

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL - PPGCA**

ALINE FÉLIX SCHNEIDER

ZEÓLITAS NATURAIS NA DIETA E CAMA DE FRANGOS DE CORTE

LAGES, SC

2013

ALINE FÉLIX SCHNEIDER

ZEÓLITAS NATURAIS NA DIETA E CAMA DE FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciência Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. DSc. Clóvis Eliseu Gewehr

LAGES, SC

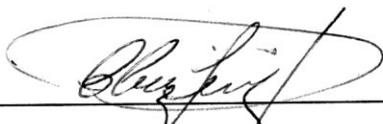
2013

ALINE FÉLIX SCHNEIDER

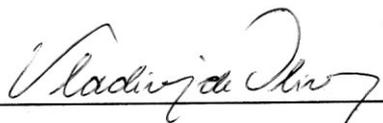
ZEÓLITAS NATURAIS NA DIETA E CAMA DE FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, na área de concentração Produção Animal, do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Banca Examinadora

Orientador: 
DSc. Clóvis Eliseu Gewehr

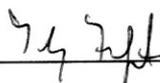
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membro: 
DSc. Vladimir de Oliveira

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Membro: 
DSc. Fabiano Dahlke

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Membro: 
DSc. Thiago El Hadi Perez Fabregat

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Lages, 01 de março de 2013.

DEDICATÓRIA

Dedico, com todo o meu amor, a minha família, especialmente aos meus pais, minha irmã, minhas tias e avó! Amo incondicionalmente!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela saúde, coragem e bênçãos nesses dois anos.

Aos meus pais, Ivanei Cruz Schneider e Zenaide Félix Schneider, por ser apoio incondicional e um refúgio tranquilo e seguro! Agradeço a minha mãe, por ser a expressão mais forte da palavra da “mãe” e, ao meu pai pela sabedoria compartilhada nos momentos corretos. São verdadeiros espelhos que me fazem procurar sempre ser uma pessoa melhor.

A minha irmã Priscila Félix Schneider e ao cunhado Leonardo Muniz pela parceria e ajuda às 3 horas da manhã com os pintinhos!

Ao meu amor, Thiago Bedin que desperta a melhor parte de mim! Durante a execução do experimento não poupou esforços, sacrificando os seus dias para que os meus fossem mais leves. Agradeço a Deus todos os dias por você existir!

A minha família, por sempre entender a minha ausência e ser apoio em tempo integral. Amo incondicionalmente!

Ao meu orientador Prof. Clóvis Eliseu Gewehr, pela oportunidade, orientação e amizade nesses dois anos. Há quem ensine pelas palavras e há quem ensine pelo exemplo. Obrigada por ser exemplo!

Aos Prof.^{os} Henrique Ribeiro Filho, José Cristani, Thiago Fabregat e Célsio Pilati e seus respectivos laboratórios e setores. Agradeço pelo apoio em diferentes fases de execução do experimento.

Aos colegas mestrandos, em especial ao Otávio Zimmermann e ao Flávio Manabu Yuri (Cláudio) pelo apoio e auxílio no experimento e nas análises. Agradeço, principalmente, a Dayane Santos de Almeida, parceira do começo ao fim, não teria sido tão divertido sem você! Obrigada a todos pela amizade, que certamente é a melhor herança que se pode levar!

A todos os estagiários, Humberto Alcides Toaldo, Hélio Schlemper Neto, Iolanda Cândido, Fernanda Gemelli, Luís Henrique Abido (Xanxerê), Pedro Teles, Aline Cardoso de Souza; bolsistas voluntários Juliane Xavier, João Vitor de Campos Roeder e aos bolsistas Diogo Davi Follmann, Felipe Eduardo Fiorin e Muriel Wanda Gerber. O experimento não teria sido possível sem vocês! Obrigada pela ajuda,

parceria, pelas muitas “galinhadas”, enfim, pelo companheirismo! Desejo a todos grande sucesso!

As equipes dos Laboratórios de Bromatologia e Engenharia Ambiental pelo auxílio com as análises.

A empresa Frangos Montanari, pela parceria estabelecida.

A empresa Celta Brasil, através da Zootecnista Ana Paula Fulan, pelo apoio a pesquisa através da zeólita cedida gratuitamente.

Ao Centro Nacional de Pesquisa Científica pelo apoio financeiro.

A Universidade do Estado de Santa Catarina, que tem sido a minha casa nos últimos sete anos da minha vida. Agradeço a todos os professores, servidores e funcionários. Espero um dia poder retribuir a sociedade o investimento realizado na minha formação. Carrego comigo o símbolo “CAV/UDESC” com grande orgulho!

A todos que de alguma forma contribuíram para que eu concluísse essa etapa tão importante, que eu ousou chamar de sonho!

Muito obrigada!

“Tudo posso naquele que me fortalece”

Filipenses 4:13

RESUMO

SCHNEIDER, Aline Félix. **Zeólitas naturais na dieta e cama de frangos de corte**. 2013. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal – Área: Produção Animal) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, Lages, 2013.

Zeólitas são minerais naturais com propriedades de adsorção de íons, capacidade de troca catiônica e absorção de água. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inclusão de zeólitas na dieta e cama de frangos de corte sobre o desempenho zootécnico, rendimento de carcaça e qualidade da cama, e, compará-lo com o sistema convencional de criação. Primeiramente foi conduzido um ensaio em gaiolas metabólicas, constituído de dois tratamentos (inclusão de zero e 0,5 % de zeólita em rações isonutritivas) com 10 repetições, nas quais foram alocadas 10 aves cada, de 14 dias de idade. Utilizou-se o método de coleta total de excretas para quantificação de umidade, pH e teor de nitrogênio das excretas. Avaliou-se também o consumo de água e ração. Posteriormente foi conduzido um experimento com a criação de três lotes consecutivos de frangos de corte, com três tratamentos (controle, ração com inclusão de 0,5 % de zeólita e cama com inclusão de 10 % de zeólitas) em nove repetições de 25 aves, na qual frangos de corte foram criados de um a 42 dias, avaliando-se o desempenho zootécnico e qualidade da cama (pH, matéria seca, nitrogênio total e volatilização de amônia). Ao final dos 42 dias, duas aves por repetição foram abatidas para avaliação de rendimento de carcaça e cortes. A inclusão de 0,5 % de zeólitas na dieta de frangos de corte, não alterou ($P>0,05$) o consumo de água, desempenho zootécnico e, rendimento de carcaça e cortes. No entanto, reduziu ($P<0,05$) o pH das excretas de 5,88 para 5,81 e elevou o teor de matéria seca das excretas de 79,51 para 80,96 %. A cama destas aves não apresentou ($P>0,05$) maior teor de matéria seca e nitrogênio total e, em alguns momentos apresentou ($P<0,05$) menor pH e teor de amônia volatilizada. Já a inclusão de 10 % de zeólitas na cama, não alterou ($P>0,05$) o desempenho zootécnico das aves, o rendimento de carcaça e cortes e, os teores de nitrogênio total da cama. No entanto, em relação ao controle, elevou ($P<0,05$) o teor de matéria seca em todos os lotes e, reduziu ($P<0,05$) o pH da cama, o qual variou entre 7,14 e 8,75, enquanto que o controle variou entre 7,40 e 8,89. A volatilização da amônia foi reduzida ($P<0,05$) em 12,9 % aos 42 dias do segundo lote, 44,4 % aos 21 dias do terceiro lote e 34,4 % aos 42 dias do terceiro lote. Ao longo de três lotes consecutivos, uma única inclusão de 10% de zeólitas em relação ao peso total da cama contribui para redução dos níveis de amônia e da umidade da cama.

Palavras-chave: Clinoptilolita. Amônia. Umidade. Avicultura.

ABSTRACT

SCHNEIDER, Aline Félix. **Natural zeolites in diet and litter of broiler**. 2013. 80 f. Dissertation (MSc in Animal Science - Area: Animal Production) - Santa Catarina State University. Postgraduate Program in Animal Science, Lages, 2013.

Zeolites are natural minerals with properties of ion adsorption, cation exchange capacity and water absorption. The aim of this study was to evaluate the effect of inclusion of zeolite in diet and litter broilers on growth performance, carcass yield and quality of the litter, and compare it with the conventional system of creation. First was conducted a test in metabolic cages, with two treatments (including zero and 0.5% zeolite in diets isonutrient) with 10 repetitions, in which 10 broilers were allocated, 14 days old. Was used the method of total excreta collection for quantification of moisture, pH and nitrogen content of excreta. Was also evaluated the consumption of water and feed. Later there was an experiment with the creation of three consecutive batches of broilers, with three treatments (control, diet with addition of 0.5% of zeolite and litter with inclusion of 10% zeolite) in nine replicates of 25 broilers, in which broilers were created from one to 42 days, to evaluate the performance and litter quality (pH, dry matter, total nitrogen and ammonia volatilization). At the end of the 42 days, two birds per replicate were slaughtered to evaluate carcass yield and cuts. The inclusion of 0.5% zeolite in the diet of broilers did not change ($P>0.05$) water consumption, growth performance and carcass yield and cuts. However, reduced ($P<0.05$) the pH of the excreta of 5.88 to 5.81 and increased the dry matter of excreta from 79.51 to 80.96%. The litter of these birds showed no content higher ($P>0.05$) dry matter and total nitrogen, and at times presented ($P<0.05$) lower pH and ammonia volatilization. The inclusion of 10% of zeolites in litter, did not change ($P>0.05$) the performance of broilers, carcass yield and cuts, and the total nitrogen of the litter. However, compared to the control, increased ($P<0.05$) the content of dry matter in each batch and reduced ($P<0.05$) the pH of the litter, which varied between 7.14 and 8.75, while the control ranged between 7.40 and 8.89. The volatilization of ammonia was reduced ($P<0.05$) by 12.9% at 42 days of the second batch, 44.4% at 21 days of the third batch and 34.4% at 42 days in the third batch. In three consecutive batches of a single inclusion of 10% zeolite in relation to the total weight of the litter helps to reduce the levels of ammonia and moisture from the litter.

Keywords: Clinoptilolite. Ambience. Ammonia. Moisture. Poultry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1- Peneira molecular | 21 |
| Figura 2 - Gaiolas de metabolismo com bebedouros tipo nipple acoplados a reservatórios individuais..... | 36 |
| Figura 3 - Gaiolas de metabolismo com comedouros tipo calha. | 37 |
| Figura 4 - Processamento da amostra de cama para análise de pH. Amostras de cama in natura (A) e posteriormente triturada (B) para maceração com água deionizada (C)..... | 45 |
| Figura 5 - Amostras de cama em agitador magnético (A) e após repouso por 30 minutos (B). | 45 |
| Figura 6 - Béquer com 10 mL de ácido bórico a 2 % com indicador (A) e, posteriormente sobre 70 g de cama em frasco para incubação em estufa (B)-..... | 46 |
| Figura 7 - Frascos lacrados com amostras de cama prontas para serem incubadas em estufa a 30 °C. Distribuição aleatória. | 47 |
| Gráfico 1 - Quantidade acumulada de zeólitas (g) depositada na cama por parcela (2 m ²) ao longo dos três lotes..... | 58 |
| Gráfico 2 - Teores de matéria seca (%) de cama de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador de cama antes do alojamento, aos 21 e 42 dias de idade de três lotes consecutivos. | 60 |
| Gráfico 3 - pH de cama de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador de cama ao dia zero (antes do alojamento) e aos 21 e 42 dias de vida de criação de três lotes consecutivos. | 63 |
| Gráfico 4 - Níveis de amônia de cama de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador de cama aos 21 e 42 dias de idade em três lotes consecutivos..... | 68 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Características gerais das zeólitas. | 18 |
| Tabela 2 - Fórmulas e propriedades de algumas zeólitas naturais. | 19 |
| Tabela 3 - Composição nutricional e calculada das rações experimentais com a adição de zeólitas naturais. | 35 |
| Tabela 4 - Composição química estimada (%) da Zeólita Clinoptilolita (Celpec®). | 35 |
| Tabela 5 - Características físicas aproximadas da Zeólita Clinoptilolita (Celpec®). | 36 |
| Tabela 6 - Composição nutricional e calculada das rações experimentais sem a adição de zeólitas naturais. | 41 |
| Tabela 7 - Composição nutricional e calculada das rações experimentais com a adição de zeólitas naturais. | 42 |
| Tabela 8 - Consumo de água (mL/ave/dia) e ração (g/ave/dia) e de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta, no período de 18 a 22 dias de vida*. | 49 |
| Tabela 9 - Potencial hidrogeniônico (pH), umidade e nitrogênio total de excretas de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta, no período de 18 a 23 dias de vida. | 50 |
| Tabela 10 - Consumo de ração acumulado (CRA), peso vivo (PV), conversão alimentar (CA) e ganho de peso médio diário (GMD) aos 21 e 42 dias de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador de cama. | 53 |
| Tabela 11 - Rendimento de carcaça (%), peito (%) e coxa e sobrecoxa (%) de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador em camas de primeiro, segundo e terceiro lotes*.... | 56 |

| | |
|--|----|
| Tabela 12 - Matéria seca (%) e pH da cama de frangos de corte dos ambientes que receberam os três tratamentos antes do alojamento do primeiro lote* | 57 |
| Tabela 13 - Matéria seca (%) de cama de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador de cama aos 21 e 42 dias de idade em três lotes consecutivos. | 58 |
| Tabela 14 - Potencial hidrogeniônico (pH) de cama de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador de cama aos 21 e 42 dias de vida de criação de três lotes consecutivos. | 62 |
| Tabela 15 - Nitrogênio total (%) de cama de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador de cama aos 21 e 42 dias de idade em três lotes consecutivos. | 65 |
| Tabela 16 - Níveis de amônia (mg) de cama de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador de cama aos 21 e 42 dias de vida de três lotes consecutivos. | 66 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 | FORMULAÇÃO DO PROBLEMA | 15 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 15 |
| 1.2.1 | Objetivo geral | 15 |
| 1.2.2 | Objetivos específicos | 15 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA | 16 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA | 17 |
| 2.1. | ZEÓLITAS | 17 |
| 2.1.1. | Definição | 17 |
| 2.1.2. | Estrutura química | 17 |
| 2.1.3. | Propriedades | 20 |
| 2.1.3.1. | Capacidade de adsorção de íons | 20 |
| 2.1.3.2. | Capacidade de troca catiônica (CTC) | 21 |
| 2.1.3.3. | Capacidade higroscópica | 22 |
| 2.1.4. | Aplicações | 22 |
| 2.2. | AMÔNIA | 24 |
| 2.3. | CAMA AVIÁRIA E UMIDADE | 26 |
| 2.4. | CONDICIONADORES DE CAMA DE AVIÁRIO | 29 |
| 2.5. | ADITIVOS NA NUTRIÇÃO ANIMAL | 31 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 33 |
| 3.1 | EXPERIMENTO 1 - ENSAIO EM GAIOLAS DE METABOLISMO | 33 |
| 3.1.1 | Tratamentos | 34 |
| 3.1.2 | Variáveis analisadas | 36 |
| 3.1.2.1 | Consumo de água | 36 |
| 3.1.2.2 | Consumo de ração | 37 |
| 3.1.2.3 | Potencial hidrogeniônico (pH) das excretas | 37 |
| 3.1.2.4 | Umidade das excretas | 37 |
| 3.1.2.5 | Nitrogênio total das excretas | 38 |
| 3.2 | EXPERIMENTO 2 - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ZOOTÉCNICO, RENDIMENTO DE CARÇA E CAMA DE AVIÁRIO | 38 |
| 3.2.1 | Desempenho zootécnico | 38 |
| 3.2.1.1 | Preparação do aviário experimental | 38 |
| 3.2.1.2 | Alojamentos e criações dos lotes | 39 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 3.2.1.3 | Tratamentos | 40 |
| 3.2.1.4 | Variáveis analisadas | 42 |
| 3.2.1.4.1 | Consumo de ração | 43 |
| 3.2.1.4.2 | Peso médio vivo | 43 |
| 3.2.1.4.3 | Conversão alimentar | 43 |
| 3.2.1.4.4 | Ganho de peso médio diário | 43 |
| 3.2.2 | Rendimento de carcaça e cortes | 43 |
| 3.2.3 | Análise de cama | 44 |
| 3.2.3.1 | Matéria seca | 44 |
| 3.2.3.2 | Potencial hidrogeniônico (pH) | 44 |
| 3.2.3.3 | Nitrogênio total | 45 |
| 3.2.3.4 | Amônia | 46 |
| 3.3 | ANÁLISE ESTATÍSTICA | 48 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 49 |
| 4.1 | EXPERIMENTO 1 - ENSAIO EM GAIOLAS DE METABOLISMO | 49 |
| 4.1.1 | Consumo de água e ração | 49 |
| 4.1.2 | Potencial hidrogeniônico (pH), umidade e nitrogênio total das excretas | 50 |
| 4.2 | EXPERIMENTO 2 – DESEMPENHO ZOOTÉCNICO, RENDIMENTO DE CARÇAÇA E ANÁLISES DE CAMA | 52 |
| 4.2.1 | Desempenho zootécnico | 52 |
| 4.2.2 | Rendimento de carcaça e cortes | 55 |
| 4.2.3 | Análises de cama | 57 |
| 4.2.3.1 | Matéria seca | 57 |
| 4.2.3.2 | Potencial Hidrogeniônico (pH) | 61 |
| 4.2.3.3 | Nitrogênio total | 64 |
| 4.2.3.4 | Amônia | 66 |
| 5 | CONCLUSÃO | 71 |
| | REFERÊNCIAS | 72 |

1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se mundialmente pela alta competitividade no ramo agropecuário e, dentro deste, a avicultura brasileira sobressai-se com as posições de maior exportador e 3º maior produtor de frangos de corte do mundo.

A avicultura tem grande importância econômica e social no país, pelo expressivo volume de recursos financeiros envolvidos e grande empregabilidade. A União Brasileira de Avicultura afirma que o setor emprega aproximadamente 4,5 milhões de pessoas, direta e indiretamente, sendo que quase 1,5 % do Produto Interno Bruto nacional é referente à atividade avícola.

Para que bons índices sejam alcançados e, as aves possam expressar o seu máximo potencial genético, é necessário que além de uma dieta balanceada, as condições de ambiência nos aviários estejam dentro dos padrões indicados. Um dos grandes problemas enfrentados na criação de frangos de corte é a volatilização de amônia no interior dos aviários e a umidade excessiva na cama. Ambos os fatores são prejudiciais à sanidade, desempenho zootécnico e qualidade de carcaça de aves de corte.

Diante do impacto da presença da amônia e umidade nos aviários, condicionadores de cama e aditivos alimentares vem sendo testados com o objetivo de aumentar a vida útil do material usado como cama e diminuir a umidade e a produção de amônia no interior dos aviários.

Em meio a esta problemática, as zeólitas apresentam-se como possíveis alternativas ao controle de amônia e umidade nos aviários. Zeólitas naturais são minerais cristalinos, com propriedades de adsorção de íons, absorção de água e capacidade de troca iônica e, vem sendo utilizadas para a remoção de moléculas indesejáveis.

Com base no exposto, faz-se necessário estudar, em condições experimentais controladas, a utilização de zeólitas naturais como condicionador de cama e aditivo químico na dieta de frangos de corte, sobre o desempenho zootécnico, rendimento de carcaça e qualidade da cama do aviário.

1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Amônia é um gás tóxico, irritante, prejudicial à saúde humana e animal. Apresenta-se como um fator estressante, prejudicando o desempenho zootécnico e, predispondo as aves a problemas respiratórios. Os frangos de corte são frequentemente expostos a níveis superiores a 50 ppm de amônia, principalmente quando se reutiliza a cama, ou em situações de má-ventilação. A umidade da cama nos aviários, além de favorecer a volatilização da amônia, é prejudicial à produção de frangos de corte por ser um mais um fator estressante as aves e favorecer o desenvolvimento de patógenos.

