

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA  
FILHO" FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**GESSO AGRÍCOLA MELHORA A QUALIDADE FERTILIZANTE  
DA CAMA DE FRANGO?**

**JANAINA MATIAS PEREIRA DA SILVA**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus  
de Botucatu, para obtenção do título de Mestre  
em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP  
Fevereiro - 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA  
FILHO" FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**GESSO AGRÍCOLA MELHORA A QUALIDADE FERTILIZANTE  
DA CAMA DE FRANGO?**

**JANAINA MATIAS PEREIRA DA SILVA**

Orientador: Prof. Dr. Ciro Antonio Rosolem

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus  
de Botucatu, para obtenção do título de Mestre  
em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP  
Fevereiro - 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S586g Silva, Janaina Matias Pereira, 1987-  
Gesso agrícola melhora a qualidade fertilizante da cama de frango? / Janaina Matias Pereira Silva. - Botucatu : [s.n.], 2016  
viii, 50 f. : grafs. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2016  
Orientador: Ciro Antonio Rosolem  
Inclui bibliografia

1. Milho - Adubação. 2. Adubação orgânica. 3. Amônia. 4. Fertilizantes nitrogenados. I. Rosolem, Ciro Antonio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: GESSO AGRÍCOLA MELHORA A QUALIDADE FERTILIZANTE DA CAMA DE FRANGO?.**

**AUTORA: JANAINA MATIAS PEREIRA DA SILVA**

**ORIENTADOR: CIRO ANTONIO ROSOLEM**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. CIRO ANTONIO ROSOLEM

Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

  
Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BÓAS

Dep Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

  
Prof. Dr. JOSE ROBERTO SARTORI

Dep de Melhoramento e Nutrição Animal / Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu

Botucatu, 29 de fevereiro de 2016

**DEDICO**

*Aos meus pais Dina Rosa Matias Pereira da Silva e Jessenei Pereira da Silva, pelo amor, compreensão e paciência em todas as etapas da minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que participaram de toda a jornada e estiveram ao meu lado apoiando, aconselhado e desejando sempre o melhor. Sem eles meu mestrado não se tornaria possível.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ciro Antonio Rosolem, por ser mais que um orientador, foi um educador e conselheiro. Sinto-me honrada e eternamente grata por ter confiado no meu trabalho.

Ao Prof. Dr. José Roberto Sartori pelo apoio ao projeto, cedendo às instalações, equipe.

À Prof. Dra. Maria Márcia Pereira Sartori por auxiliar nas análises estatísticas e nos resultados dessa dissertação.

Ao meu irmão de orientação Elialdo Alves por ser aquele que apoiou não só em nível acadêmico, mas na vida também.

À minha irmã de orientação Moniki Janegitz pelo apoio e conselhos.

À minha família do galpão Daniella, Nathália e Everton pelo apoio e trabalho, e pela amizade que virou família.

Aos amigos e colegas de trabalho do Laboratório de Nutrição de Aves (Labaves) Mariana, Armando, Guilherme, Wanderley e demais companheiros que sempre estiveram dispostos a ajudar.

Aos amigos da Agronomia Aline, Camila, Natalia, Karolina e aos estagiários, que sempre ajudaram nos trabalhos e nos estudos, sem vocês não teria conseguido ir adiante.

Ao Dorival Pires de Arruda, sem a sua ajuda no laboratório seria muito mais difícil alcançar bons resultados.

Ao Célio Mariano, Casimiro Alves, e demais funcionários do departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, pelo compromisso e disposição nos trabalhos.

Aos funcionários da Fábrica de Ração da FMVZ/UNESP, Campus de Botucatu pela colaboração na confecção da ração experimental.

**MUITO OBRIGADA!**

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS .....	VII
1. RESUMO .....	1
2. SUMMARY .....	2
3. INTRODUÇÃO .....	3
4. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	6
4.1 Nitrogênio .....	6
4.2 Gesso Agrícola .....	9
4.3 Cama de Frango .....	10
4.4 Gesso agrícola como condicionante da cama de frango.....	13
5. MATERIAL E MÉTODOS .....	16
5.1 Caracterização dos locais do experimento .....	16
5.2 Galpão de Criação de Frangos .....	16
5.2.1 Delineamento experimental.....	16
5.2.2 Condução do experimento.....	17
5.2.3 Volatilização da Amônia.....	18
5.2.4 Avaliações na Cama de Frango.....	19
5.3 Casa de Vegetação .....	20
5.3.1 Delineamento experimental.....	20
5.3.2 Condução experimental.....	20
5.3.3 Solo .....	21
5.3.4 Avaliações na Planta Inteira e Raiz de Milho .....	21
5.3.5 Avaliações no Solo.....	22
5.4 Análise estatística dos resultados .....	22
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
6.1 Volatilização de Amônia.....	23
6.2 Cama de Frango .....	26
6.3 Adubação.....	29
7. CONCLUSÃO .....	35
8. REFERÊNCIAS.....	36
APÊNDICE .....	43

