 10 anos (2006 a 2016). Os preços históricos serão obtidos junto a bases de dados públicas e confiáveis, como o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ/USP), o Instituto de Economia Agrícola (IEA) da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a Fundação Getúlio Vargas (FGV), dentre outras. É aconselhável trabalhar com dados históricos de preços, pelo fato de que a maioria dos produtos agropecuários apresenta significativa variação sazonal e entre safras, de modo que, preços históricos tendem a representar mais satisfatoriamente a realidade. Os preços serão corrigidos pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para o mês em que a análise será realizada. O preço de *premix* e outros suplementos que eventualmente não constarem nas bases mencionadas, será obtido por meio de cotações, diretamente junto às empresas fornecedoras.

Análises Estatísticas

No primeiro experimento, os dados foram analisados como um arranjo fatorial 4×2 em delineamento inteiramente casualizado (DIC), para determinar os efeitos principais e interações. Foi utilizado um modelo misto considerando o efeito fixo das doses de sulfato de alumínio (3 graus de liberdade, GL), das taxas de lotação (1 GL) e suas interações (3 GL), e o erro aleatório utilizando o procedimento MIXED do software SAS Inst. (1990). Os dados foram submetidos à análise de variância e a significância declarada foi $P < 0,05$. O modelo matemático é:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + (A_i * B_j) + e_{ij}$$

Onde, Y_{ij} = valor da variável testada sob o i -ésimo nível do fator A e j -ésimo nível do fator B;

μ = média geral do experimento para a variável;

A_i = efeito do i -ésimo nível do fator A;

B_j = efeito do j -ésimo nível do fator B;

$A_i * B_j$ = efeito da interação A e B;

e_{ij} = erro aleatório.

No segundo experimento, os dados foram analisados como um arranjo fatorial $2 \times 2 \times 2$ em delineamento inteiramente casualizado (DIC), para determinar os efeitos principais e interações. Foi utilizado um modelo misto considerando efeito fixo do tratamento da cama (1 GL), uso da fitase (1 GL), nível de proteína bruta (1 GL) e suas interações (1 GL), e o erro aleatório, utilizando o procedimento MIXED do software SAS Inst. (1990). Os dados foram submetidos à análise de variância e a significância declarada foi $P < 0,05$. O modelo matemático é:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (A_i * B_j) + (A_i * C_k) + (B_j * C_k) + e_{ijk}$$

Onde, Y_{ij} = valor da variável testada sob o i-ésimo nível do fator A, j-ésimo nível do fator B e k-ésimo nível do fator C;

μ = média geral do experimento para a variável;

A_i = efeito do i-ésimo nível do fator A ;

B_j = efeito do j-ésimo nível do fator B;

C_k = efeito do k-ésimo nível do fator C;

$A_i * B_j$ = efeito da interação A e B;

$A_i * C_k$ = efeito da interação A e C;

$B_j * C_k$ = efeito da interação B e C;

e_{ijk} = erro aleatório.

3. Resultados e discussão

3.1 Experimento I

Na Tabela 25 estão apresentados os resultados dos indicadores econômicos: custo total da dieta (CV), receita total com a venda dos animais (RT), relação CV/RT, margem de contribuição do lote ($MB = RT - CV$), peso médio final do lote e margem de contribuição média por quilo (MB por quilo). Os cálculos foram realizados para o período total de criação do lote (1 a 42 dias). Não houve efeito significativo da interação sulfato de alumínio $\times$ taxa de lotação ($P > 0,05$) para as variáveis analisadas. Houve