Alguns autores propõem a utilização de zeólitas nas criações de interesse zootécnico, porém as doses recomendadas são altas, o que inviabiliza o seu uso na prática.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da inclusão de zeólitas naturais na dieta e cama de frangos de corte, sobre o desempenho zootécnico das aves, rendimento de carcaça e qualidade de cama, e, compará-lo com o sistema de criação convencional.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar o consumo de água e ração de frangos de corte recebendo dieta com inclusão de 0,5 % de zeólita natural;
- b) Avaliar a umidade, pH e o teor de nitrogênio total das excretas de frangos de corte recebendo ração com inclusão de 0,5 % de zeólita natural;

- c) Avaliar o desempenho zootécnico (consumo de ração, peso vivo, conversão alimentar, ganho de peso médio diário) de frangos de corte recebendo dieta com inclusão de 0,5 % de uma zeólita natural e, aves criadas sobre cama com inclusão de 10 % de zeólita;
- d) Avaliar o rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte alimentados com dieta com inclusão de 0,5 % de uma zeólita natural e, aves alojadas em cama com inclusão de 10 % de zeólita natural;
- e) Avaliar a qualidade da cama com e sem inclusão de 10 % de zeólita natural aos 21 e 42 dias de criação de três lotes consecutivos de frangos de corte, sobre as variáveis: umidade, potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio total e níveis de amônia.

1.3 JUSTIFICATIVA

A presença de amônia nos aviários representa uma ameaça constante a biossegurança e biossegurança, pois prejudica a sanidade e o desempenho zootécnico de frangos de corte, deixando-os mais vulneráveis a enfermidades, além de causar sérios problemas a saúde humana.

A umidade da cama afeta negativamente o desempenho zootécnico das aves, podendo causar lesões de carcaça, aumentando as condenações nos abatedouros. Além disto, favorece o desenvolvimento microbiano na cama, acarretando em volatilização da amônia nos aviários.

As zeólitas, minerais naturais, apresentam-se como uma possível alternativa ao controle de amônia e umidade nos aviários, por suas propriedades químicas, como a higroscopia, a adsorção de íons e a capacidade de troca catiônica. Dessa forma, faz-se necessário testar experimentalmente a utilização de zeólitas naturais, em doses baixas de inclusão via dieta e cama, e observar seus efeitos sobre o desempenho zootécnico, rendimento de carcaça e cortes, níveis de amônia, umidade das excretas e qualidade de cama.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1.ZEÓLITAS

2.1.1. Definição

Zeólitas são definidas como um grupo de minerais cristalinos, caracterizadas por uma estrutura tridimensional de tetraedros interligados, cada um composto por quatro átomos de oxigênio em torno de um cátion, o que lhes confere características peculiares (COOMBS et al., 1997).

Estes minerais foram descobertos e descritos pela primeira vez pelo cientista sueco Freiherr Axel Fredrick Cronstedt em 1756, que as chamou de zeólita [do grego, *zeo* (ferver); *lithos* (pedra), ou seja, “pedras que ferverem”] fazendo uma alusão à característica de borbulhar quando aquecidas (MUMPTON, 1999).

São descritas atualmente, mais de 80 espécies de zeólitas naturais reconhecidas e centenas de zeólitas artificiais. O grande estímulo à síntese de zeólitas em laboratórios dá-se por sua importância econômica e vasto campo de aplicação tecnológica. Além disto, estes minerais podem ser encontradas em diversas regiões do mundo. Há jazimentos comercialmente explorados nos EUA, Cuba, Hungria, Bulgária, Japão, Eslováquia, África do Sul, Itália, Rússia, Indonésia e Coréia, e dentre estes se destaca a China, como maior produtor e consumidor de zeólitas do mundo (MONTE e RESENDE, 2005).

No Brasil há relatos de ocorrência de zeólitas na bacia do Paraná, na bacia do Parnaíba (Maranhão), no município de Campinas / SP (BERNARDI, et al., 2008) e, em Santa Catarina, no município de Urupema (CORREIA, et al., 2010).

2.1.2. Estrutura química

O grupo das zeólitas inclui vasto número de estruturas minerais naturais e sintéticas que apresentam características peculiares comuns (LUZ, 1995).

Os tetraedros de oxigênio e cátions centrais que compõem as zeólitas são denominados estruturas primárias (COOMBS et al., 1997) e, dentre estes destacam-se principalmente AlO_4 e SiO_4 (aluminossilicatos). As cargas negativas dessas moléculas são compensadas por cátions que, através de trocas iônicas, podem ser substituídos (CORREIA, 2003).

Anteriormente, o universo das zeólitas era delimitado aos tectossilicatos; tetraedros que possuíssem somente moléculas de Alumínio e Silício, porém verificou-se que outras substâncias atendiam aos requisitos básicos de uma zeólita, mas continham outros minerais. Atualmente, o *Subcommittee on Zeolites of the International Mineralogical Association (IMA), Commission on New Minerals and Mineral Names* definiu que a substituição completa por outros elementos além de silício e alumínio é permitida, extrapolando a definição dos tectossilicatos (COOMBS et al., 1997).

Apesar de o conceito ter sido ampliado, os aluminossilicatos ainda são os mais frequentes (MONTE e RESENDE, 2005). Os tetraedros formados por AlO_4 deixam a estrutura das zeólitas negativas, em consequência a carga trivalente do alumínio. Essas cargas negativas são compensadas por cátions que ocupam locais específicos nas cavidades das zeólitas (BERNARDI et al., 2008).

Os tetraedros formados pela estrutura das zeólitas interligam-se formando cavidades abertas na forma de canais, dando ao mineral a característica de porosidade (COOMBS et al., 1997), sendo que isto lhe confere uma superfície interna muito maior que a externa (LUZ, 1995). Algumas das características gerais das zeólitas podem ser visualizadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características gerais das zeólitas.

| Propriedades | Valor |
|-------------------------------|---------------------------------|
| Diâmetro de poro | 2 a 12 Å |
| Diâmetro de cavidades | 6 a 12 Å |
| Superfície interna | 500-1000 m ² /g |
| Capacidade de troca catiônica | 0 a 650 meq 100 g ⁻¹ |
| Estabilidade térmica | De 200 °C até 1000 °C |
| Capacidade de adsorção | <0,35 cm ³ /g |

Fonte: Adaptado de GUTIERREZ, 2004.

Os diâmetros dos microporos das zeólitas variam de uma espécie para a outra, e destes podem fluir moléculas que possuam determinada dimensão inferior a um valor crítico (LUZ, 1995). Os canais são frequentemente ocupados por moléculas de água e por cátions (COOMBS et al., 1997).

A formação de zeólitas naturais dá-se em ocorrências hidrotermais ou pela alteração de vidros vulcânicos, em diferentes ambientes geológicos. Formam-se a partir da precipitação de fluidos contidos nos poros. As condições de temperatura, pressão, atividade das espécies iônicas e pressão parcial da água determinam a formação de diferentes espécies de zeólitas (LUZ, 1995).

A Tabela 2 apresenta algumas zeólitas e suas respectivas fórmulas químicas, volume vazio (determinado pelo conteúdo de água), dimensão dos canais, estabilidade térmica e capacidade de troca catiônica. Shinzato (2007) afirma que, dentre as zeólitas mais comuns, a clinoptilolita tem sido a zeólita mais estudada.

Tabela 2 - Fórmulas e propriedades de algumas zeólitas naturais.

| Zeólita | Fórmula | Volume vazio (%) | Dimensão dos canais (Å) | Estabilidade Térmica | CTC (meq.g ⁻¹) |
|----------------|--|------------------|--|----------------------|----------------------------|
| Analcima | $\text{Na}_{16}(\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}) \cdot 122\text{H}_2\text{O}$ | 18 | 2,6 | Alta | 4,54 |
| Chabazita | $(\text{Na}_2, \text{Ca})_6(\text{Al}_{12}\text{Si}_{24}\text{O}_{72}) \cdot 40\text{H}_2\text{O}$ | 47 | 3,7 X 4,2 | Alta | 3,81 |
| Clinoptilolita | $(\text{Na}_4\text{K}_4)(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ | 39 | 3,9 x 5,4 | Alta | 2,54 |
| Erionita | $\text{Na}, \text{Ca}_5, \text{K})_9(\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) \cdot 27\text{H}_2\text{O}$ | 35 | 3,6 X 5,2 | Alta | 3,12 |
| Faujasita | $\text{Na}_{58}(\text{Al}_{58}\text{Si}_{134}\text{O}_{384}) \cdot 27\text{H}_2\text{O}$ | 47 | 7,4 | Baixa | 3,39 |
| Ferrierita | $(\text{Na}_2\text{Mg}_2)(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ | 39 | 4,3 X 5,5 3,4 X 4,8 | Baixa | 2,33 |
| Heulandita | $\text{Ca}_3(\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ | 28 | 4,0 x 5,5 4,4 X 7,2 4,1 x 4,7 4,6 X 6 , | Alta | 2,91 |
| Laumontita | $\text{Ca}_4(\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ | 31 | 3 | Baixa | 4,25 |
| Mordenita | $\text{Na}_8(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ | 47 | 2,9 X 5,7 6,7 X 7,0 | Alta | 2,29 |

Fonte: Adaptado de BERNARDI et al., 2008.

Zeólitas sintéticas tem sua estrutura química produzida de acordo com a atividade que se destinam, possuindo uniformidade de tamanho e forma dos poros, sendo esta uma vantagem em relação às zeólitas naturais. A desvantagem é que atualmente apresentam custo elevado (MONTE e RESENDE, 2005).

2.1.3. Propriedades

As zeólitas possuem algumas propriedades que as fazem objeto de pesquisa e aplicação em diversas áreas, tais como: alto grau de hidratação, baixa densidade e grande volume de vazios quando desidratada, estabilidade da estrutura cristalina quando desidratada, propriedades de troca catiônica, canais uniformes nos cristais desidratados, condutividade elétrica, adsorção de gases e vapores e propriedades catalíticas (CLIFTON, 1987; JIEXIANG, G., SUREN, T., 1993 apud LUZ, 1995).

Dentre as diversas propriedades atribuídas as zeólitas, destacam-se três fundamentais:

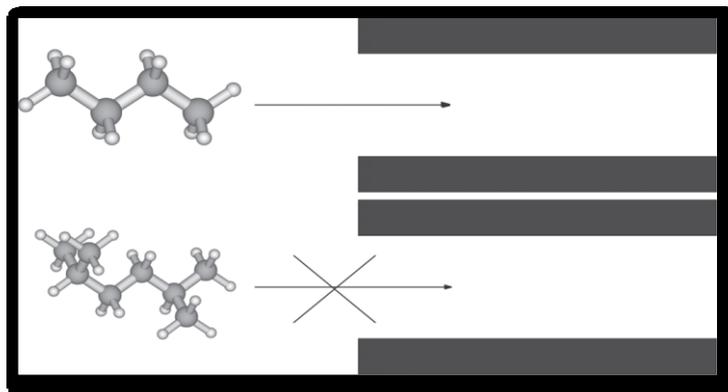
2.1.3.1. Capacidade de adsorção de íons

Adsorção pode ser definida como a aderência de um soluto à superfície de um material sólido. Os processos adsorptivos vêm sendo estudados e aplicados nos sistemas de purificação e tratamento de poluentes (RUTHVEN, 1984).

Apesar de descritas pela primeira vez em 1756, somente em 1926 a propriedade adsorptiva das zeólitas foi atribuída a sua estrutura microporosa (poros de aproximadamente 5 Å de diâmetro). Assim, foi introduzido o termo “peneira molecular” por sua capacidade de adsorção seletiva a moléculas e íons, retendo somente as menores a um limite crítico do tamanho do poro (BRAGA e MORGAN, 2007). A Figura 1 exemplifica o princípio básico da peneira molecular, onde moléculas complexas não são adsorvidas por excederem a dimensão do poro.

Aguiar e Novaes (2002) citam a utilização de zeólitas como peneira molecular em processos de remoção de impurezas ou separação de moléculas, devido ao seu volume poroso e diâmetro dos poros.

Figura 1- Peneira molecular



Fonte: BRAGA e MORGAN, 2007.

Neste contexto, destaca-se a alta afinidade e seletividade das zeólitas por íons NH_4^+ (amônio), resultante de sua estrutura química tridimensional (MUMPTON et al., 1977 apud LI et al., 2008).

Ly et al. (1996) comprovaram a adsorção do amônio pelas zeólitas *in vitro*, e destacam o efeito benéfico no processo digestivo por impedir a possível absorção intestinal da amônia. Os mesmos autores destacam que a amônia é tóxica e, quando absorvida, passa por reações que envolvem gasto energético até sua eliminação, podendo assim prejudicar o desempenho zootécnico das aves.

2.1.3.2. Capacidade de troca catiônica (CTC)

Entende-se por Capacidade de Troca Catiônica (CTC) a quantidade de cátions que um determinado mineral pode adsorver ou trocar, sendo esta resultante de um desequilíbrio de cargas elétricas. A CTC de um mineral pode influenciar suas propriedades físico-químicas. A CTC é expressa em meq/100g sendo uma variável entre os minerais (BERTELLA, 2008).

Atualmente, admite-se que os cátions podem substituir-se livremente em uma espécie de zeólita desde que respeitado o balanço de cargas (MONTE e RESENDE, 2005).

Segundo Luz (1995), a alta capacidade de troca catiônica das zeólitas é devido a um desequilíbrio de cargas o qual atrairá o cátion mais próximo buscando manter a neutralidade. É um processo dependente da natureza, composição

química, pH, temperatura, assim como das características do cátion de troca (RAMOS et al., 2004).

Shinzato (2007) afirma que a zeólita clinoptilolita, apesar não apresentar tão alta CTC, apresenta seletividade por cátions de grande raio iônico (Cs> Rb> K> NH₄> Ba> Sr> Na> Ca> Fe>Al> Mg> Li).

2.1.3.3. Capacidade higroscópica

Higroscopia pode ser definida como a capacidade de um material em reter água. Nas zeólitas, a absorção de água ocorre através da hidratação dos cátions que compensam a carga da superfície e por balanço osmótico (CASTAING, 1998).

A inclusão de 0,75 % e 1,0 % de zeólitas na dieta de cães proporcionou melhora na consistência das fezes (aumento do teor de matéria seca) e formato mais homogêneo. O resultado foi conferido à alta capacidade higroscópica do aditivo que absorveu o excesso de água livre no trato gastrointestinal do animal (MAIA et al., 2010).

2.1.4. Aplicações

Relata-se que a primeira utilização de zeólitas foi a dois mil anos, pelos povos Maias, que as usaram como blocos de rocha em construções, pela alta porosidade do material e facilidade em cortá-lo (LUZ, 1995).

Ambruster (2001) cita algumas propriedades e campos de aplicação das zeólitas como adsorção de moléculas, redução de poluentes, catálise, redução de gases, nutrição e saúde, higiene animal, produtos de cama e aplicações agrônômicas e de horticultura.

As zeólitas naturais apresentam grande potencial como agentes de remoção de metais pesados no tratamento de efluentes, o que se deve a alta capacidade de troca catiônica destes minerais. Relata-se que fatores como o tipo de estrutura química (canais das zeólitas e tamanho do íon em solução), carga iônica (íons com cargas iguais ou íons com valências diferentes) e energia de hidratação (zeólitas naturais tendem a preferir cátions com baixa energia de hidratação), influenciam diretamente no processo de troca iônica (SHINZATO, 2007).

No desastre ocorrido em usinas nucleares de Chernobyl, em 1986, que resultou em contaminação por isótopos radioativos de grande área da Rússia, as zeólitas foram utilizadas na construção de barreiras de proteção, em ações de descontaminação de áreas agrícolas e até na alimentação de bovinos leiteiros para redução da radioatividade no leite com resultados satisfatórios (AMBRUSTER, 2001).

Li et al. (2008), aplicando zeólitas em dejetos de galinhas poedeiras em dose baixa (3,1 kg/m²), média (6,3 kg/m²) e alta (12,5 kg/m²) conseguiram a redução da emissão de NH₃ nos níveis de 36 %, 62 % e 92 %, respectivamente, com 7 dias de armazenamento.

As zeólitas também podem ser usadas para redução de amônia em criações de peixes, com aplicação direta na água ou em sistemas de filtragem, visto seu poder de adsorção de íons e a capacidade de troca catiônica (BERNARDI et al., 2008).

Muitas das zeólitas são aluminossilicatos e vem sendo testadas e utilizadas como adsorventes de micotoxinas. Batina et al. (2005), observaram os níveis bioquímicos séricos de frangos de corte submetidos a dieta contendo 5 ppm de aflatoxina e montmorilonita sódica nas doses de 0,25 e 0,5 % de inclusão. O nível de 0,5 % foi capaz de absorver as micotoxinas demonstrando efeito benéfico, pois os frangos apresentaram-se semelhantes às aves que não haviam recebido as micotoxinas.

A clinoptilolita, uma zeólita muito comum, é utilizada em produtos de higiene animal e produtos de cama, devido a sua capacidade de absorção de odores e troca de NH₄ (AMBRUSTER, 2001).

A Embrapa Pecuária Sudeste atentando para a necessidade em se buscar alternativas que diminuam os custos com insumos, divulgou em 2008 alguns dos potenciais usos de zeólitas na agricultura. Destes, destacam-se os substratos enriquecidos, cultivos zeopônicos, misturas com fertilizantes, condicionadores de solo, descontaminação de metais pesados, inclusão na dieta de ruminantes, entre outras aplicações. Além destas, cita-se a propriedade das zeólitas em absorver diversos gases como CO, CO₂, SO₂, H₂S, NH₃, HCHO, O₂, N₂, He, H₂, Kr, Xe, CH₃OH entre outros (BERNARDI et al., 2008).

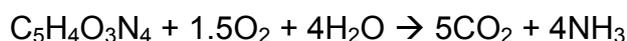
2.2.AMÔNIA

A amônia é relatada desde a antiguidade, pois já no século 1, Plínio, *O velho*, em sua *Historie naturalis* (uma enciclopédia de ciências da época), cita a existência de um tipo de sal denominado *hammoniacum*; séculos mais tarde, Priestley (1774) isolou a amônia em forma gasosa e, chamou-a de ar alcalino (FÉLIX e CARDOSO, 2004).

Pode ser definida como um gás incolor, irritante, solúvel, comumente formado nos aviários pela fermentação microbiana dos dejetos presentes na cama. Fatores como o aumento de umidade e temperatura favorecem a produção de amônia (CAFÉ; ANDRADE; ROCHA, 2009).

Segundo Koerkamp et al. (1998) apud Atia et al. (2004), a formação da amônia ocorre através das seguintes reações :

a) Decomposição aeróbia do ácido úrico:



b) Hidrólise da ureia:



c) Mineralização:



A amônia volatiliza-se a partir da decomposição microbiana de compostos nitrogenados presentes nos dejetos, principalmente o ácido úrico naturalmente excretado pelas aves. O processo de decomposição do ácido úrico é favorecido em meio alcalino, já que o efeito da enzima uricase (responsável pela reação) atinge seu ponto ótimo de ação em pH 9. Desta forma, o pH das excretas é um fator determinante no processo de volatilização; sendo assim, quanto maior o pH maior a produção e volatilização da amônia (LI et al., 2008).

O íon amônio (NH_4^+ , não tóxico, não volátil e forma predominante nas excretas das aves) é convertido em amônia (NH_3 , volátil, tóxica). Para que haja

menor volatilização da amônia é fundamental a presença de íons H^+ e pH abaixo de 7.