efeito significativo ($P < 0,0001$) da taxa de lotação sobre o CV, RT e peso do lote. O CV foi maior com o aumento da taxa de lotação, independente da dose de sulfato de alumínio utilizada, devido a maior quantidade de ração consumida pelas aves. O maior CV foi obtido do tratamento com 200 g do aditivo por metro quadrado (R\$ 106,86). A RT também foi maior com o aumento da densidade, pois o aumento do número de aves alojadas aumenta o peso do lote ao final do período de criação. Sendo assim, a margem de contribuição quando a taxa de lotação foi de 9 aves/m² foi maior. Não foi observado efeito significativo ($P > 0,05$) do aumento da dose de sulfato de alumínio aplicado na cama sobre os indicadores econômicos. O aumento das doses de sulfato de alumínio não aumentou CV. Ao contrário do esperado, a utilização do sulfato de alumínio para tratar a cama de frango, seja ela em quaisquer doses avaliadas não onerou os custos da produção. Numericamente, a maior margem de contribuição foi resultante do tratamento o qual não se utilizou o sulfato de alumínio e a taxa de lotação foi maior (9 aves/m²), seguido do tratamento o qual se aplicou o aditivo na dosagem de 600 g/m² e a densidade de lotação maior.

Tabela 25 - Efeito da dose de sulfato de alumínio e da taxa de lotação sobre indicadores econômicos no período total de criação de frangos de corte (1 a 42 dias de idade)

Corte (1 a 12 dias de idade)													
Al ₂ (SO ₄) ₃	Tratamento ¹								Probabilidade				
	0		200		400		600		M	EPM	Al ₂ (SO ₄) ₃	Lotação	Sulfato*Lotação
Lotação	8	9	8	9	8	9	8	9					
² CV (R\$)	94,55	105,12	95,38	106,86	96,43	105,57	97,15	105,11	100,86	0,888	0,8001	<,0001	0,6853
RT (R\$)	211,96	258,68	230,57	243,72	214,98	247,52	226,51	251,96	235,83	3,359	0,7599	<,0001	0,1471
Relação CV/RT (%)	45,13	40,75	41,65	44,22	44,92	43,01	43,06	41,74	43,09	0,589	0,8375	0,2972	0,2182
MC (R\$)	117,41	153,56	135,18	136,85	118,54	141,94	129,35	146,84	134,97	3,072	0,7980	0,0010	0,1684
Peso do lote, (kg)	25,47	31,09	27,71	29,29	25,84	29,75	27,22	30,28	28,34	0,403	0,7599	<,0001	0,1471
MC por quilo (R\$/kg)	4,56	4,93	4,85	4,64	4,58	4,74	4,73	4,84	4,73	0,049	0,8373	0,2964	0,2169

¹Tratamentos: 0, 200, 400 e 600g de sulfato de alumínio/m² e Taxa de lotação: 8 e 9 aves/m²;

²CV: custos variáveis = Custo da Dieta; RT: Receita Total do lote; MC: Margem de Contribuição;

M: média; EPM: Erro Padrão da Média; 'Sulfato*Lotação': interação entre os fatores avaliados.

3.2 Experimento II

Na tabela 26 estão apresentados os resultados dos indicadores econômicos para o uso do sulfato de alumínio e das estratégias nutricionais. Não foi observado interação significativa ($P > 0,05$) entre o uso do sulfato de alumínio, inclusão de fitase e nível proteico da dieta sobre os indicadores econômicos. O sulfato de alumínio influenciou significativamente o CV, a relação custo total/receita total, margem de contribuição e margem de contribuição por quilo. O uso do aditivo na cama aviária aumentou o custo total (R\$ 105,12), fato que aumentou a relação CV/RT diminuindo a margem de contribuição e a MC/kg. Análises do ponto de vista econômico avaliando o uso de aditivos para tratar cama de frango são escassas na literatura. Moore e Miller (1993) investigaram se os níveis de fósforo solúvel da cama de frango poderiam ser reduzidos com a adição de aditivos a base de alumínio, ferro e cálcio. Os autores concluíram que a aplicação do sulfato de alumínio pode reduzir significativamente a quantidade de P solúvel em escoamento de lavouras, minimizando a eutrofização de corpos d'água adjacentes. Os autores citam também que cálculos preliminares indicam que esta prática pode ser economicamente viável.

A enzima fitase afetou significativamente a relação CV/RT ($P = 0,0309$) e a margem de contribuição por quilo ($P = 0,0329$). A inclusão da fitase diminuiu o valor da relação CV/RT, porém aumentou a margem de contribuição por quilo de frango. Já quando se reduziu o nível de proteína bruta da dieta houve diminuição do Custo Total ($P < ,0001$) e também da Receita Total ($P = 0,0355$). Com relação ao custo, muitos estudos tem mostrado que a formulação de dietas baseada no conceito de proteína ideal minimiza os custos com a alimentação dos animais. Quando há suplementação de aminoácidos sintéticos é possível diminuir as quantidades de ingredientes de origem proteica da dieta, como o farelo de soja. Com isso observa-se uma redução nos custos. Já com relação ao efeito da redução proteica sobre a receita total, pode-se inferir que tenha ocorrido diminuição desta variável devido aos resultados observados para o desempenho. Neste estudo, a redução proteica reduziu o ganho de peso das aves. Tal fato é evidenciado pelo resultado observado sobre o peso do lote ($P = 0,0355$). Porém, isso fez com que se observasse um aumento na margem de contribuição por quilo ($P = 0,021$) influenciado pelo nível de PB.

Tabela 26 - Efeito do uso do sulfato de alumínio no tratamento da cama e de estratégias nutricionais sobre indicadores econômicos no período total de criação de frangos de corte (1 a 42 dias de idade)

Efeitos		² CV (R\$)	RT (R\$)	Relação CV/RT (%)	MC (R\$)	Peso do lote (kg)	MC por quilo (R\$/kg)
Al ₂ (SO ₄) ₃	0	102,64	231,67	44,31	129,02	27,84	4,63
(g/m ²)	1.568	105,12	229,44	45,84	124,31	27,57	4,51
Fitase	0	104,17	229,35	45,45	125,17	27,56	4,54
(FTU/kg)	1000	103,59	231,76	44,70	128,17	27,86	4,61
¹ PB	N	106,28	233,13	45,61	126,85	28,02	4,52
	R	101,48	227,98	44,53	126,49	27,40	4,61
EPM ³		1,0450	2,3815	0,3351	1,7576	0,2862	0,0279
<i>Probabilidade</i>							
Al ₂ (SO ₄) ₃		0,0222	0,3528	<,0001	0,0101	0,3527	<,0001
F		0,5754	0,3169	0,0309	0,0943	0,3172	0,0329
RP		<,0001	0,0355	0,0022	0,8381	0,0355	0,0021
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F		0,4453	0,2640	0,5548	0,2890	0,2639	0,5767
Al ₂ (SO ₄) ₃ *RP		0,3841	0,3348	0,9105	0,4288	0,3340	0,8989
F*RP		0,2317	0,3525	0,7218	0,5832	0,3527	0,7033
Al ₂ (SO ₄) ₃ *F*RP		0,5118	0,5630	0,9459	0,6926	0,5620	0,9392

¹PB: nível de Proteína Bruta: Normal (N); Reduzido em um ponto percentual (R).

²CV: Custos Variáveis = custo da dieta; RT: Receita Total do lote; MC: Margem de contribuição;

³EPM: Erro Padrão da Média.

4 Conclusões

Tendo em vista os benefícios sobre a emissão de amônia dos galpões avícolas, conclui-se que o uso do sulfato de alumínio (nas doses avaliadas) é uma ferramenta interessante para manutenção das características físico-químicas da cama aviária e não onera os custos na produção de frangos de corte. A margem de contribuição aumentou quando a lotação foi de 9/m² pois o peso do lote é maior.

Com base nos resultados do segundo experimento, conclui-se que o uso de 1.568 gramas de sulfato de alumínio por metro quadrado diminui a margem de comercialização, onerando os custos de produção. Além disso, pode-se concluir que as diferentes estratégias nutricionais não apresentaram diferenças nas margens de comercialização, indicando a viabilidade econômica na utilização de ferramentas nutricionais para manutenção do impacto ambiental da produção avícola.

REFERÊNCIAS

MANKIW, N. G. **Introdução à Economia**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.