As concentrações de amônia têm sido reconhecidas como um significativo problema na ambiência tanto em criações de poedeiras quanto em frango de corte, já que em situações práticas as aves são frequentemente expostas a níveis de 50 ppm. Esta concentração pode exceder 200 ppm em ambientes mal ventilados. (BEKER et al., 2004). Segundo Atapattu et al. (2008) o tipo de material utilizado como cama interfere nos teores de amônia emitidos.

O CIGR (Commission Internationale du Genie Rural) em 1984, no tópico de recomendação de concentração máxima de gases nocivos, define 20 ppm como o máximo aceitável. Já o manual da linhagem COBB (2008) recomenda concentrações inferiores a 10 ppm de amônia no ambiente.

Aves submetidas a níveis de 20 ppm podem apresentar edema e hemorragias pulmonares. Quando os níveis chegam a 40 ppm afetam o sistema imunológico das aves e, níveis entre 50 e 100 ppm podem levar a queda de desempenho, aumento de secreção lacrimal, traqueíte catarral entre outros sinais oculares como ceratoconjuntivite e fotofobia; já 100 ppm levam a queda na frequência respiratória de frangos de corte (CAFÉ et al., 2009). A taxa de ganho de peso de frangos de corte submetidos a níveis de 60 ppm de amônia pode ter queda de 4,4 % (BEKER et al., 2004).

Ritz et al. (2005), afirmam que níveis de 25 ppm deprimem o desempenho e pioram a conversão alimentar de frangos de corte além de que um maior número de condenações de carcaça, aerossaculites, infecções virais foram associadas a essa concentração de amônia. Logo é importante lembrar que baixos níveis por período prologando podem causar grandes prejuízos (BEKER et al., 2004).

Os resultados supracitados confirmam o trabalho executado por Wang et al. (2010), que verificou efeitos adversos da amônia sobre crescimento, desempenho e ainda queda na resposta imunológica, onde níveis de 52 ppm de amônia levaram a queda nos níveis de IgG, IgM e IgA (8,12 e 21 %, respectivamente) levando a grandes perdas econômicas a produção de frangos de corte.

Ritz et al. (2005), estimaram os custos associados a camas em mau estado para um lote de 20 mil aves e, dentre estes, a amônia lidera as perdas com o valor de \$ 430. O mesmo autor afirma que níveis de 50 ppm ou mais pioram a conversão alimentar em 8 %.

A emissão de amônia, além de contribuir para a degradação de ecossistemas terrestres, constitui-se em um problema ambiental grave, pois uma vez emitida à mesma volta a cair sob a forma de chuva ácida (por ser muito solúvel em água), atingindo até locais distantes de sua produção. Fontes naturais de água e a vegetação podem ser atingidas originando a eutrofização de cursos de água e acidificação dos solos (CALOURO, 2005).

Trabalho realizado por Hernandez et al. (2002), com o objetivo de verificar a liberação de amônia pela cama de frangos de corte e o teor de umidade e de compostos glicídicos e nitrogenados em função da densidade populacional, tempo de confinamento e sexo, observaram que o aumento da densidade e os períodos finais de produção do lote acarretaram em maiores níveis de amônia liberada, no teor de umidade, teor de nitrogênio e a diminuição dos níveis de carboidratos redutores; desta forma os autores atentam para a importância de um controle rigoroso de amônia nos aviários, principalmente em períodos finais do lote e em elevada densidade de criação.

2.3. CAMA AVIÁRIA E UMIDADE

A produção de frangos de corte gera como principal resíduo a cama de aviário. Estima-se que a produção anual média seja de cinco a seis milhões de toneladas. Para reduzir custos de produção e impactos ambientais, tem-se adotado a reutilização da cama (TRALDI et al., 2007).

A cama pode ser definida como todo material distribuído sobre o piso do galpão com o objetivo de servir de leito as aves. Apresenta funções importantes como: absorção de umidade, isolamento térmico, absorção do impacto do peso das aves, entre outras. A qualidade da cama é um fator determinante na ambiência do aviário, e conseqüentemente, na epidemiologia das doenças e desempenho zootécnico das aves (PAGANINI, 2004).

Por incorporar as excretas das aves, a cama possui uma expressiva microbiota, na qual se encontram bactérias apatogênicas a saúde humana e animal (mais numerosas), mas que influenciam nas condições da cama e, as patogênicas e/ou comensais para as aves e potenciais patógenos para humanos. Dentre as

bactérias apatogênicas, destacam-se as que atuam na decomposição do ácido úrico em amônio, resultando em volatilização da amônia e, as proteolíticas que decompõem as proteínas das excretas, importantes na manutenção da qualidade da cama (SILVA et al., 2007).

Ao longo dos dias, durante a produção de um lote, os teores elevados de umidade, temperatura e pH favorecem a proliferação de microrganismos patogênicos e, doenças como gumboro, bronquite infecciosa, dermatite gangrenosa, botulismo, laringotraqueíte, gripe aviária, reovirose entre outras, podem ter seus agentes facilmente proliferando-se na cama. Agentes causadores de doenças fúngicas (micoses e micotoxicoses) foram isolados em camas de aviários e, estes podem causar aumento de mortalidade em lotes que fazem a reutilização da cama. Parasitoses também se apresentam como problemas potenciais em camas reutilizadas. Todos estes fatores associados à cama aumentam o risco de exposição das aves a um desafio (RITZ et al., 2005).

A qualidade da cama também influencia diretamente a qualidade da carcaça de frangos de corte. Oliveira et al. (2002), observaram o aparecimento de lesões de carcaça mais severas em aves alojadas sobre serragem e com a densidade de 14 aves/m², do que aves alojadas em cama de maravalha em menor densidade. Justificam que cama composta por serragem apresenta maior teor de umidade e o por isso levam a lesões mais severas. O maior número de aves em determinada área ocasiona aumento do teor de umidade da mesma.

O teor de umidade da cama nos aviários é uma variável relacionada às características de criação como, dieta utilizada, consumo hídrico das aves, temperatura ambiente, ventilação e tipo de bebedouro utilizado, sendo que este último apresenta-se como um fator de grande relevância (OLIVEIRA et al., 2004). Com a reutilização da cama e reintrodução de novas aves, elevam-se os teores de umidade e nitrogênio da cama, os quais podem propiciar maior desenvolvimento bacteriano e lesões de carcaças (TRALDI et al., 2007).

Em granjas de frangos de corte, a umidade presente no ambiente e na cama é oriunda dos dejetos e da água liberada pela respiração das aves. É fundamental o controle de ventilação dos aviários, pois permite aumentar as trocas térmicas por convecção e, assim, manter a temperatura de conforto e eliminar o excesso de umidade no interior dos aviários. Desvios dos parâmetros ideais de conforto das aves resultarão em estresse e baixo desempenho do lote (ABREU e ABREU, 2000).

O material considerado ideal como cama de aviário deve ser capaz de liberar a umidade, para que esta seja eliminada através da ventilação (OLIVEIRA et al., 2002).

O excesso de umidade da cama reduz a vida útil da mesma, e favorece o desenvolvimento fúngico e de outros microrganismos prejudiciais às aves, desta forma há necessidade de maior frequência de troca do material elevando os custos de produção (FERREIRA et al., 2005).

Os processos de reutilização da cama dos aviários são comumente adotados com o objetivo de reduzir o custo com a reposição de cama nova e aumentar os teores de nutrientes visando à utilização do material como adubo na agricultura. Além disto, com a reutilização da cama reduz-se a quantidade de resíduos por ave produzida, sendo um processo que diminui o impacto ambiental da atividade. Porém, camas reutilizadas implicam em maior volatilização da amônia (CARVALHO et al., 2011).

Dentre os métodos de reutilização de cama mais adotados no Brasil, destacam-se a aplicação de cal (Ca(OH)_2) e os métodos fermentativos: enleiramento (cama acumulada em leiras) e o enlonamento (cobertura da cama com lona em todo o aviário). Estudo realizado pela Embrapa Suínos e Aves, União Brasileira de Avicultura e Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frangos (UBABEF), em aviários de agroindústrias de Santa Catarina, com o objetivo de verificar o efeito destes três métodos sobre a carga bacteriana das camas de aviários, concluiu que todos os tratamentos reduzem a carga de bactérias mesófilas totais e bactérias entéricas, porém o enlonamento foi o mais eficaz na redução da carga de enterobactérias (SILVA et al., 2007).

Os resíduos gerados na produção de frangos de corte incorporados à cama apresentam altos níveis de nitrogênio, potássio, fósforo (N, P, K), minerais traço e, alta carga bacteriana e podem ser aproveitados como substrato para geração de energia ou como fertilizantes na agricultura (OVIEDO-RONDÓN, 2008).

A volatilização da amônia, além de afetar o desempenho e a saúde das aves, leva a poluição do meio ambiente e diminui os teores de nitrogênio na cama restringindo seu valor como fertilizante (RITZ et al., 2005).

Trabalho realizado por Carvalho et al. (2011), em aviários comerciais *blue house* e *dark house* em alojamento de pintinhos, observou que mesmo com teores de umidade da cama abaixo de 35 % (considerado ideal) e, pH da cama de 5,5 (não

favorável a degradação do ácido úrico em amônia) o sistema de ventilação mínima não foi eficiente na renovação do ar, já que foram encontrados níveis de amônia acima de 50 ppm.

Sendo assim, fazem-se necessárias tecnologias para reduzir a emissão de amônia, odores e, os teores de umidade ao longo da criação de frangos de corte.

2.4. CONDICIONADORES DE CAMA DE AVIÁRIO

Uma estratégia que pode ser utilizada para alcançar a máxima produtividade máxima econômica e minimizar as perdas para o meio ambiente é adotar medidas que possibilitem utilizar os nutrientes de forma eficiente (BERNARDI et al., 2008). Há necessidade de técnicas que evitem a perda de nutrientes da cama de frangos de corte (COUFAL et al., 2006).

Devido ao alto custo da reposição de cama nos aviários, a reutilização do material tem sido adotada rotineiramente nas granjas de frangos de corte (OLIVEIRA, 2004). Camas reutilizadas, que contem maior quantidade de excretas incorporadas, podem levar a emissão de níveis de amônia elevados. Nessas situações, encontram-se teores de 60 a 100 ppm, altamente prejudiciais às aves (CARVALHO et al., 2011).

Por isso, tem-se testado e utilizado os condicionadores químicos de cama, que são substâncias que buscam melhorar a integridade física, química e microbiológica da cama e conseqüentemente proporcionar melhor ambiência, desempenho zootécnico e integridade sanitária das aves (OLIVEIRA, 2004).

Segundo Oliveira et al. (2003), o uso de aditivos na cama tem se mostrado eficaz em reduzir a volatilização da amônia e os problemas decorrentes de sua presença no aviários, como o aumento da incidência de doenças respiratórias, condenações de carcaça e redução dos níveis de nitrogênio na cama (acarretando em menor valor como fertilizante).

Dentre os produtos denominados condicionadores de cama destacam-se três categoriais principais: os agente acidificantes que objetivam diminuir o pH e inibir a ação bacteriana na conversão de nitrogênio em amônia; os agentes que atuam inibindo o crescimento bacteriano por exclusão competitiva e inibição enzimática e

por fim, as argilas ou produtos que absorvem odores, que atuam reduzindo a liberação de amônia e absorvendo a água (RITZ et al., 2005).

Diversos produtos químicos que vem sendo testados com intuito de reduzir a amônia nos aviários. Trabalho *in vitro*, realizado por Silva et al. (2009), com amostras de cama de aviários, testou o efeitos dos aditivos químicos: ácido acético, ácido bórico (pó), ácido muriático, uma associação de dodecil benzeno + sulfonato de sódio e honifenol etoxilado (limpa alumínio comercial) e os adubos superfosfato simples e sulfato de cobre, sobre a volatilização de amônia. Dentre estes o ácido muriático e ácido bórico apresentaram maior redução dos níveis de amônia, seguidos pelo ácido acético e a mistura de superfosfato simples com sulfato de cobre, enquanto os demais não apresentaram bons resultados.

Condicionadores de cama podem reduzir a emissão de amônia no interior dos aviários por diminuir o pH e a atividade da água, afetando diretamente a sobrevivência de microrganismos (LOCH et al., 2011). Medeiros et al. (2008) em experimento com aditivos testados em cama de frango de corte (quatro ciclos de 42 dias com 12 aves/m²) concluíram que o sulfato de cobre teve o melhor resultado por inibir a volatilização da amônia em 62 %, seguido do sulfato de alumínio (53 %) e o superfosfato simples (43 %). O uso do carbonato de sódio aumentou os níveis de volatilização de amônia (41 %).

Trabalho realizado por Lucca et al. (2012), testando a eficácia de diferentes elementos químicos como condicionador de cama, verificaram maior mortalidade de aves de corte criadas em camas que não receberam nenhum tipo de produto.

Karamanlis et al. (2008), realizaram a inclusão de 2 Kg/m² de zeólitas em cama de maravalha de frangos de corte e, não encontraram redução de umidade significativa estatisticamente. Os autores atentam para a necessidade de maiores estudos sobre o tipo de zeólita e o nível de inclusão.

A adição de zeólitas naturais, em cama de maravalha, de frangos de corte submetidos a alta densidade de criação (15 aves / m²) promoveu redução nos teores de umidade. Os níveis de inclusão testados foram 25, 50 e 75 % do conteúdo total da cama. Ao final do lote, enquanto o controle (somente maravalha) teve o teor de umidade de 36,2 %, os demais tratamentos tiveram os níveis de 25,2; 23,6 e 21,8 %, respectivamente. Foi recomendada pelos autores, a dose de 25 % de inclusão (ELEROGLU e YALCIN, 2005).

Segundo Casting (1998), a capacidade de absorção de amônia pelas zeólitas dá-se principalmente pela troca catiônica do íon amônio (NH_4^+), o que faz com que seja utilizada como aditivo.

2.5. ADITIVOS NA NUTRIÇÃO ANIMAL

As zeólitas vêm sendo testadas como aditivos inorgânicos na dieta de diversas espécies animais, buscando-se melhores resultados de desempenho, qualidade de excretas entre outros. Aditivos são definidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Instrução normativa nº 13, como produtos destinados à alimentação animal toda substância ou microrganismo adicionado intencionalmente, e que normalmente não é consumido como alimento, tendo ou não valor nutritivo, e que afeta ou melhora as características do alimento ou de produtos animais (MAPA, 2004).

Na alimentação de bezerros machos da raça Santa Gertrudis, as zeólitas foram testadas ao nível de 2 % de inclusão do concentrado (1,1 % na matéria seca dietética) e, não afetou significativamente o consumo de matéria seca, ganho de peso vivo diário, conversão alimentar e, rendimento de carcaça, porém o pH das fezes foi afetado (5,36 e 5,51, para dieta sem zeólitas e com inclusão de 2,4 % de zeólitas, respectivamente). Os autores relacionam este resultado a um melhor aproveitamento na digestibilidade do amido da ração com inclusão de zeólitas (COUTINHO FILHO et al., 2002).

Estudo realizado por Karamanlis et al. (2008), com a inclusão de 2 % zeólitas na ração e 2 Kg/m² de zeólitas na cama de frangos de corte (em arranjo fatorial), encontraram maior ganho de peso nas aves que recebiam dieta com zeólitas e/ou cama com zeólitas e, mortalidade e conversão alimentar não foram afetados.

As zeólitas vêm sendo testadas não somente quanto ao desempenho das aves, mas também a qualidade de carcaça. Duas dietas foram testadas contendo 2% de zeólitas mais 3 % de semente de linhaça e 2 % de zeólitas mais 10 % semente de linhaça para frangos de corte com o objetivo de se verificar seu efeito sobre teor de gordura abdominal, teor de gordura de carne de peito e coxa, e ácido alfa linoleico. A adição de zeólitas naturais resultou em significativo aumento no

peso de carne de coxa, diminuição no teor de gordura abdominal, e deposição de gordura benéfica. Os autores mencionam a necessidade de maiores estudos para esclarecer os mecanismos que levaram a estes resultados (CHRISTAKI et al., 2006).

Os efeitos adversos das zeólitas são questionados por alguns autores e experimentos realizados vêm demonstrando ausência destes quando as zeólitas são administradas como aditivo. A inclusão de zeólitas na ração de frangos de corte machos foi testada nos níveis de 15 e 30 g/Kg sobre parâmetros de bioquímica sérica, T4, TSH, GH e, não foram observados efeitos adversos. Os autores afirmam que as zeólitas podem ter efeito benéfico como aditivo para frangos de corte (SAFAEIKATOULI, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar o efeito de zeólitas naturais como aditivo químico na dieta e como condicionador de cama de frangos de corte, foram realizados dois experimentos, sendo um em gaiolas de metabolismo de 18 a 23 dias e outro com a criação de três lotes consecutivos de frangos de corte sobre cama de 1 a 42 dias. Ambos experimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal – CETEA, da UDESC, sob o número de protocolo 1.25.12.

3.1 EXPERIMENTO 1 - ENSAIO EM GAIOLAS DE METABOLISMO

Foi realizado um ensaio em gaiolas de metabolismo no Setor de Avicultura CAV/UDESC, através do método de coleta total de excretas (quatro dias de adaptação e quatro dias de coleta), em um delineamento inteiramente casualizado.

Foram utilizadas 20 gaiolas metabólicas (1,0 X 0,5 m), as quais eram dotadas de um comedouro tipo calha, dois bebedouros tipo *nipple* acoplados a um reservatório individual de água e uma bandeja coletora de fezes. O ambiente foi climatizado de acordo com a temperatura de conforto para a idade das aves, seguindo o manual da linhagem.

Para execução do ensaio, foram adquiridos de um incubatório comercial 300 pintinhos de um dia, machos, de linhagem comercial, vacinados contra Doença de Marek. As aves foram criadas inicialmente em pinteiro único, recebendo água filtrada e clorada (5 ppm) e ração isonutritiva *ad libitum*.

Aos 14 dias de vida, as aves foram pesadas individualmente, sendo selecionadas 200 que estavam no intervalo de peso entre 480 a 530 g (5 % a menos e a mais em relação ao peso médio de 506 g), as quais foram transferidas para as gaiolas e distribuídas aleatoriamente em 20 unidades experimentais, permanecendo até os 18 dias para adaptação, recebendo a ração experimental e água *ad libitum*. De 18 a 22 dias foi realizado o período de avaliação de consumo de água, consumo de ração e coleta total de excretas para análise de pH e nitrogênio total.

As excretas eram coletadas diariamente, acondicionadas em sacos plásticos, identificadas por repetição e congeladas em *freezer* a -18 °C. Ao final dos quatro dias de coleta, as mesmas foram descongeladas e homogeneizadas. Foram coletados aproximadamente 200 g de excretas para análise de pH e nitrogênio total das excretas, realizadas no Laboratório de Nutrição Animal e Bromatologia CAV/UEDESC.

Para avaliação de umidade das excretas, a coleta procedeu-se no 23º dia em um intervalo pré-determinado de duas horas. As bandejas foram limpas e recolocadas embaixo das gaiolas. Após duas horas, procedeu-se a coleta das excretas em sacos plásticos identificados e posterior congelamento a -18 °C. Adotou-se este manejo com o objetivo de minimizar interferências de variáveis ambientais (possível evaporação de água das excretas ou absorção de umidade do meio).

3.1.1 Tratamentos

O experimento consistiu de dois tratamentos, sendo:

Dieta Controle: ração isonutritiva seguindo as recomendações de Rostagno (2005), a qual está descrita na Tabela 3.

Dieta com inclusão de zeólitas: ração isonutritiva seguindo as recomendações de Rostagno (2005), acrescida de 0,5 % de uma zeólita natural, descrita na Tabela 3.

Cada tratamento contou com 10 repetições de 10 aves cada, totalizando 200 aves.

Tabela 3 - Composição nutricional e calculada das rações experimentais com a adição de zeólitas naturais.

| Ingredientes | Ração sem inclusão de zeólitas | Ração com inclusão de zeólitas |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | Quantidade (Kg) | |
| Milho | 63,760 | 62,730 |
| Farelo de soja | 27,840 | 28,020 |
| Farinha de carne | 6,730 | 6,740 |
| Farinha de ostra | 0,268 | 0,265 |
| Cloreto de sódio | 0,180 | 0,172 |
| Óleo de soja | 0,590 | 0,940 |
| Metionina | 0,120 | 0,124 |
| Lisina | 0,075 | 0,072 |
| Zeólitas | - | 0,500 |
| Premix mineral e vitamínico | 0,437 | 0,437 |
| Total | 100,00 | 100,00 |
| Energia metabolizável (Kcal/Kg) | 3000 | 3000 |
| Proteína % | 20,792 | 20,792 |
| Cálcio % | 0,884 | 0,884 |
| Fósforo disponível % | 0,442 | 0,442 |
| Lisina dig. (aves) % | 1,146 | 1,146 |
| Metionina dig. (aves) % | 0,444 | 0,447 |

Premix mineral e vitamínico (níveis por Kg do produto): Vitamina B12 3.000,00 mcg, Vitamina B6 622,00 mg, Acido Pantotenico 2.934,9 mg, Niacina 7.500,00 mg, Biotina 19,00 mg, Vitamina B2 1.125,00 mg, Manganês 16.800,0 mg, Zinco 13.000,00 mg, Ferro 12.600,00 mg, Iodo 250,00 mg, Cobre 2.100,00 mg, Selenio 75,00 mg, Vitamina A 2.640.000,00 UI/kg, Vitamina D3 638.000,00 UI/kg, Vitamina E 3.650,00 UI/kg, Vitamina K3 450,00 mg, Vitamina B1 502,00 mg, Acido Folico 189,00 mg, Colistina 2.500,00 mg, B.H.T. 0,80 g, Enramicina 2.500,00 mg, Semduramicina 6.250,00 mg, Colina 86,67 g.

As zeólitas utilizadas foram adquiridas da empresa Celta Brasil ®. A composição da zeólita e suas características físicas estão descritas nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4 - Composição química estimada (%) da Zeólita Clinoptilolita (Celpec®).

| Composição Química | (%) |
|--------------------------------|-------|
| SiO ₂ | 63,00 |
| TiO ₂ | 0,45 |
| Al ₂ O ₃ | 11,57 |
| Fe ₂ O ₃ | 1,87 |
| FeO | 0,81 |
| MgO | 0,92 |
| CaO | 5,78 |
| Na ₂ O | 2,39 |

Fonte: Celta Brasil®

Tabela 5 - Características físicas aproximadas da Zeólita Clinoptilolita (Celpec®).

| Característica | Unidade |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Ponto de fusão | 1.300°C |
| Peso específico | 2,1g. cm ⁻³ |
| Densidade aparente | 0,98 g. cm ³ |
| pH | 7,6 |
| Capacidade de troca catiônica (CTC) | 1,57 meq/g |
| Cor | Verde pistache |
| Granulometria | 0,4 – 1,0mm |

Fonte: Celta Brasil®

3.1.2 Variáveis analisadas

3.1.2.1 Consumo de água

Diariamente eram fornecidas, *ad libitum*, quantidades conhecidas de água, filtrada e clorada (5 ppm), nos reservatórios individuais de cada gaiola (Figura 2). No dia seguinte, no mesmo horário, a quantidade de água restante era retirada e pesada em balança analítica de precisão (0,001 g), tendo-se assim o consumo diário de água da gaiola. Este foi dividido pelo número de aves da gaiola, obtendo-se o consumo de água/ave/dia o qual foi expresso em ml/ave/dia.

Figura 2 - Gaiolas de metabolismo com bebedouros tipo *nipple* acoplados a reservatórios individuais.



3.1.2.2 Consumo de ração

Os comedouros eram abastecidos diariamente com uma quantidade conhecida de ração, sendo o fornecimento *ad libitum* (Figura 3). Ao final dos quatro dias de coleta, as sobras foram pesadas, obtendo-se o consumo geral da gaiola. Este foi dividido pelo número de aves da unidade experimental, obtendo-se o consumo de ração/ave/dia o qual foi expresso em g/ave/dia.

Figura 3 - Gaiolas de metabolismo com comedouros tipo calha.



3.1.2.3 Potencial hidrogeniônico (pH) das excretas

As amostras de excretas coletadas foram descongeladas por 24 horas com os sacos plásticos ainda fechados. Para determinação do pH, adaptou-se a metodologia descrita por Oliveira et al. (2003). De cada unidade experimental foram coletadas amostras de 30 g de excretas, as quais foram maceradas em um béquer adicionando-se 250 mL de água deionizada. Após, a amostra foi deixada em repouso por cinco minutos, para posterior leitura em pH-metro digital (Tecnocon MPA 210 Versão 7.1).

3.1.2.4 Umidade das excretas

As amostras de excretas coletadas para avaliação de umidade foram descongeladas por 24 horas com os sacos plásticos fechados. A umidade foi aferida

através de pesagem inicial das excretas e posterior secagem em estufa com ventilação forçada a 105 °C por 24 horas (SILVA e QUEIROZ, 2004).

3.1.2.5 Nitrogênio total das excretas

Foram pesados 0,5 g de excretas de cada repetição em tubos de digestão. A estes se adicionou 5 mL de ácido sulfúrico concentrado e aproximadamente 2 g de um sal composto por 90 % de sulfato de potássio e 10 % de sulfato de cobre. A amostra foi colocada e mantida em bloco digestor a 345 °C até atingir a coloração verde claro (indicativa de digestão da amostra).

Após a digestão, o material foi transferido para o destilador de Kjeldhal. Neste, adicionou-se 25 mL de NaOH 40% a amostra digerida. O nitrogênio destilado foi fixado em 15 mL de ácido bórico 2 % contendo um indicador (solução de vermelho de metila e verde de bromocresol). Em seguida realizou-se a titulação com solução padronizada de ácido sulfúrico 0,2677 N (SILVA e QUEIROZ, 2004).

3.2 EXPERIMENTO 2 - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ZOOTÉCNICO, RENDIMENTO DE CARÇAÇA E CAMA DE AVIÁRIO

Para avaliar o desempenho zootécnico, rendimento de carcaça e a qualidade de cama de frangos de corte suplementados com zeólitas naturais na dieta e na cama, realizou-se a criação de três lotes consecutivos de frangos de corte, de um a 42 dias.

3.2.1 Desempenho zootécnico

3.2.1.1 Preparação do aviário experimental

Os lotes foram criados no Aviário Experimental do CAV/UDESC. O galpão, de pressão positiva, possui parcelas de 2,0 m², de piso de concreto. Cada parcela possui um comedouro infantil (utilizado até sete dias), um comedouro tubular e dois

bebedouros tipo *nipple*. Para aquecimento na fase inicial, cada parcela continha uma campânula elétrica. O aviário foi dividido em três ambientes distintos (isolados por lona plástica), sendo que cada ambiente continha nove parcelas (unidades experimentais).

Dois dias antes do alojamento do primeiro lote, cada parcela recebeu 5 Kg de maravalha/m², totalizando 10 Kg por parcela, sendo esta distribuída uniformemente sobre o piso.

3.2.1.2 Alojamentos e criações dos lotes

Foram adquiridos de incubatório comercial 800 pintinhos de um dia, fêmeas, de uma linhagem comercial, vacinados contra Doença de Marek, Gumboro e Bronquite Infecciosa. Oito horas antes da recepção das aves, o ambiente foi aquecido (temperatura de 32 °C ao nível das aves), os comedouros foram abastecidos e a água foi mantida fresca com *flushings* frequentes.

Antes da distribuição das aves nas parcelas, foi realizada a pesagem dos pintinhos para uniformizar os pesos médios das repetições. As aves foram pesadas individualmente e separadas por faixa de peso, descartando-se as mais leves e as mais pesadas. A distribuição foi realizada individualmente, iniciando-se pelas mais leves seguindo-se a sequência das faixas de pesos, sendo a distribuição inteiramente casualizada conforme recomendações de Sakomura e Rostagno (2007). Foram retiradas aves com qualquer problema aparente. Após a pesagem de todas as aves, realizou-se a distribuição, onde cada parcela recebeu 25 aves, totalizando 675 aves.

Ao longo de toda a criação, as aves receberam água filtrada e clorada (5 ppm) e ração *ad libitum*. Após os primeiros sete dias, as camas eram revolvidas duas vezes por semana.

Após a saída de cada lote, foi realizado o processo de enlonação da cama, por 10 dias, seguindo protocolo adaptado da Embrapa Suínos e Aves, sem adição de água (SILVA et al., 2007). Posteriormente o aviário foi preparado para a recepção do novo lote de pintinhos.

Realizou-se a criação de três lotes consecutivos com o objetivo de avaliar o efeito cumulativo das zeólitas na cama.

Para todos os lotes e em todas as fases procedeu-se de forma semelhante o processo de manejo das aves.

3.2.1.3 Tratamentos

Foram aplicados os seguintes tratamentos em cada um dos ambientes experimentais:

a) Controle: aves criadas em cama de maravalha recebendo rações formuladas de acordo com as exigências nutricionais recomendadas por Rostagno et al. (2005) para as respectivas fases, descritas na Tabela 6;

b) Dieta com zeólitas: aves criadas em cama de maravalha recebendo rações formuladas de acordo com as exigências nutricionais conforme recomendações de Rostagno et al. (2005) para as respectivas fases com a inclusão de 0,5 % de zeólitas naturais (aditivo químico alimentar), descritas na Tabela 7;

c) Cama com zeólitas: aves criadas em cama de maravalha com inclusão de 10 % de zeólitas naturais (condicionador de cama), recebendo as mesmas rações fornecidas as aves do tratamento controle (Tabela 6). A inclusão das zeólitas na cama foi realizada uma única vez, um dia antes do alojamento do primeiro lote.

Alguns trabalhos descritos na literatura avaliam a inclusão de zeólitas na dieta e cama de aves, porém as doses de inclusão são elevadas o que inviabiliza a recomendação e utilização prática deste mineral na avicultura. No presente trabalho, buscou-se avaliar a eficácia do mineral frente à umidade e a amônia produzida nos aviários, com inclusão de doses menores, que podem ser recomendadas para uso prático na avicultura.

Cada tratamento contou com nove repetições de 25 aves cada, totalizando 675 aves, em um delineamento inteiramente casualizado.

Tabela 6 - Composição nutricional e calculada das rações experimentais sem a adição de zeólitas naturais.

| Ingredientes | Pré- Inicial | Inicial | Crescimento I | Crescimento II |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | (1 - 7 dias) | (8 - 21 dias) | (22 - 35 dias) | (36 - 42 dias) |
| Quantidade (Kg) | | | | |
| Milho | 60,270 | 63,760 | 68,900 | 72,230 |
| Farelo de soja | 30,750 | 27,840 | 23,010 | 20,270 |
| Farinha de carne | 7,240 | 6,730 | 5,740 | 5,170 |
| Farinha de ostra | 0,260 | 0,268 | 0,256 | 0,260 |
| Cloreto de sódio | 0,185 | 0,180 | 0,340 | 0,320 |
| Óleo de soja | 0,474 | 0,590 | 1,250 | 1,348 |
| Metionina | 0,180 | 0,120 | 0,103 | 0,081 |
| Lisina | 0,176 | 0,075 | 0,069 | 0,056 |
| Treonina | 0,028 | - | - | - |
| Premix mineral e vitamínico | 0,437 ¹ | 0,437 ¹ | 0,332 ² | 0,272 ³ |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Composição calculada | | | | |
| Energia metabolizável (Kcal/Kg) | 2950 | 3000 | 3106 | 3150 |
| Proteína % | 22,040 | 20,792 | 18,600 | 17,390 |
| Cálcio % | 0,939 | 0,884 | 0,775 | 0,716 |
| Fósforo disponível % | 0,470 | 0,442 | 0,388 | 0,358 |
| Lisina disp. (aves) % | 1,333 | 1,146 | 0,997 | 0,904 |
| Metionina disp. (aves) % | 0,519 | 0,444 | 0,399 | 0,362 |

¹ Níveis por kg do produto: Vitamina B12 3.000,00 mcg, Vitamina B6 622,00 mg, Acido Pantotenico 2.934,9 mg, Niacina 7.500,00 mg, Biotina 19,00 mg, Vitamina B2 1.125,00 mg, Manganês 16.800,0 mg, Zinco 13.000,00 mg, Ferro 12.600,00 mg, Iodo 250,00 mg, Cobre 2.100,00 mg, Selenio 75,00 mg, Vitamina A 2.640.000,00 UI/kg, Vitamina D3 638.000,00 UI/kg, Vitamina E 3.650,00 UI/kg, Vitamina K3 450,00 mg, Vitamina B1 502,00 mg, Acido Folico 189,00 mg, Colistina 2.500,00 mg, B.H.T. 0,80 g, Enramicina 2.500,00 mg, Semduramicina 6.250,00 mg, Colina 86,67 g.

² : Utilizado 50% do premix inicial e 50% do premix crescimento II.

³ Níveis por Kg do produto: Iodo 333,00 mg, Vitamina B12 2.133,00 mcg, Manganês 22.400,00 mg, Vitamina K3 320,00 mg, Zinco 17.300,00 mg, Vitamina B6 442,00 mg, B.H.T.0,80 g, Cobre 2.800,00 mg, Vitamina E 2.830,00 UI/kg, Niacina 5.330,00 mg, Vitamina D3 454.000,00 UI/kg, Colina 58,07 g, Ferro 17.000,00 mg, Vitamina B1 357,00 mg, Selenio 100,00 mg, Vitamina A 1.880.000,00 UI/kg, Vitamina B2 800,00 mg, Acido Pantotenico 2.086,70 mg.

Tabela 7 - Composição nutricional e calculada das rações experimentais com a adição de zeólitas naturais.

| Ingredientes | Pré- Inicial | Inicial | Crescimento I | Crescimento II |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | (1 - 7 dias) | (8 - 21 dias) | (22 - 35 dias) | (36 - 42 dias) |
| Quantidade (Kg) | | | | |
| Milho | 59,210 | 62,730 | 67,840 | 71,180 |
| Farelo de soja | 30,940 | 28,020 | 23,200 | 20,452 |
| Farinha de carne | 7,250 | 6,740 | 5,740 | 5,180 |
| Farinha de ostra | 0,267 | 0,265 | 0,260 | 0,260 |
| Cloreto de sódio | 0,183 | 0,172 | 0,337 | 0,320 |
| Óleo de soja | 0,830 | 0,940 | 1,620 | 1,700 |
| Metionina | 0,180 | 0,124 | 0,104 | 0,081 |
| Lisina | 0,176 | 0,072 | 0,067 | 0,055 |
| Treonina | 0,027 | - | - | - |
| Zeólitas | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 |
| Premix mineral e vitamínico | 0,437 ¹ | 0,437 ¹ | 0,332 ² | 0,272 ³ |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Composição calculada | | | | |
| Energia metabolizável (Kcal/Kg) | 2950 | 3000 | 3107 | 3150 |
| Proteína % | 22,042 | 20,792 | 18,600 | 17,390 |
| Cálcio % | 0,939 | 0,884 | 0,776 | 0,717 |
| Fósforo disponível % | 0,470 | 0,442 | 0,388 | 0,358 |
| Lisina disp. (aves) % | 1,333 | 1,146 | 0,998 | 0,905 |
| Metionina disp. (aves) % | 0,518 | 0,447 | 0,399 | 0,362 |

¹ Níveis por kg do produto: Vitamina B12 3.000,00 mcg, Vitamina B6 622,00 mg, Acido Pantotenico 2.934,9 mg, Niacina 7.500,00 mg, Biotina 19,00 mg, Vitamina B2 1.125,00 mg, Manganês 16.800,0 mg, Zinco 13.000,00 mg, Ferro 12.600,00 mg, Iodo 250,00 mg, Cobre 2.100,00 mg, Selenio 75,00 mg, Vitamina A 2.640.000,00 UI/kg, Vitamina D3 638.000,00 UI/kg, Vitamina E 3.650,00 UI/kg, Vitamina K3 450,00 mg, Vitamina B1 502,00 mg, Acido Folico 189,00 mg, Colistina 2.500,00 mg, B.H.T. 0,80 g, Enramicina 2.500,00 mg, Semduramicina 6.250,00 mg, Colina 86,67 g.

² Utilizado 50% do premix inicial e 50% do premix crescimento II.

³ Níveis por Kg do produto: Iodo 333,00 mg, Vitamina B12 2.133,00 mcg, Manganês 22.400,00 mg, Vitamina K3 320,00 mg, Zinco 17.300,00 mg, Vitamina B6 442,00 mg, B.H.T.0,80 g, Cobre 2.800,00 mg, Vitamina E 2.830,00 UI/kg, Niacina 5.330,00 mg, Vitamina D3 454.000,00 UI/kg, Colina 58,07 g, Ferro 17.000,00 mg, Vitamina B1 357,00 mg, Selenio 100,00 mg, Vitamina A 1.880.000,00 UI/kg, Vitamina B2 800,00 mg, Acido Pantotenico 2.086,70 mg.

3.2.1.4 Variáveis analisadas

As variáveis analisadas foram consumo de ração, peso vivo médio, ganho de peso médio diário e conversão alimentar.

3.2.1.4.1 Consumo de ração

O consumo total de ração da parcela foi avaliado através do fornecimento prévio de uma quantidade semanal pré-estabelecida de ração, sendo as sobras pesadas e contabilizadas ao fim de cada semana. Este valor foi dividido pelo número de aves da unidade experimental, obtendo-se o consumo de ração ave / dia, expresso em g / ave / dia. O consumo de ração e demais índices foram corrigidos pela mortalidade, semanalmente.

3.2.1.4.2 Peso médio vivo

As aves de cada parcela foram pesadas coletivamente aos 21 e 42 dias de vida. O valor obtido foi dividido pelo número de aves da parcela, obtendo-se o peso médio vivo em Kg.

3.2.1.4.3 Conversão alimentar

Obteve-se através da relação entre o consumo médio (Kg) e o peso médio das aves (Kg) aos 21 e 42 dias de vida.

3.2.1.4.4 Ganho de peso médio diário

Obtido pela relação entre o peso médio da parcela e a idade em dias, sendo expresso em g.

3.2.2 Rendimento de carcaça e cortes

Aos 42 dias de vida, as aves foram submetidas a jejum de 8 horas. Duas aves de cada repetição foram aleatoriamente separadas para abate.

Para avaliação de rendimento de carcaça e de cortes, inicialmente obteve-se o peso vivo de cada ave. Procedeu-se o sacrifício por deslocamento cervical seguido de sangria por três minutos. Foram então, escaldadas a 60 °C e depenadas por aproximadamente um minuto. Após, foi realizada a tríplice pendura (pescoço e pés), procedendo-se a retirada da cloaca e a incisão do peito para evisceração. Uma vez eviscerada, realizou-se o corte dos pés e pescoço.

A carcaça (eviscerada, sem pés, pescoço e cabeça) foi pesada e foram realizados os cortes de peito e coxa/sobrecoxa, os quais foram pesados para

avaliação de rendimento. Nos abates dos três lotes, os cortes foram realizados pelo mesmo operador.

O rendimento de carcaça (%) foi obtido através da relação entre o peso da carcaça e o peso vivo da ave. Já o rendimento dos cortes (%) foi obtido pela relação entre o peso desses e o peso vivo da ave.