PASSOS, C. R. M.; PASSOS, O. N. **Princípios de Economia**. 4 ed. Revisada e ampliada. Editora Pioneira Thomson Learning. São Paulo, 2003.

REIS, R. P. (Org.) **Fundamentos de economia aplicada**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2007. v. 1. 95p

SAMPÁIO, J. P. A.; MACHADO, M. A. V.; MACHADO, M. R. A utilização do EVA como medida de desempenho econômico: Estudo de caso na SAELPA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 13., **Anais...** Belo Horizonte: ABC, 2006. CD-ROM.

SAMUELSON, P. A. **Foundations of economic analysis**. Cambridge: Harvard University Press. 1947. v. 3

UBABEF. UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. **Relatório Anual de Atividades 2012**. São Paulo: União Brasileira de Avicultura, 2013. 248 p. Disponível em: <<http://www.abef.com.br/ubabef/exibenoticiaubabef.php?notcodigo=3293>> Acesso em: 10 nov. de 2015.

VIDAL, M. P.; AFERRI, G.; PEREIRA, A. S. C.; GAMEIRO, A. H. Modelo matemático para análise econômica de dietas: uma aplicação na avaliação dos diferentes cereais utilizados na alimentação de cordeiros em confinamento. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, p.273-283, 2014.

ZANIN, A.; KRUGER, S. D.; MAZZIONI, S.; BAGATINI, F. M.; DI DOMENICO, D. **Viabilidade econômica e financeira da atividade avícola: estudo de casos em propriedades rurais**. In: 4º CONGRESSO UFSC DE CONTROLADORIA E FINANÇAS, Florianópolis, 2011. Disponível em: <http://dvl.ccn.ufsc.br/congresso_internacional/anais/4CCF/24_8.pdf> Acesso em: 18 de abril de 2016.

ANEXO I

Ficha do Teste de Aceitação para carne de Frango

NOME: _____ DATA: _____

Você está recebendo uma amostra de carne de frango, avalie-a sobre o quanto você GOSTOU ou DESGOSTOU em relação à maciez, suculência, sabor e aroma, utilizando as escalas abaixo. Utilize o biscoito e a água entre as amostras para limpar a boca.

AMOSTRA N° _____

MACIEZ

- ☐ Gostei muitíssimo
☐ Gostei muito
☐ Gostei moderadamente
☐ Gostei ligeiramente
☐ Não gostei nem desgostei
☐ Desgostei ligeiramente
☐ Desgostei moderadamente
☐ Desgostei muito
☐ Desgostei muitíssimo

 AROMA
 CARACTERÍSTICO
 DE CARNE DE FRANGO

- ☐ Gostei muitíssimo
☐ Gostei muito
☐ Gostei moderadamente
☐ Gostei ligeiramente
☐ Não gostei nem desgostei
☐ Desgostei ligeiramente
☐ Desgostei moderadamente
☐ Desgostei muito
☐ Desgostei muitíssimo

SUCULÊNCIA

- ☐ Gostei muitíssimo
☐ Gostei muito
☐ Gostei moderadamente
☐ Gostei ligeiramente
☐ Não gostei nem desgostei
☐ Desgostei ligeiramente
☐ Desgostei moderadamente
☐ Desgostei muito
☐ Desgostei muitíssimo

SABOR ESTRANHO

- ☐ Muito forte
☐ Forte
☐ Moderado
☐ Fraco
☐ Ausente

 Obs: _____

SABOR CARACTERÍSTICO
DE CARNE DE FRANGO

- ☐ Gostei muitíssimo
☐ Gostei muito
☐ Gostei moderadamente
☐ Gostei ligeiramente
☐ Não gostei nem desgostei
☐ Desgostei ligeiramente
☐ Desgostei moderadamente
☐ Desgostei muito
☐ Desgostei muitíssimo

AROMA ESTRANHO

- ☐ Muito forte
☐ Forte
☐ Moderado
☐ Fraco
☐ Ausente

 Obs: _____