3.2.3 Análise de cama

Antes do alojamento das aves, e, aos 21 e 42 dias de cada lote, coletou-se amostras de cama em três pontos diferentes de cada parcela, evitando-se as áreas embaixo de comedouros e bebedouros. Posteriormente as três amostras foram homogeneizadas e acondicionadas em sacos plásticos identificados (OLIVEIRA et al., 2003; ATAPATTU et al., 2008). A coleta inicial objetivou obter dados de umidade e pH da cama ao início do lote. As amostras foram congeladas a -18 °C para posterior processamento. Todas as análises foram realizadas nas amostras de cama descongeladas (por 24 horas) e sem secagem prévia em estufa.

3.2.3.1 Matéria seca

As amostras de cama foram pesadas inicialmente e então submetidas à secagem em estufa a 105 °C com ventilação forçada por 24 horas (SILVA e QUEIROZ, 2004).

3.2.3.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

Para determinação do pH, utilizou-se 30 g de amostra de cama. A amostra inicialmente foi triturada por 20 segundos em moedor (Cadence) e, em seguida, macerada em um béquer, adicionando-se 250 mL de água deionizada e, procedendo-se a agitação desta por 5 minutos (Figuras 4 e 5). A amostra foi deixada em repouso por 30 minutos, para posterior leitura em pH-metro digital (TecnoPON MPA 210 Versão 7.1). A metodologia foi adaptada de OLIVEIRA, et al. (2003).

Figura 4 – Processamento da amostra de cama para análise de pH. Amostras de cama in natura (A) e posteriormente triturada (B) para maceração com água deionizada (C).

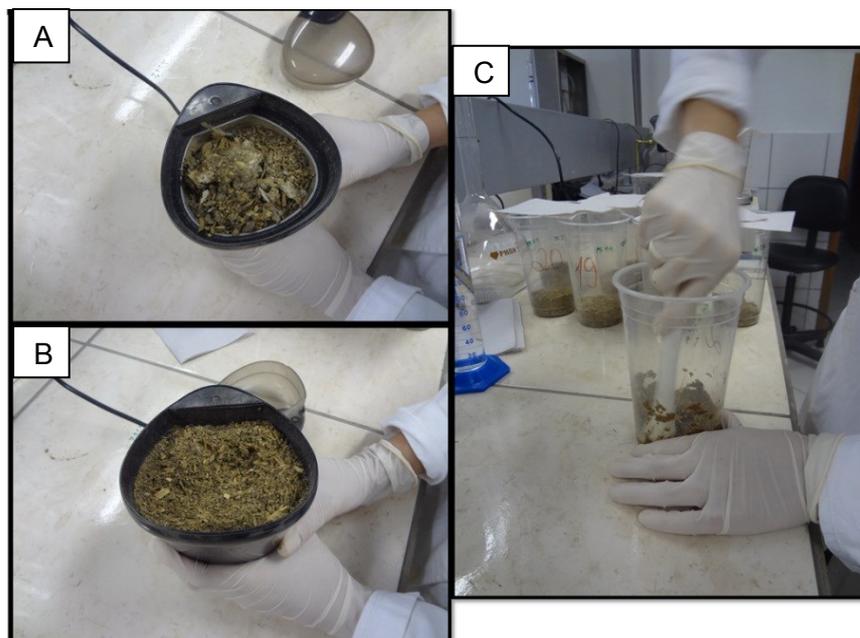
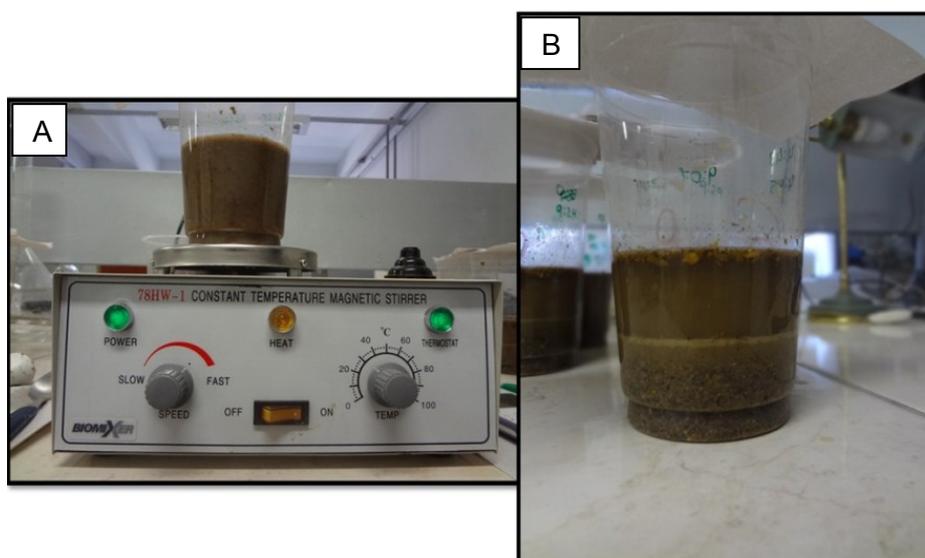


Figura 5 - Amostras de cama em agitador magnético (A) e após repouso por 30 minutos (B).



3.2.3.3 Nitrogênio total

Para determinação do teor de nitrogênio total, primeiramente a amostra foi moída por 20 segundos. O restante da metodologia foi realizada segundo Silva e Queiroz (2004), já descrita no item 3.1.2.5.

3.2.3.4 Amônia

Para determinação dos níveis de amônia na cama, foi utilizada a metodologia descrita por Hernandez e Cazetta (2001). Trata-se de uma adaptação do método da fixação da amônia gasosa por microdifusão e sua quantificação por titulação ácido-base (OHLWEILLER, 1982; BABKO e PILIPENKO, 1976; BASSET et al., 1981 apud HERNANDES e CAZETTA, 2001).

O procedimento foi realizado através da pesagem de 70 g de cama em um frasco de 500 mL de capacidade. Sobre a amostra de cama foi colocado um béquer de 50 mL de capacidade, contendo 10 mL de ácido bórico a 2% com adição de solução de vermelho de metila e verde de bromocresol, indicador do ponto final da titulação (Figuras 6 e 7).

O frasco foi fechado e sua tampa foi lacrada com fita adesiva, evitando a saída de gás do seu interior. Os frascos foram incubados por 20 horas em estufa a 30 °C (Figura 8). Neste período ocorreu a liberação da amônia presente na cama e, sua fixação na solução de ácido bórico 2 %.

Figura 6 - Béquer com 10 mL de ácido bórico a 2 % e indicador (A) e, posteriormente sobre 70 g de cama em frasco para incubação em estufa (B).

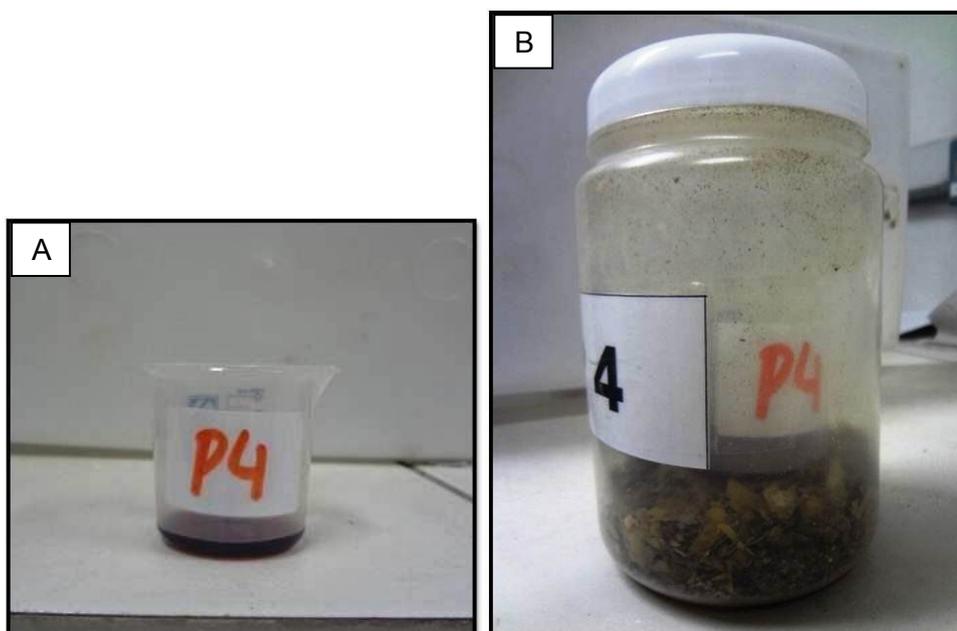


Figura 7 - Frascos lacrados com amostras de cama prontas para serem incubadas em estufa a 30 °C. Distribuição aleatória.



Posteriormente, o béquer com ácido bórico (já contendo o indicador) foi retirado e titulado com H_2SO_4 0,05 N padronizado.

Os resultados foram expressos em miligramas de amônia liberada, calculados pela fórmula:

$$A = \frac{V_t \times N \times 17}{P}$$

Onde:

A: mg de NH_3 ;

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

N: normalidade do ácido usado;

17: peso molecular da amônia;

P: quantidade de cama incubada (g).

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram realizadas a partir dos dados de todas as unidades experimentais incluídas nos tratamentos estudados de cada experimento, de acordo com o delineamento inteiramente casualizado.

Foi adotado o modelo de análise de variância e as médias que diferiram foram analisadas através do Teste Tukey a 5 % de significância. Para verificação de normalidade, os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-wilk, e, dados que não apresentaram normalidade foram transformados utilizando-se a Base Log (x). Foi utilizado o Sistema de Análise Estatístico e Planejamento de Sistemas - SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXPERIMENTO 1 - ENSAIO EM GAIOLAS DE METABOLISMO

Não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) no consumo de água e ração no período de 18 a 22 dias de vida. Os resultados e os coeficientes de variação (CV) estão descritos na Tabela 8.

4.1.1 Consumo de água e ração

Tabela 8 - Consumo diário de água (mL/ave/dia) e ração (g/ave/dia) de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta, no período de 18 a 22 dias de vida*.

| | Controle | Zeólitas na dieta | CV (%) |
|----------------------|----------|-------------------|--------|
| Consumo de água (mL) | 194,92 | 197,63 | 7,26 |
| Consumo de ração (g) | 111,54 | 107,90 | 4,45 |

* Não foram observadas diferenças significativas estatisticamente ($P>0,05$).

Dentre os trabalhos da literatura que avaliam o desempenho zootécnico de animais suplementados com zeólitas, raros investigam possíveis efeitos sobre o consumo de água. Neste ensaio, esta variável foi analisada, pelo fato que aditivos ricos em minerais podem aumentar a osmolaridade e, conseqüentemente o consumo de água e o tempo de passagem dos alimentos (RUSSEL e CHOW, 1993).

Um dos fatores mais importantes que afetam o consumo de água é a ingestão de alimentos (CONY e ZOCHE, 2004). Se o frango não ingerir quantidade adequada de água, seu desempenho será comprometido (BRUNO e MACARI, 2002). Com base nas citações acima, os resultados obtidos foram coerentes, pois o consumo de ração não foi afetado, tampouco o consumo de água.

Estes dados corroboram com os encontrados por Karamanlis et al., (2008), os quais não observaram diferenças em consumo de ração de frangos de corte

alimentados com dieta com inclusão de 2 % de zeólitas, até os 28 dias de vida das aves.

Já o experimento realizado por Onagi em 1966 *apud* Mumpton e Fishman (1977), utilizando clinoptilolita e mordenita (nos níveis 3, 5 e 10 % de cada mineral) em galinhas Leghorn de 48 dias, por duas semanas, observou que as mesmas ingeriram menos água e ração e tiveram o mesmo ganho de peso que aves que receberam dieta controle.

4.1.2 Potencial hidrogeniônico (pH), umidade e nitrogênio total das excretas

Observou-se que a inclusão de 0,5 % zeólitas na dieta de frangos de corte, no período analisado, reduziu ($P < 0,05$) o pH e a umidade das excretas. Entretanto, os teores de nitrogênio total das excretas ($P > 0,05$) não foram alterados (Tabela 9).

Tabela 9 - Potencial hidrogeniônico (pH), umidade e nitrogênio total de excretas de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta, no período de 18 a 23 dias de vida.

| | Controle | Zeólitas na dieta | CV (%) |
|----------------------|----------|-------------------|--------|
| pH | 5,88 a | 5,81 b | 0,98 |
| Umidade (%) | 80,96 a | 79,51 b | 1,35 |
| Nitrogênio total (%) | 1,49 | 1,55 | 9,99 |

Letras desiguais na linha diferem estatisticamente pelo Teste Tukey ($P < 0,05$).

A determinação do pH das excretas faz-se necessária, pois tem influência direta sobre o pH da cama, que por sua vez é determinante no processo de emissão da amônia. Entende-se por volatilização da amônia, o transporte da fase aquosa ou sólida para a fase gasosa no ar. O pH indica sua concentração na fase aquosa ou gasosa, determinando sua liberação (LIU et al., 2006 *apud* EGUTE et al., 2010).

Com relação à umidade das excretas, faz-se necessária sua quantificação, pois, sabe-se que as zeólitas possuem capacidade higroscópica. Em contrapartida, Vietes et al. (2005), afirmam que eletrólitos são responsáveis por aumento na umidade nas excretas das aves. Por sua vez, a umidade das excretas implica diretamente na umidade e qualidade da cama.

O menor teor de umidade encontrado nas excretas de aves que consumiram dieta com zeólitas pode ser atribuído à capacidade higroscópica destes minerais em absorver o excesso de água livre, retendo-a em seus canais internos, resultando assim, em maior teor de matéria seca nas fezes e conseqüentemente, na cama. Este fato torna-se interessante, pois se reduz as implicações negativas que a alta umidade da cama propicia as aves.

Segundo Castaing (1998), a maioria das zeólitas retém água por hidratação dos cátions que estão compensando cargas superficiais ou por enchimento osmótico.

Estudo realizado por Çabuk et al. (2004), adicionou doses mais elevadas de zeólitas (1,5 e 2,5 %) à dieta de frangos de corte e observou efeitos significativos sobre o teor de matéria seca das excretas apenas com a inclusão de 2,5 %.

Já Maia et al. (2010), testaram a inclusão de 0,50, 0,75 e 1,0 % de zeólitas na dieta de cães adultos e verificaram que doses acima de 0,75 % proporcionaram maior matéria seca e melhor classificação do escore fecal. Os autores atribuíram o resultado à capacidade higroscópicas das zeólitas. Segundo Mohebodini (2008), grande parte dos canais e cavidades das zeólitas são preenchidos por moléculas de água.

No entanto, estudo realizado por Ferreira et al., (2005), encontrou maior teor de umidade nas excretas de frangos de corte alimentados com 1% de um silicato de alumínio na dieta. Os autores acreditam que o resultado deva-se a formação de complexos entre a água e o silicato de alumínio.

Quanto a excreção de nitrogênio, trabalho realizado por Machacek et al. (2010), verificou maior utilização metabólica de nitrogênio em poedeiras ingerindo dieta com 2 % de zeólitas.

A excreção de nitrogênio é um fator importante no processo de volatilização de amônia. Estudo realizado por Egute et al. (2010), verificou que excretas de aves alimentadas com rações com maior nível de proteína apresentavam maior teor de amônia volatilizada. O resultado pode estar relacionado a um maior nível de nitrogênio nas excretas que age como substrato para a emissão de amônia.

Os resultados do presente estudo com a contextualização de outros trabalhos citados submetem a algumas reflexões: variação dos resultados em função da espécie, níveis mais elevados de inclusão. Sobre o segundo ponto, é importante frisar que não seria aconselhável uma inclusão superior a 0,5 % pois implicaria em

aumento no custo da dieta. Tal situação não decorre em função do custo das zeólitas, e sim devido ao aumento da concentração dos ingredientes principais na dieta, com uma maior inclusão de óleo, por exemplo, o que eleva o custo da formulação.

4.2 EXPERIMENTO 2 – DESEMPENHO ZOOTÉCNICO, RENDIMENTO DE CARÇA E ANÁLISES DE CAMA

4.2.1 Desempenho zootécnico

Os resultados de desempenho das aves durante os três lotes estão descritos nas Tabelas 10.

Ao longo dos três lotes, não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) em consumo de ração, peso vivo, conversão alimentar e ganho de peso médio diário (Tabela 10). Os resultados encontrados podem ser justificados porque ambas as dietas foram formuladas para que fossem isonutritivas. Como as zeólitas são minerais inorgânicos não absorvidos pelo organismo das aves, não propiciaram efeitos negativos aos processos digestivos e, por conseguinte, ao desempenho das aves.

Os dados encontrados concordam com Ferreira et al. (2005), os quais não observaram diferenças significativas em ganho de peso e conversão alimentar em frangos de corte suplementados com 1 % de um aluminossilicato na dieta.

Contudo, Çabuk et al. (2004) testaram a inclusão de zeólitas em dieta de frangos de corte na dosagem de zero, 1,5 e 2,5 % e observaram redução do ganho de peso e aumento na conversão alimentar, apesar de não ter afetado o consumo de ração.

Trabalho realizado por Machacek et al. (2010) testou a inclusão de 2 e 4 % de zeólitas na dieta de poedeiras e verificou redução no consumo de ração com a inclusão de 2 % e aumento quando se adicionou 4 % de zeólitas à dieta.

Tabela 10 - Consumo de ração acumulado (CRA), peso vivo (PV), conversão alimentar (CA) e ganho de peso médio diário (GPD) aos 21 e 42 dias de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador de cama.

| | 1 – 21 dias | | | | 1 – 42 dias | | | |
|---------------------------|-------------|-------------------|------------------|--------|-------------|-------------------|------------------|--------|
| | Controle | Zeólitas na dieta | Zeólitas na cama | CV (%) | Controle | Zeólitas na dieta | Zeólitas na cama | CV (%) |
| ----- 1º Lote ----- | | | | | | | | |
| CRA (kg) | 1,200 | 1,188 | 1,189 | 2,28 | 4,163 | 4,198 | 4,167 | 0,72 |
| PV (Kg) | 0,858 | 0,876 | 0,855 | 2,42 | 2,410 | 2,392 | 2,377 | 1,73 |
| CA | 1,41 | 1,37 | 1,38 | 1,33 | 1,73 | 1,76 | 1,74 | 1,40 |
| GPD (g) | 40,90 | 41,58 | 40,75 | 2,46 | 57,56 | 58,35 | 57,64 | 2,20 |
| ----- 2º Lote ----- | | | | | | | | |
| CRA (Kg) | 1,212 | 1,190 | 1,184 | 2,34 | 4,297 | 4,234 | 4,300 | 1,70 |
| PV (Kg) | 0,884 | 0,868 | 0,864 | 2,08 | 2,506 | 2,452 | 2,496 | 2,08 |
| CA | 1,36 | 1,37 | 1,37 | 1,92 | 1,73 | 1,71 | 1,72 | 0,59 |
| GPD (g) | 42,13 | 41,33 | 41,18 | 2,08 | 61,13 | 59,81 | 60,89 | 2,08 |
| ----- 3º Lote ----- | | | | | | | | |
| CRA (Kg) | 1,215 | 1,208 | 1,233 | 2,95 | 4,460 | 4,362 | 4,454 | 1,99 |
| PV (Kg) | 0,832 | 0,815 | 0,838 | 3,83 | 2,538 | 2,458 | 2,533 | 4,02 |
| CA | 1,46 | 1,48 | 1,47 | 4,71 | 1,75 | 1,77 | 1,75 | 1,32 |
| GPD (g) | 39,64 | 38,80 | 39,93 | 3,83 | 60,44 | 58,52 | 60,31 | 4,02 |

Letras desiguais nas linhas diferem estatisticamente pelo Teste Tukey (P<0,05).

Karamanlis et al. (2008), testaram a inclusão de 2 % de zeólita na ração e 2 Kg/m² de zeólitas na cama de frangos de corte. Encontraram maior ganho de peso nas aves que recebiam zeólitas via dieta e cama, já a mortalidade e a conversão alimentar não foram afetadas. O efeito benéfico encontrado por estes autores foi atribuído à diferença nas formulações, já que a inclusão de zeólitas conduziu a um maior nível de gordura nesta dieta. Estes autores atentam para a necessidade de maiores investigações sobre o tipo de zeólita e o nível ótimo de inclusão.

Há necessidade também de se averiguar se os resultados positivos em desempenho, relatos em alguns trabalhos na literatura, estão relacionados a algum efeito próprio das zeólitas ou ao efeito do maior nível de inclusão de óleo nas dietas (efeito extra calórico).

Alguns autores citam como possíveis efeitos benéficos das zeólitas, o aumento no tempo de passagem dos alimentos e a adsorção da amônia ainda no

intestino prevenindo seus efeitos tóxicos em nível fisiológico. Ly et al. (1996), realizaram experimento *in vitro* e verificaram o poder adsorptivo das zeólitas ao amônio. Com base no estudo, estes autores sugerem que as zeólitas exerçam boa ação intestinal de adsorção ao amônio.

Al-Nasser et al. (2011), incluíram zeólitas na dieta de frangos de corte, nos níveis de 1,0, 1,5 e 2,0 % e verificaram menor contagem de salmonela nos cecos e na carcaças das aves. Quanto ao desempenho, houve piora da conversão alimentar e do ganho de peso. Os efeitos benéficos foram atribuídos à capacidade das zeólitas de ligação a compostos tóxicos.

Possíveis efeitos adversos das zeólitas são questionados por alguns autores e pesquisas vêm sendo realizadas buscando identificar alterações metabólicas em aves recebendo zeólitas na dieta. Foram incluídas na dieta de frangos de corte nas doses de 1,5 e 3,0 % e não foram observados efeitos negativos em parâmetros de bioquímica sérica, T4, TSH e GH (SAFAEIKATOULI et al., 2011).

Sendo assim, no presente trabalho, nos três lotes criados, observou-se que as zeólitas podem ser utilizadas como aditivo químico na dieta de frangos de corte, na dose de inclusão de 0,5 %, sem efeitos deletérios ao consumo de ração, peso vivo, conversão alimentar e ganho de peso médio diário.

Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) no desempenho de aves que receberam zeólitas como condicionador de cama (Tabela 10). Os resultados encontrados corroboram com os obtidos por Maurice et al. (1998), os quais adicionaram 10 % de zeólitas à cama de frangos de corte e não observaram quaisquer diferenças em peso corporal e conversão alimentar.

Contudo, Eleroglu e Yalçian (2005) realizaram um experimento com inclusão de zero, 25, 50 e 75 % de uma zeólita formada por clinoptilolita e mordenita a cama de maravalha de frangos de corte e, até a terceira semana, não foram observadas diferenças significativas entre os níveis utilizados. No entanto, da quarta semana até o final (42 dias), verificaram maior ganho de peso em todos os grupos que continham cama com inclusão de zeólitas, apesar de o consumo não ter sido afetado. Estes autores acreditam que as diferenças de resultados entre experimentos podem estar relacionadas à fonte das zeólitas, bem como o tamanho das partículas, que geralmente não são descritos nos experimentos. Os menores teores de amônia também podem ser responsáveis pelo resultado.

Machacek et al. (2010) concorda com o descrito anteriormente, destacando que os efeitos benéficos das zeólitas sobre o desempenho, dependem de alguns fatores como o tipo de zeólita, suas características físicas, químicas e a dose de inclusão na dieta.

Trabalhos publicados demonstram que elevados níveis de amônia podem causar efeitos deletérios ao desempenho zootécnico das aves, supressão da resposta imune e aumento na susceptibilidade a doenças (BEKER et al., 2004; WANG et al., 2010). No presente estudo, os níveis de amônia encontrados no aviário foram baixos, não sendo suficientes para causar prejuízos ao desempenho das aves. Por adsorver o amônio, as zeólitas podem ter efeitos benéficos em desempenho, quando os níveis de amônia no ambiente estiverem acima do limite considerado ideal, o qual segundo o CIGR (1984) é de 20 ppm. Já COBB (2008) indica o limite de 10 ppm. Sendo assim, destaca-se a importância de experimentos que avaliem o desempenho de frangos de corte submetidos a altos níveis de amônia e suplementados com zeólitas na dieta e na cama.

4.2.2 Rendimento de carcaça e cortes

Não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) em rendimento de carcaça, de peito e de coxa/sobrecoxa nos três lotes estudados (Tabela 11).

Os resultados encontrados nestas avaliações corroboram com os descritos por Tatar et al. (2012), os quais não encontraram diferenças significativas em características gerais de carcaças oriundas de frangos de corte suplementados com níveis de 2 e 4 % de zeólitas na dieta.

Christaki et al. (2006) testaram a adição de 2 % de zeólitas e dois níveis de inclusão de semente linhaça (3 e 10 %), em dietas para frangos de corte, com o objetivo de verificar seu efeito sobre teor de gordura abdominal, teor de gordura de carne de peito e coxa, e ácido alfa linoléico. A adição de zeólitas naturais resultou em significativo aumento no peso de carne de coxa, diminuição no teor de gordura abdominal, e deposição de gordura benéfica. Os autores mencionam a necessidade de maiores estudos para esclarecer os mecanismos que levaram a estes resultados.

Tabela 11 – Rendimento de carcaça (%), peito (%) e coxa e sobrecoxa (%) de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador em camas de primeiro, segundo e terceiro lotes*.

| Rendimentos | Controle | Zeólitas na dieta | Zeólitas na cama | CV (%) |
|----------------------|----------|-------------------|------------------|--------|
| | | | | |
| 1º Lote | | | | |
| Carcaça (%) | 75,37 | 75,71 | 75,21 | 1,01 |
| Peito (%) | 28,59 | 28,26 | 27,74 | 4,67 |
| Coxa / sobrecoxa (%) | 21,00 | 20,95 | 21,70 | 3,88 |
| 2º Lote | | | | |
| Carcaça (%) | 75,61 | 76,00 | 75,78 | 1,36 |
| Peito (%) | 28,14 | 28,98 | 29,79 | 5,42 |
| Coxa / sobrecoxa (%) | 21,06 | 21,21 | 21,30 | 2,64 |
| 3º Lote | | | | |
| Carcaça (%) | 74,06 | 73,01 | 73,92 | 1,27 |
| Peito (%) | 28,94 | 28,73 | 28,30 | 8,48 |
| Coxa / sobrecoxa (%) | 20,46 | 19,49 | 19,51 | 4,76 |

* Não foram observadas diferenças significativas estatisticamente ($P > 0,05$).

Apesar de não ter sido avaliada a incidência de lesões de carcaça neste experimento, sabe-se que existe uma correlação direta entre a qualidade da cama e a incidência de escoriações de carcaça. Oliveira et al. (2003) afirmam que o uso de condicionadores de cama pode contribuir para a diminuição das escoriações de pele e conseqüente desclassificação das carcaças no abatedouro. Altos níveis de umidade implicam em aumento no aparecimento de lesões cutâneas (OLIVEIRA e CARVALHO, 2002).

Eleroglu e Yalçın (2005), afirmam que o tamanho das partículas de zeólitas utilizadas na cama pode influenciar no aparecimento de lesões corporais e de pés. Sendo assim, são necessários experimentos específicos que avaliem possíveis efeitos benéficos da utilização de zeólitas como condicionador de cama sobre o número de condenações no abate, lesões de carcaça, pododermatites, entre outras.

4.2.3 Análises de cama

Antes do alojamento do primeiro lote, após a distribuição da maravalha nas parcelas e das zeólitas em um dos ambientes, foram coletadas amostras de cama de todas as unidades experimentais para avaliação dos valores de matéria seca e pH iniciais. Estes dados estão descritos na Tabela 12.

Observou-se que antes do alojamento do primeiro lote, todos os ambientes continham valores semelhantes de matéria seca e pH ($P>0,05$). O teor de umidade da cama ao início do experimento estava de acordo com valores indicados na literatura (máximo de 14 %).

Tabela 12 - Matéria seca (%) e pH da cama de frangos de corte dos ambientes que receberam os três tratamentos antes do alojamento do primeiro lote*.

| | Ambiente 1 ¹ | Ambiente 2 ² | Ambiente 3 ³ | Média | CV (%) |
|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------|--------|
| Matéria seca (%) | 89,47 | 90,66 | 89,45 | 89,96 | 0,34 |
| pH | 5,25 | 5,27 | 5,25 | 5,25 | 1,27 |

* Não foram observadas diferenças significativas estatisticamente ($P>0,05$).

¹: cama de maravalha

²: cama de maravalha com zeólitas

³: cama de maravalha

O pH da cama ao início das criações encontrava-se ácido (5,25), concordando com o descrito por Roll e Roll (2012).

4.2.3.1 Matéria seca

Os resultados de matéria seca de cama obtidos dos três lotes estão descritos na Tabela 13.

Nos seis períodos analisados, ao longo dos três lotes, observou-se que o teor de matéria seca nas camas com inclusão direta de zeólitas foi estatisticamente maior ($P<0,05$) que o tratamento controle.

Já o teor de matéria seca nas camas das aves que receberam zeólitas via dieta apresentou-se semelhante ao controle ($P>0,05$) em todos os períodos analisados. Somente no último deles (42 dias do Lote 3), assemelhou-se ($P>0,05$) ao tratamento que continha zeólitas como condicionador de cama, não diferindo do controle ($P>0,05$).

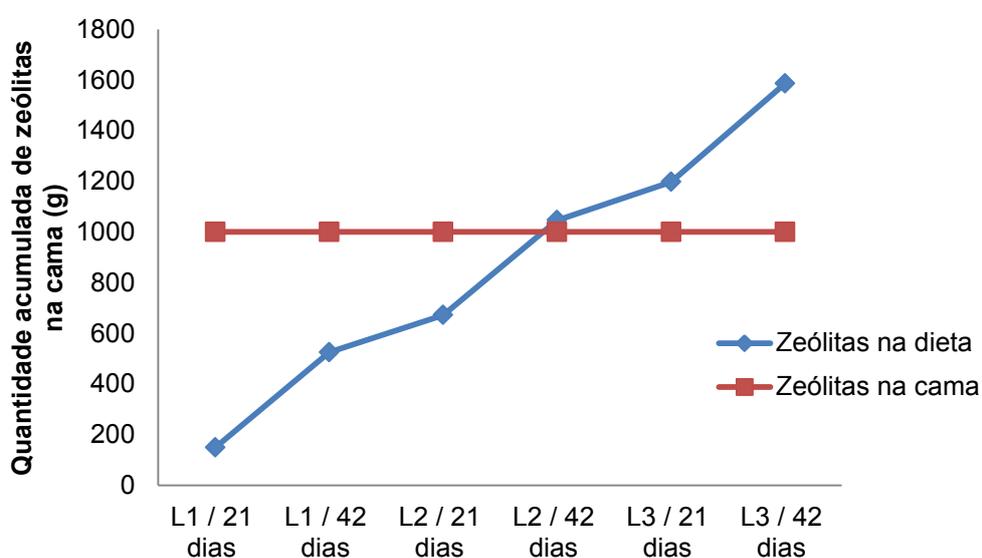
Tabela 13 - Matéria seca (%) de cama de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador de cama aos 21 e 42 dias de idade em três lotes consecutivos.

| | Lote 1 | | Lote 2 | | Lote 3 | |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | 21 dias | 42 dias | 21 dias | 42 dias | 21 dias | 42 dias |
| Controle | 60,73 b | 71,28 b | 70,86 b | 70,44 b | 71,88 b | 67,47 b |
| Zeólitas na dieta | 61,80 b | 71,86 b | 70,30 b | 69,87 b | 72,43 b | 70,48 ab |
| Zeólitas na cama | 65,84 a | 74,37 a | 72,58 a | 73,47 a | 77,45 a | 72,19 a |
| CV (%) | 5,05 | 2,14 | 1,93 | 1,99 | 2,69 | 1,01 |

Letras desiguais na coluna diferem estatisticamente pelo Teste Tukey ($P < 0,05$).

Neste experimento, as zeólitas testadas como condicionador de cama, foram adicionadas ao início do primeiro lote na dosagem de 10 % do peso total da cama, enquanto que as zeólitas testadas como aditivo químico foram adicionadas nas rações ao nível de 0,5 %. Logo, a quantidade de zeólitas presentes na cama das aves foi constante no tratamento que recebeu o condicionador na cama e, crescente no tratamento via dieta. As quantidades de zeólitas depositadas na cama ao longo dos três lotes estão apresentadas no Gráfico 1. Para as repetições em que as aves receberam zeólitas via dieta, calculou-se o valor depositado na cama a partir do consumo total de ração ao longo dos três lotes.

Gráfico 1 - Quantidade acumulada de zeólitas (g) depositada na cama por parcela (2 m²) ao longo dos lotes 1 (L 1), 2 (L 2) e 3 (L 3).



No Gráfico 1, pode-se verificar que ao final dos 42 dias do Lote 2, a quantidade de zeólitas acumulada na cama das aves que a receberam via dieta, praticamente equivaleu-se à quantidade presente na cama das aves que a receberam como condicionador de cama. Porém, observou-se que neste momento de equivalência, os resultados não foram semelhantes ($P < 0,05$).

Sendo assim, a inclusão de 10 % de zeólitas na cama elevou o teor de matéria seca. Contudo, a inclusão de 0,5 % de zeólitas na dieta não foi capaz de reduzir a umidade da cama nos três lotes analisados.

No entanto, aos 42 dias do Lote 3, observa-se que ambos os tratamentos aplicados tiveram resultados semelhantes ($P > 0,05$). Faz-se necessário, portanto, averiguar se a inclusão de zeólitas na dieta de frangos de corte por mais lotes e, com conseqüente maior excreção cumulativa é capaz de reduzir a umidade da cama.

Torna-se importante ressaltar que durante os três lotes consecutivos, uma inclusão única e inicial de 10 % de zeólitas foi capaz de reduzir a umidade da cama em relação às repetições que não continham o condicionador. Assim, verifica-se que não há necessidade de se adicionar as zeólitas em todo início de lote. Neste contexto, seria interessante testar a inclusão por mais lotes, buscando um possível ponto de saturação do mineral e, um correto momento de incluir nova quantidade de zeólitas à cama.

Ao final do terceiro lote os tratamentos com inclusão de zeólitas na cama e na dieta, tiveram umidade de 27,81 % e 29,52 %, respectivamente, enquanto que o tratamento controle continha 32,53 % de umidade, ficando próximo ao limite considerado ideal para a qualidade da cama.

Segundo Roll e Roll (2012), níveis acima de 35 % de umidade podem levar ao aumento de incidência de lesões de peito, pododermatites, condenações e depreciação na qualidade das carcaças, além de afetar o bem estar das aves. Em condições ambientais de ciclos constantes de elevado teor de umidade seguido de secagem, observa-se a compactação da cama, o que induz ao aparecimento de dermatites de contato e pododermatites (Medeiros et al., 2008).

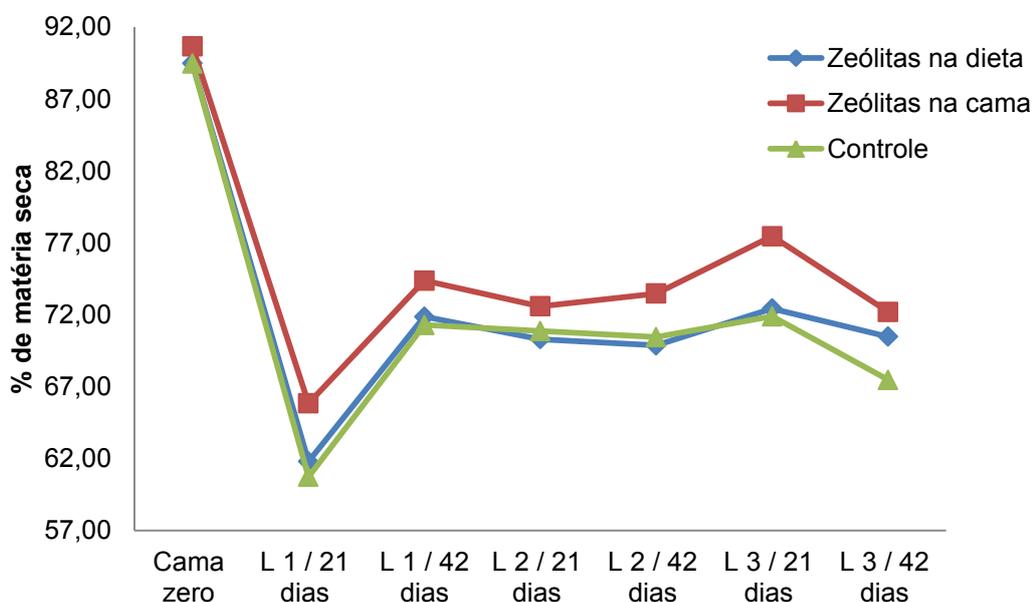
Os resultados obtidos concordam com o encontrado por Eleroglu e Yalçın (2005), os quais adicionaram zeólitas à cama de frangos de corte, criados em densidade de 15 aves/m² e, aos 42 dias, observaram que a umidade reduziu significativamente de 36,2 % no grupo controle para 25,2, 23,6 e 21,8 % com a

inclusão de 25, 50 e 75 % de zeólitas, respectivamente, sem diferenças estatísticas entre estes. É interessante observar que a umidade não reduziu proporcionalmente à adição do mineral. No presente estudo, pode-se observar que a inclusão de 10 % já é eficaz em promover a redução na umidade da cama.

Estudo realizado por Karamalins et al., (2008), não encontrou diferenças significativas nos teores de matéria seca de cama com inclusão de 2 Kg/m² de zeólitas. Os mesmos autores testaram a inclusão de 2 % de zeólitas na dieta de frangos de corte e não encontraram diferenças significativas.

Ao longo dos três lotes pode-se verificar também o comportamento do teor de matéria seca da cama com adição de zeólitas, o que pode ser observado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Teores de matéria seca (%) de cama de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador de cama antes do alojamento, aos 21 e 42 dias de idade dos lotes 1 (L 1), 2 (L 2) e 3 (L 3).



Observa-se no Gráfico 2 que em todos os tratamentos, as camas inicialmente tiveram alto índice de matéria seca, o que é desejado. Já aos 21 dias do primeiro lote, vê-se um declínio, o que pode ser atribuído à maior granulometria da maravalha neste momento. Traldi et al. (2007), verificaram que camas reutilizadas apresentam maior teor de matéria seca que camas novas, justificando que menores

granulometrias retém maior teor de umidade, já que possuem maior superfície de contato.

A partir dos 42 dias do primeiro lote, os índices variaram de 67 a 77%, de acordo com os tratamentos, com destaque para a inclusão de zeólitas na cama, que em todos os momentos mostrou-se acima dos demais. Estas flutuações podem ser atribuídas à capacidade reversível das zeólitas em absorver água. Logo, a umidade absorvida por estes minerais em um determinado momento, pode ser liberada posteriormente para o meio. Analisando a matéria seca, ao longo dos três lotes, observou-se que não há necessidade de uma nova inclusão de zeólitas até três lotes, o que pode ser justificado por essa reversibilidade. Mohebedini (2008), afirma que as zeólitas são efetivas em controlar a umidade principalmente em áreas onde o material que deveria absorver a umidade é de baixa eficácia.

Sendo assim, as zeólitas adicionadas à cama apresentaram boa capacidade higroscópica, característica que é buscada por qualquer condicionador de cama. Oliveira et al., (2003), adicionaram três substâncias (sulfato de alumínio, gesso agrícola e cal hidratada) à cama reutilizada e não observaram diferenças estatísticas em umidade.

Os resultados encontrados no presente estudo discordam daqueles obtidos por Loch et al. (2011), os quais, ao avaliar a umidade da cama de frangos de corte com adição de 5 % de zeólitas, por cinco lotes consecutivos, não verificaram diferenças significativas. Porém, a dose utilizada por estes autores é a metade da dose incluída no presente trabalho, além de que, utilizou-se feno de capim elefante como material para compor a cama.

Já a inclusão de 1,5 e 2,5 % de zeólitas na dieta de frangos de corte, não foi capaz de alterar o teor de matéria seca na cama (ÇABUK et al., 2004). Vale ressaltar que vários fatores podem interferir na umidade da cama, como dieta, consumo de água, temperatura, ventilação e tipo de bebedouro (OLIVEIRA et al., 2004) e estes podem ser responsáveis por diferenças encontradas entre experimentos.

4.2.3.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Observou-se (Tabela 14) que, aos 21 dias do Lote 1, os dados foram semelhantes ($P>0,05$) entre tratamentos. Durante esses primeiros 21 dias, nota-se

que o pH elevou-se de 5,25 para 7,4 (valores médios), o que deve estar relacionado à incorporação de matéria orgânica.

Ao final do primeiro lote, em todos os tratamentos, observou-se que com o aumento de excretas na cama, o pH elevou-se gradativamente; dados que concordam com o obtido por Lucca et al. (2012). Aos 42 dias, observou-se que o tratamento que continha zeólitas na cama apresentou pH de 8,63 diferenciando-se dos demais ($P < 0,05$) que apresentaram valor médio de 8,69. O tratamento que recebeu zeólitas via dieta não apresentou diferenças estatísticas ($P > 0,05$) em relação ao controle. Logo, observou-se que apesar de no ensaio de metabolismo ter-se verificado que as zeólitas incluídas na dieta reduziram o pH das excretas, aos 42 dias do primeiro lote, esta redução não foi suficiente para ocasionar redução do pH da cama.

Tabela 14 - Potencial hidrogeniônico (pH) de cama de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador de cama aos 21 e 42 dias de vida de criação de três lotes consecutivos.

| | Lote 1 | | Lote 2 | | Lote 3 | |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 21 dias | 42 dias | 21 dias | 42 dias | 21 dias | 42 dias |
| Controle | 7,51 | 8,70 a | 7,40 a | 8,72 a | 7,86 a | 8,89 a |
| Zeólitas na dieta | 7,44 | 8,69 a | 7,14 ab | 8,64 b | 7,89 a | 8,73 b |
| Zeólitas na cama | 7,25 | 8,63 b | 7,13 b | 8,58 b | 7,61 b | 8,75 b |
| CV (%) | 4,22 | 0,39 | 3,07 | 0,61 | 2,55 | 0,49 |

Letras desiguais nas colunas diferem estatisticamente pelo Teste Tukey ($P < 0,05$).

Analisando a sequência de todos os lotes, pode-se observar que a partir dos 42 dias do primeiro lote, as zeólitas incluídas como condicionador de cama foram significativamente inferiores ($P < 0,05$) ao tratamento controle, mostrando-se eficaz em manter o pH da cama baixo.

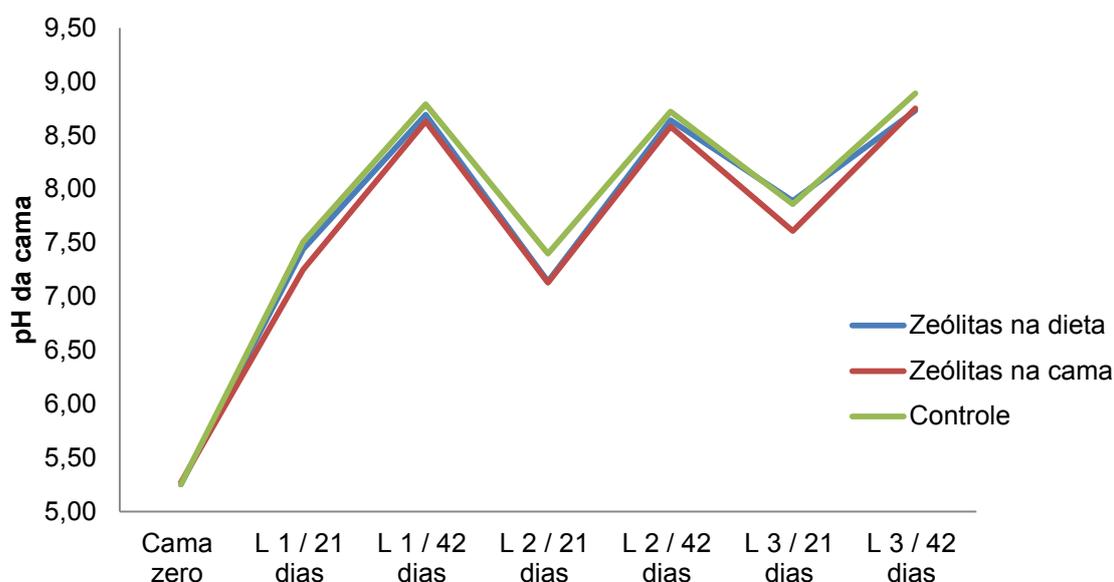
Já o pH da cama de aves que receberam zeólitas incluídas na dieta, diferenciou-se significativamente ($P < 0,05$) do controle somente aos 42 dias dos lotes 2 e 3. Como o ensaio de metabolismo demonstrou que a inclusão de zeólitas na dieta, reduziu o pH das excretas, o resultado encontrado na cama pode estar

relacionado ao fato de que neste período ocorre o maior consumo de ração pelas aves e conseqüentemente, maior consumo e excreção de zeólitas na cama.

Outro fator a ser destacado, é que a quantidade de zeólitas na cama foi constante para o tratamento com inclusão na cama e crescente para as que a receberam via dieta, como já foi discutido no item anterior e está descrito no Gráfico 1. Assim, se um maior número de lotes for criado sobre a mesma cama, a inclusão de zeólitas na dieta pode ser eficaz como a inclusão de zeólitas na cama e proporcionar menor pH, já que a cada lote há um efeito cumulativo das zeólitas que são depositadas na cama através das excretas das aves.

No Gráfico 3 pode-se observar que aos 21 dias, em todos os lotes, o pH da cama apresentou-se mais baixo que aos 42 dias. Este resultado pode ser justificado pelo processo de enlonação da cama realizado no intervalo entre lotes, o qual exerce ação de diminuição do pH. Experimento realizado pela EMBRAPA Suínos e Aves (SILVA et al., 2007) testou métodos de tratamento de cama (enlonação, enleiramento e aplicação de cal) e observou que todos eles reduzem o pH; sendo que para camas pós enlonação, encontrou-se o valor médio de pH de 5.39.

Gráfico 3 - pH de cama de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador de cama ao dia zero (antes do alojamento) e aos 21 e 42 dias de vida de criação dos lotes 1 (L 1), 2 (L 2) e 3 (L 3).



Logo, sempre que realizado algum método de tratamento da cama, esta terá um pH mais baixo e menos favorável à produção de amônia, o que também foi

observado no presente experimento. Assim sendo, observa-se a importância de se realizar os processos de tratamento da cama.

As diferenças de pH encontradas entre tratamentos, podem estar relacionadas à umidade da cama. Oliveira et al. (2003), afirmam que aditivos de cama com alta capacidade de absorver umidade, reduzem a atividade de bactérias produtoras de amônia, e, por conseguinte, o pH da cama.

Por outro lado, Medeiros et al. (2008) verificaram que o aumento da umidade em cama de frangos de corte, levou à diminuição na volatilização da amônia, sem grandes alterações em valores de pH. Os autores atribuem o observado à alta afinidade dissociativa da amônia em água.

O controle do pH da cama é fundamental pois valores superiores a 7.0 estimulam a proliferação bacteriana na cama, aumentando a produção de amônia nos aviários (TRALDI et al., 2007), prejudicando a sanidade e desempenho zootécnico das aves.

A amônia volatiliza-se a partir da decomposição microbiana de compostos nitrogenados presentes nos dejetos, principalmente o ácido úrico excretado pelas aves. O processo de decomposição do ácido úrico é favorecido em meio alcalino, já que a enzima uricase (responsável pela reação) atinge seu ponto ótimo de ação em pH 9. Desta forma, o pH das excretas é um fator determinante no processo de volatilização; sendo assim, quanto maior o pH, maior a produção e volatilização da amônia (LI et al., 2008).

Assim, ao longo de todos os lotes, observou-se que o pH da cama era favorável à volatilização da amônia.

4.2.3.3 Nitrogênio total

Verificou-se que somente aos 42 dias do Lote 1 (Tabela 15), foram observadas diferenças significativas nos teores de nitrogênio total. Camas com inclusão de zeólitas apresentaram maior teor de nitrogênio em relação ao controle ($P < 0,05$), sem diferir do tratamento com inclusão de zeólitas na dieta ($P > 0,05$).

Nos demais períodos analisados, observou-se que todos os tratamentos assemelharam-se entre si ($P > 0,05$). Sendo assim, não se pode afirmar categoricamente que a inclusão de 0,5 % de zeólitas na dieta e 10 % de zeólitas na cama de frangos de corte são capazes de reter maior quantidade de nitrogênio.

Tabela 15 - Nitrogênio total (%) de cama de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador de cama aos 21 e 42 dias de idade em três lotes consecutivos.

| | Lote 1 | | Lote 2 | | Lote 3 | |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 21 dias | 42 dias | 21 dias | 42 dias | 21 dias | 42 dias |
| Controle | 2,43 | 2,45 b | 3,00 | 2,97 | 2,85 | 3,20 |
| Zeólitas na dieta | 2,49 | 2,63 ab | 2,91 | 2,92 | 2,93 | 3,39 |
| Zeólitas na cama | 2,52 | 2,70 a | 2,92 | 2,96 | 3,01 | 3,31 |
| CV (%) | 4,59 | 6,18 | 3,88 | 3,33 | 6,46 | 6,31 |

Letras desiguais na coluna diferem estatisticamente pelo Teste Tukey ($P < 0,05$).

Os resultados obtidos concordam com o descrito por Karamanlis et al. (2008), os quais testaram a inclusão de 2 % de zeólitas na dieta e 2 Kg/m² de zeólitas na cama de frangos de corte em arranjo fatorial e não observaram diferenças significativas nos níveis de nitrogênio total na cama, até 42 dias.

Pode-se observar que o experimento supracitado testou doses quatro vezes maiores que o presente estudo, tanto na inclusão na dieta quanto na cama e, ainda assim, não foram observadas diferenças significativas.

No presente estudo, constatou-se aumento nos teores de nitrogênio total depositado na cama ao longo dos períodos analisados, o qual se deve à maior quantidade de excretas; dados que concordam com os observados por Hernandez et al. (2002), os quais demonstraram relação direta entre o aumento da densidade e dos níveis de nitrogênio depositados na cama.

Vários fatores podem interferir em maior ou menor retenção de nitrogênio da cama. Experimento realizado por Coufal et al. (2006), avaliou 18 lotes consecutivos de frangos de corte e, verificou que camas novas retém maior teor de nitrogênio que camas reutilizadas em climas quentes. O oposto foi observado para climas frios, pois camas reutilizadas retiveram maiores teores de nitrogênio. Os autores consideram o resultado difícil de ser explicado e apontam a atividade microbiana como possível responsável pelo processo.

A redução da excreção de nitrogênio nos aviários tem efeitos positivos e significativos na mitigação da poluição ambiental (JACOB et al., 2000). O uso de aditivos na cama de frangos de corte apresenta-se como uma alternativa à redução

das perdas de nitrogênio, aumentando o valor da cama de aviário como fertilizante (OLIVEIRA et al., 2003).

Sendo assim, vários aditivos vêm sendo testados com o objetivo de fixar maior quantidade de nitrogênio na cama das aves, porém são raros os experimentos que alcançam este objetivo. Trabalho realizado por Neme et al. (2000) com adição de alta dose de gesso agrícola (43 %) em cama de aviário, não verificou maior fixação de nitrogênio.

Coufal et al. (2006), afirmam que diferenças entre perdas de nitrogênio e de amônia ocorrem devido às perdas em poeira e outras perdas nitrogenadas (óxido nitroso, óxido nítrico, etc.).

4.2.3.4 Amônia

Os resultados de níveis de amônia, na cama de frangos de cortes, obtidos dos três lotes estão descritos na Tabela 16.

Tabela 16 - Níveis de amônia (mg) de cama de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador de cama aos 21 e 42 dias de vida de três lotes consecutivos.

| | Lote 1 | | Lote 2 | | Lote 3 | |
|-------------------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|
| | 21 dias | 42 dias | 21 dias | 42 dias | 21 dias | 42 dias |
| Controle | 0,017 | 0,273 a | 0,017 a | 0,328 a | 0,063 a | 0,375 a |
| Zeólitas na dieta | 0,023 | 0,232 b | 0,011 b | 0,348 a | 0,069 a | 0,376 a |
| Zeólitas na cama | 0,018 | 0,252 ab | 0,007 b | 0,288 b | 0,035 b | 0,246 b |
| CV (%) | 29,42 | 7,23 | 16,35 | 7,39 | 37,06 | 17,57 |

Letras desiguais na coluna diferem estatisticamente pelo Teste Tukey ($P < 0,05$).

No primeiro lote, aos 21 dias, não foram observadas diferenças significativas estatisticamente ($P < 0,05$), o que deve estar relacionado ao fato de a maravalha ser nova e a quantidade de excretas depositadas na cama ser pequena.

Já no primeiro lote, aos 42 dias, observou-se que os níveis de amônia em cama de aves que receberam a inclusão de zeólitas via dieta igualou-se à zeólitas na cama ($P < 0,05$), diferindo do controle ($P > 0,05$). No entanto, o tratamento com

inclusão de zeólitas diretas na cama assemelhou-se ($P>0,05$) também ao controle. A inclusão de zeólitas na dieta levou à redução de 15 % da amônia volatilizada.

Estes dados concordam com o obtido por Çabuk et al. (2004), os quais verificaram redução nos níveis de amônia quando adicionaram 1,5 e 2,5 % de zeólitas à dieta de frangos de corte.

Aos 21 dias do segundo lote, tanto a inclusão de zeólitas na dieta quanto na cama diferiram-se do controle ($P<0,05$) e assemelharam-se ($P>0,05$) entre si. Desta forma, foi observada uma redução média de 45 % de amônia volatilizada em relação ao controle.

Já aos 42 dias do segundo lote e nas avaliações do terceiro lote, a inclusão de zeólitas na cama diferiu-se do controle ($P<0,05$). A inclusão de zeólitas na dieta não foi capaz de reduzir a volatilização de amônia assemelhando-se ao controle ($P>0,05$).

Sendo assim, a inclusão de zeólitas na cama, reduziu a volatilização da amônia em 12,9 % aos 42 dias do segundo lote, 44,4 % aos 21 dias do terceiro lote e 34,4 % aos 42 dias do terceiro lote.

A diminuição dos níveis de amônia pode ser justificada pela capacidade adsortiva das zeólitas e de troca catiônica. A adsorção ao amônio ocorre pela estrutura química porosa das zeólitas, constituída por arcabouços negativos que podem conter cátions em seu interior. Luz (1995), afirma que a superfície interna da zeólita clinoptilolita é de 300 m²/g e esta, seria responsável pela eficiência adsortiva do mineral.

Já a capacidade de troca catiônica é responsável pela retenção do íon NH₄⁺. Quando ocorre a troca de um íon Si⁴⁺ ou Al³⁺, há um desbalanceamento da molécula e necessidade de introdução de outro cátion. Com a formação do amônio nos aviários, este é adsorvido pelas zeólitas (cátion de compensação).

Segundo Braga e Morgan (2007), quanto maior o número de alumínio na constituição de uma zeólita, maior é a sua capacidade de troca catiônica, pois as moléculas de alumínio criam densidades de cargas negativas, provocando uma necessidade de cátions, os quais podem ser trocados. Outros dois fatores determinantes na capacidade adsortiva das zeólitas são o seu volume poroso e o diâmetro dos poros, o que faz com que sejam chamadas de “peneiras moleculares” (AGUIAR e NOVAES, 2002). Bernardi et al. (2008) afirmam que as zeólitas podem também absorver alguns gases, dentre ele a amônia (NH₃).

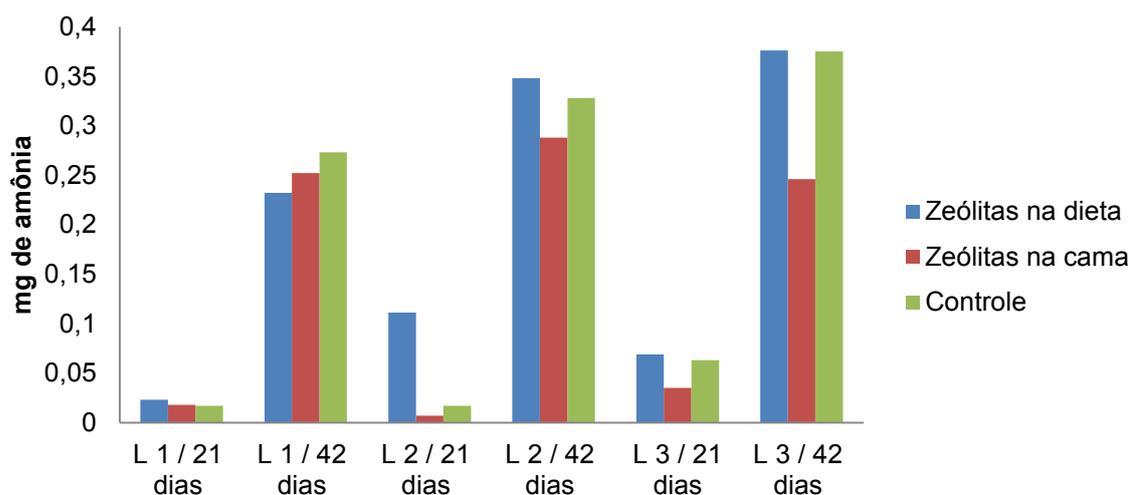
.As citações acima embasam a importância de se conhecer as características das zeólitas, as quais podem ajudar a compreender os efeitos destes minerais, bem como as diferenças nos resultados dos trabalhos.

Os dados encontrados discordam dos obtidos por Maurice et al. (1998) que não observaram redução dos níveis de amônia em cama de frangos de corte com inclusão de 10% de zeólitas em relação ao peso da cama.

A volatilização da amônia é influenciada pelo pH da cama (OLIVEIRA et al., 2003). Observou-se que neste experimento, em todos os momentos analisados, o pH da cama manteve-se acima de 7,0, ou seja, favorável à volatilização da amônia.

No Gráfico 4, pode-se visualizar que aos 21 dias de cada lote os níveis de amônia foram baixos e inferiores aos 42 dias, o que pode estar relacionado ao baixo pH da cama nestes mesmos períodos. Este resultado concorda com o obtido por Oliveira et al. (2003), que adicionaram gesso agrícola à cama de frangos de corte e, observaram redução significativa dos níveis de amônia volatilizada. O resultado foi atribuído ao baixo pH da cama. Outra variável que pode justificar o resultado encontrado é o aumento da densidade e da idade do lote os quais ocasionam maiores quantidades de amônia volatilizada aos 42 dias (HERNANDES et al., 2002).

Gráfico 4 - Níveis de amônia de cama de frangos de corte suplementados com zeólitas na dieta e como condicionador de cama aos 21 e 42 dias de idade de criação dos lotes 1 (L 1), 2 (L 2) e 3 (L 3).



Quando o pH da cama encontra-se abaixo de 7 e há a presença de íons H^+ , ocorre o aumento da proporção amônio: amônia (NH_4^{++} : NH_3), sendo assim, não há

volatilização da amônia e sim, a manutenção do amônio que por possuir carga elétrica não é volátil (MOORE JR. et al., 2000).

Porém, Loch et al. (2011) afirmam que a redução do pH pode não ser o mecanismo exclusivo no processo de volatilização da amônia; pois, observa-se que o efeito dos condicionadores de cama sobre os níveis de amônia dura por tempo superior ao que se observa o pH baixo da cama.

Em concordância com a afirmação acima, para Coufal et al. (2006), a temperatura e a umidade são os fatores que mais afetam a variabilidade da volatilização da amônia, pois sem a inclusão de aditivos, o pH da cama geralmente encontra-se acima de 8.0. Muitos outros fatores podem interferir na temperatura e a umidade nos aviários como o tipo de aviário, a idade das aves, manejo da cama e condições climáticas. Sendo assim, no presente estudo, nas variáveis analisadas observou-se uma coerência no que diz respeito à volatilização de amônia.

A umidade, juntamente com o processo de maturação da cama, induz a proliferação de microrganismos (fungos e bactérias desnitrificantes) que através da enzima uricase, atacam os uratos gerando vários subprodutos, entre eles, destaca-se a amônia (ROLL e ROLL, 2012). A amônia também pode ser gerada a partir da desaminação bacteriana ou redução de substâncias nitrogenadas presentes na cama de frangos (HERNANDES e CAZETTA, 2001).

Dentre os fatores que interferem na volatilização da amônia, pode-se citar: fontes de materiais da cama, teor de nitrogênio, sexo das aves, densidade populacional, tempo de criação e idade das aves, espessura da cama, microrganismos presentes, temperatura, taxa de troca e velocidade do ar, pH, umidade e reutilização da cama (EGUTE et al., 2010).

Temperaturas mais altas podem estimular a atividade microbiana na cama, elevando assim o potencial de degradação enzimática do ácido úrico e proteínas em amônia (COUFAL et al., 2006).

Experimento realizado por Atapattu et al. (2008), verificou que o tipo de material utilizado como cama também pode interferir na volatilização da amônia.

A redução da volatilização da amônia com uso de zeólitas vem sendo testada também nos procedimentos de adubação do solo. Alves et al., (2007), quantificaram a volatilização da amônia em solo adubado com ureia e zeólitas em 4 níveis (12,5; 25, 50 e 100 %) e, observaram redução na emissão de amônia a partir de 25 % de inclusão de zeólitas.

Segundo Oviedo-Rondón (2008), além dos efeitos tóxicos da amônia, este gás é o precursor de partículas voláteis muito pequenas denominadas PM 2.5 (Particle Matter 2.5 μm), as quais são classificadas como o segundo maior poluente aéreo das instalações avícolas.

Vale ressaltar que a idade da cama também interfere na emissão de amônia (OVIEDO-RONDÓN, 2008). No Gráfico 4, observando-se os níveis de amônia aos 42 dias de cada lote, nota-se que há uma linearidade crescente, ou seja, com a reutilização da cama, a cada novo lote tem-se maiores níveis de amônia e, portanto, maior desafio em controlar a emissão deste gás nos aviários. O mesmo também foi observado por Traldi et al. (2007), que compararam camas novas e reutilizadas e observaram maior pH e potencial de volatilização de amônia em camas reutilizadas.

Estudo realizado por Loch et al. (2011), não encontrou diferenças significativas em volatilização de amônia, quando se adicionou 5% de zeólitas em cama de aviário.

Os efeitos das zeólitas sobre a redução da volatilização da amônia foram encontrados em outros experimentos. A zeólita Clinoptilolita foi aplicada à superfície e 2,5 kg de excretas frescas de galinhas, nas taxas de inclusão de 0, 2,5 %, 5 % e 10 % e, observou-se que a emissão de amônia acumulada ao longo de duas semanas foi reduzida em 20 %, 50 % e 77 %, respectivamente (LIANG et al., 2005).

As diferenças entre técnicas, equipamentos e calibração podem ser responsáveis por diferenças em resultados encontrados. Miles (2008) estudou a estratificação da amônia nos aviários e observou que as concentrações deste gás diminuem verticalmente com o aumento da distância da superfície da cama. O autor observou variações de 11,2 a 4,4 ppm, à medida que o equipamento se distanciou das aves. Sendo assim, medições realizadas acima da altura das aves, podem não refletir o real nível de amônia a que as aves estão expostas.

Com base nos dados obtidos por este experimento e pela revisão de literatura apresentada, observa-se que vários são os fatores que podem interferir na volatilização da amônia; como pH, umidade, temperatura, tipo de cama, instalações, ventilação, densidade, dieta entre outros e, podem existir fatores que ainda não foram listados. Logo, a volatilização da amônia é dependente de todas essas variáveis agindo conjuntamente. Portanto, um fator isolado não deve ser apontado como o agente causador e sim, como mais componente auxiliar no complexo processo de emissão de amônia nos aviários.

5 CONCLUSÃO

A inclusão de 0,5 % de zeólitas naturais na dieta de frangos de corte não afeta desempenho zootécnico, rendimento de carcaça e cortes e, nitrogênio total das excretas, no entanto, reduz pH e umidade das excretas.

A inclusão de 10 % de zeólitas naturais em relação ao peso da cama de maravalha em aviários, não afeta desempenho zootécnico e rendimento de carcaça e cortes. Contudo, reduz pH e umidade da cama e os níveis de amônia volatilizada.

Ao longo de três lotes consecutivos, a inclusão de 0,5 % de zeólitas na dieta de frangos de corte não se mostrou eficiente em reduzir os níveis de amônia e umidade da cama, enquanto que a inclusão única de 10 % de zeólitas na cama de frangos de corte reduz a umidade da cama e a volatilização da amônia.

REFERÊNCIAS

ABREU, P.G., ABREU, V.M.N. Documentos, 63: **Ventilação na avicultura de corte**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. 50p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 63).

AGUIAR, M. R. M. P de, NOVAES, A. C. Remoção de Metais Pesados de Efluentes Industriais por Aluminossilicatos. **Química Nova**, v.25, n. 6B, p. 1145-1154, 2002.

AL-NASSER, A.Y., et al. Zeolite as a feed additive to reduce Salmonella and improve production performance in Broilers. **International Journal of Poultry Science**, v. 10, p. 448-454, 2011.

ALVES, A. C.; et al. **Adição de zeólita para redução da volatilização de amônia em solo fertilizado com ureia**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 4 p. (Circular Técnica. Embrapa Pecuária Sudeste, 55).

AMBRUSTER, T. Clinoptilolite-heulandite: applications and basic research. **Studies in Surface Science and Catalysis**, 135, p. 13-27, 2001.

ATAPATTU, N. S. B. M. SENARATNA, D. BERPAGODAGAMAGE, U. D. Comparison of Ammonia Emission Rates from Three Types of Broiler Litters. **Poultry Science**, v. 87, p. 2436–2440, 2008.

ATIA, A., HAUGEN-KOZYRA, K., AMRANI, M. **Ammonia and Hydrogen Sulfide Emissions from Livestock Production**. Alberta Agriculture, Food and Rural Development, p. 229-217, 2004.

BRAGA, A.A.C.; MORGAN, N.H. Descrições estruturais cristalinas de zeólitos. **Química Nova**, v. 30, p. 178-188, 2007

BATINA, P.N., et al. Efeitos da adição de montmorilonita sódica na dieta sobre o perfil bioquímico de frangos de corte intoxicados com aflatoxina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n.4, p.826-831, jul-ago, 2005.

BEKER, S.L. et al. Atmospheric Ammonia Concentration Effects on Broiler Growth and Performance. **Poultry Science**, v. 13, p. 5 – 9, 2004.

BERNARDI, A.C. de C. et al. **Potencial de uso de zeólitas na agropecuária**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. Disponível em: <<http://www.cppse.embrapa.br/080servicos/070publicacaogratis/documentos85.pdf/view>> Acesso em: 22.01.2012

BERTELLA, F. ACORSI, M. BIESEKI, L. et al. Determinação da capacidade de troca catiônica em Argilas. XVI Encontro de Química da Região Sul (16-SBQSul). **Anais... FURB**, 13 a 15 de novembro de 2008.

BRUNO, L. D.G.; MACARI, M. Ingestão de água: mecanismos regulatórios. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP / UNESP, 2002. 375p.

CAFÉ, M.B.; ANDRADE, M.A.A.; ROCHA, P.T. Doenças tóxicas. In: BERCHIERI JÚNIOR, A. et al. **Doenças das aves**. 2. ed. Campinas: Facta, 2009.

CALOURO, F. **Actividades agrícolas e ambiente**. Capítulo 1. Actividades agrícolas e qualidade do ar. SPI – Sociedade Portuguesa de Inovação Consultadoria Empresarial e Fomento da Inovação, 1. ed, Porto, 2005.

CARVALHO, T.M.R., MOURA, D.J. DE, SOUZA, Z.M. DE et al. Qualidade da cama e do ar em diferentes condições de alojamento de frangos de corte. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 46, n. 4, p.351-361, 2011.

CASTAING, J. Uso de las arcillas en alimentación animal. In: Curso de Especialización vances em nutrición y alimentación animal, 14., 1998, Fira de Barcelona, Espanha. **Anais...** Fira de Barcelona: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 1998, p.141-158. Disponível em: <<http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/98CAPVIII.pdf>>.

ÇABUK, M., et al. Effect of yucca schidigera and natural zeolite on broiler performance. **Poultry Science**, v.10, p.651-654, 2004.

CHRISTAKI, E.V., et al. Effects of dietary inclusion of natural zeolite and flaxseed on broiler chickens' body fat deposition in an extended fattening period. **Arch.Geflügelk.**, v. 70, n. 3, p. 106 -111, 2006.

CIGR, Comission Internationale du genie rural. **Climatization of animal houses**. 1st Report of Working Group. Aberdeen: Scottish Farm Buildings Investigation Unit, 1984. 56 p.

COBB-VANTRESS. **Manual de Manejo de Frangos de Corte**. 2008.

CONY, A. V.; ZOCHE, A. T. Equipamentos para fornecimento de ração e água. In: **Produção de Frangos de Corte**. Campinas: Facta, 2004. p- 86-105

COOMBS, D.S. et al. Recommended nomenclature for zeolite minerals: report of the subcommittee on zeolites of the international mineralogical association, commission on new minerals and mineral names. **The Canadian Mineralogist**. v. 35, p. 1571-1606, 1997.

CORREIA, J. G. **Estudo da zeólita para utilização na agricultura**. 2003.

Disponível em:

www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_xljic_2003/13_jackieline_JIC_2003.pdf.

CORREIA, T. A. et al. Caracterização de zeólitas do Município de Urupema, SC, e sua capacidade de remoção de Cu²⁺ de soluções aquosas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.9, n.1, p. 29-38, 2010

COUFAL, C. D., et al. Nitrogen emissions from broilers measured by mass balance over eighteen consecutive flocks. **Poultry Science**. v. 85, p. 384–391, 2006.

COUTINHO FILHO, J.L.V., et al. Efeito da zeólita na engorda de bovinos em confinamento. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, v. 10, n. 2, p. 93-96, 2002.

EGUTE, N. dos S., ABRÃO, A., CARVALHO, F. M. S. de. Estudo do processo de geração de amônia a partir de resíduos avícolas visando a produção de hidrogênio. **Revista Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 12, n.1, mar, 2010.

ELEROGLU, H., YALÇIN, H. Use of natural zeolite-supplemented litter increased broiler production. **South African Journal of Animal Science**, v. 35, n. 2, 2005.

FELIX, E.P., CARDOSO, A.A. Amônia (NH₃) atmosférica: fontes, transformação, sorvedouros e métodos de análise. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p. 123-130, 2004.

FERREIRA, A.C.K., et al. O uso de aluminossilicato (Silvet ®) como adjuvante na melhora do aspecto das fezes e desempenho das aves. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 1, p. 117-122, 2005.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.

GUTIÉRREZ, M.T.O. **Zeólitas características y propiedades**. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Depto. de Química, México, 2004.

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

HERNANDES, R. CAZETTA, J.O., MORAES, V.M.B.de. Frações Nitrogenadas, Glicídicas e Amônia Liberada pela Cama de Frangos de Corte em Diferentes Densidades e Tempos de Confinamento1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1795-1802, 2002.

JACOB, J. P., et al. Using enzyme supplemented, reduced protein diets to decrease nitrogen and phosphorus excretion of white leghorn hens. **Asian Australas Journal Animal Science** , v. 13, p. 1743-1749, 2000.

KARAMANLIS, X, et al. A. The effect of natural zeolite (clinoptilolite) on the performance of broiler chickens and the quality of their litter. **Asian-Aust. Journal Animal Science**, v. 21, p. 1642-1650, 2008.

LI, H., et al. Reduction of ammonia emissions from stored laying hen manure through topical application of zeolite, Al+Clear, Ferix-3, or poultry litter treatment. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, n. 4, p. 421-431, 2008.

LIANG, Y., et al. Evaluation of treatment agents and diet manipulation for mitigating ammonia and odor emissions from laying hen manure. In: ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2005, Florida. **Proceedings...** Florida: ASABE, 2005. Paper no 054160.

LOCH, F.C., et al. Quality of poultry litter submitted to different treatments in five consecutive flocks. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 5, p. 1025-1030, 2011.

LUCCA, W., 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.

LUZ, A. B. da. **Zeólitas: propriedades e usos industriais**; Rio de Janeiro: CETEM/CNPQ, 1995.

LY, J., et al. Una nota sobre la adsorción in vitro de amoníaco en zeólitas naturales cubanas. **Revista Computadorizada de Producción Porcina**, Cuba, v. 3, n. 3, 1996.

MACHACEK, M. et al. Effect of the Feed Additive Clinoptilolite (ZeoFeed) on Nutrient Metabolism and Production Performance of Laying Hens. **Acta Veterinaria**, v. 79, p. 29–34, 2010.

MAIA, G.V.C., et al. Zeólitas e *Yucca schidigera* em rações para cães: palatabilidade, digestibilidade e redução de odores fecais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 11, p. 2442-2446, 2010.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 13**, Anexo 1, Seção 1, 2004. p. 63

MAURICE, D.V., et al. Alum sludge and zeolite as components of broiler litter. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 7, n. 3, p.263-267, 1998.

MEDEIROS, R., et al. A adição de diferentes produtos químicos e o efeito da umidade na volatilização de amônia em cama de frango. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2321-2326, 2008.

MILES, D.M. Vertical stratification of ammonia in a broiler house. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, n. 3, p. 348-353, 2008.

MOHEBODINI, H. **Zeolite as a feed additive in broiler chickens diets**. Iran International Zeolite Conference (IIZC'08), Abr- Maio, Tehran –Iran, 2008.

MONTE, M. B. de M.; RESENDE, N. das G. de A. da M. **Zeólitas Naturais**. Comunicação Técnica elaborada para Edição do Livro Rochas e Minerais Industriais: Usos e Especificações. CETEM Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência e Tecnologia Coordenação de Processos Mineraiis – COPM, Rio de Janeiro, p. 699 – 720, 2005.

MOORE Jr., 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**, v. 29, n. 1, p. 29-37, 2000.

MUMPTON, F.A.; FISHMAN, P.H. The application of natural Zeolites in animal science and aquaculture. **Journal of Animal Science**, v. 45, p. 1188-1203, 1977.

MUMPTON, F. A. **La roca majica: uses of natural zeolites in agriculture and industry.** Proceedings... National Academy of Science of the USA, v. 96, p. 3463-3470, 1999.

NEME, R.; SAKOMURA, N. K.; OLIVEIRA, M. D. S. Efeito da adição do gesso agrícola em três tipos de cama de aviário na fixação do nitrogênio e desempenho de frangos de corte. **Ciência Rural**, v. 30, n. 4, p. 687-692, 2000.

OLIVEIRA, M. C.; CARVALHO, I. D. Rendimento e lesões em carcaças de frangos de corte criados em diferentes camas e densidades populacionais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 1076-1081, set./out., 2002.

OLIVEIRA, M.C., et al. Teor de Matéria Seca, pH e Amônia Volatilizada da Cama de Frango Tratada ou Não com Diferentes Aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 951-954, 2003.

OLIVEIRA, M.C.; FERREIRA, H.A.; CANCHERINI, L.C. Effect of chemical conditioners on poultry litter quality. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 4, p. 536-541, 2004.

OVIEDO-RONDÓN, E. O. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 239-252, 2008.

PAGANINI, F. Manejo da Cama. IN: **Produção de frangos de corte.** MENDES, A.A., NAAS, I.A., MACARI, M. Facta: Campinas, SP, 2004.

RAMOS, R. L. et al., Intercambio iónico de Pb(II) en solución acuosa sobre clinoptilolita modificada por intercambio catiónico. **Revista de la Sociedad Química de México**, México, v. 48, p. 130-136, 2004.

RITZ,C.W., FAIRCHILD, B.D., LACY,M.P. Litter Quality and Broiler Performance. **Cooperative Extension Service/The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences.. Extension Poultry Scientists.** Boletim 1267, abril, 2005.

ROSTAGNO, H.S, et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2 ed, **Viçosa** (MG): UFV; 2005.
ROLL, A. P.; ROLL, V. F. B. Aspectos relacionados com a utilização da cama. In: DAI PRÁ, M.A., ROLL, V.F.B. **Cama de aviário: utilização, reutilização e destino.** Porto Alegre: Manas/ Evangraf, 2012.

RUSSELL, J.B.; CHOW, J.M. Another theory for the action of ruminal buffer salts: decreased starch fermentation and propionate production. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 826-830, 1993.

RUTHVEN, D. M. **Principles of adsorption and adsorption process**. New York: Wiley, 1984.

SAFAEIKATOULI, M. JAFARIAHANGARI, Y. BAHARLOUEI, A. Na evolution on the effects os dietary kaolin and zeolite on broilers blood parameters, T4, TSH and growth hormones. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 10, n.3, p. 233-237, 2011.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SHINZATO, M.C. Remoção de metais pesados em solução por zeólitas naturais: revisão crítica. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, p. 27-28 (1/2), 65-78, 2007.

SILVA, D.J., QUEIROZ, A. C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 235p.

SILVA, V.S., et al. **Efeito de Tratamentos Sobre a Carga Bacteriana de Cama de Aviário Reutilizada em Frangos de Corte**. Comunicado técnico 467. ISSN 0100-8862. Versão Eletrônica. Dezembro, 2007 Concórdia, SC.

SILVA, A.N.da., et al. Uso de diferentes produtos químicos para controle da volatilização de amônia em cama de frangos. **Zootec 2009**, Águas de Lindoia – SP, 2009.

TATAR, A., et al. Effects of Dietary Supplementation with Perlite and Zeolite on Performance, Litter Quality and Carcass Characteristics of Broilers from 7- 42 Days of Age **International Research Journal of Applied and Basic Sciences**, v.3 p. 1148-1154, 2012.

TRALDI A.B. et al. Avaliação de probióticos na dieta de frangos de corte criados em cama nova ou reutilizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 660-665, 2007.

VIEITES, F.M. et al. Balanço Eletrolítico e Níveis de Proteína Bruta sobre o Desempenho, o Rendimento de Carcaça e a Umidade da Cama de Frangos de

Corte de 1 a 42 dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 1990-1999, 2005

WANG, M. et al. Effect of atmospheric ammonia on Growth Performance and immunological response of broiler chickens. **Journal of animal and veterinary advances**, v. 9, n. 22, p. 2802 – 2806, 2010.