**LISTA DE TABELAS**

	<b>Página</b>
Tabela 1: Dados de meta de desempenho semanal de frangos de corte (Misto) da linhagem Cobb. ....	18
Tabela 2: Distribuição dos tratamentos da segunda etapa do experimento. ....	20
Tabela 3: Avaliação química do solo para fins de fertilidade, antes da instalação do experimento. ....	21
Tabela 4: Média da concentração, em ppm, de amônia na atmosfera por tratamento nos 3 ciclos. ....	24
Tabela 5: Média da concentração, em ppm, de amônia na atmosfera nos três períodos do dia dos três ciclos. ....	25
Tabela 6: Média do peso final aos 42 dias de vida por frango em cada tratamento por ciclo de produção. ....	26
Tabela 9: Valores médios de fósforo, enxofre, cálcio e pH da cama de frango acumulada por tratamento. ....	28
Tabela 10: Média da massa seca da parte aérea da planta de milho, produzida por tratamento e na condição de adubação ou não com nitrogênio. ....	29
Tabela 11: Média da massa seca de raiz produzida por tratamento e na condição de adubação ou não com nitrogênio. ....	30
Tabela 12: Média de Nitrogênio total na raiz, por tratamento na condição de com ou sem aplicação de nitrogênio. ....	30
Tabela 13: Média de Fósforo na raiz, relevância quando comparados aplicação de nitrogênio e tratamentos. ....	31
Tabela 14: Médias de Fósforo (P) do Solo, relevância quando comparados os desempenho entre os tratamentos. ....	32
Tabela 15: Médias de Cálcio na raiz, relevância quando comparados aplicação de nitrogênio e tratamentos. ....	32
Tabela 16: Médias de Cálcio na Planta, relevância quando comparados aplicação de nitrogênio e desempenho entre os tratamentos. ....	33

Tabela 17: Médias de Cálcio no Solo, relevância quando comparados aplicação de nitrogênio e desempenho entre os tratamentos..... 33

Tabela 18: Médias de Magnésio na Planta, relevância quando comparados aplicação de nitrogênio e doses de gesso dos tratamentos. .... 34

## 1. RESUMO

A cama de frango é um adubo orgânico cuja principal característica é a concentração de nitrogênio, porém, há uma alta taxa de volatilização de nitrogênio em forma de amônia. No presente estudo, foi possível avaliar a eficiência do gesso agrícola em diminuir as perdas de nitrogênio da cama de frango por volatilização e melhorar sua característica como fertilizante na adubação da cultura do milho. Os ensaios constituíram pela aplicação de gesso agrícola em cama de frangos de corte nos quais, foram empregados doses de 15%, 30% e 45% em relação ao volume de maravalha, e um tratamento controle sem adição de gesso. Durante todo o período de cria, nos três lotes consecutivos de frangos, foram coletadas amostras de amônia volatilizada por meio de sensor durante três períodos do dia a cada sete dias. Uma amostragem da cama foi coletada ao final de cada ciclo para análises químicas. Ao término da cria a cama foi retirada do galpão e aplicada como fertilizante em vasos para o cultivo do milho em casa de vegetação, mantendo os tratamentos iniciais combinados com e sem a aplicação de 100mg de nitrogênio/kg da massa de solo, formando um esquema fatorial de quatro tratamentos com duas variáveis (4x2). Após 50 dias de cultivo foram coletadas amostras de solo para análises, observou-se que o gesso foi incapaz de controlar a volatilização de amônia, não diferindo nos teores de nitrogênio inorgânico. Portanto, os tratamentos não incrementaram eficiência em produção de matéria seca do milho, outrora, essas combinações entre cama de frango, gesso e nitrogênio, elevaram a concentração de fósforo e nitrogênio na raiz da cultura.

Palavras chave: volatilização de amônia, adubação orgânica, cama de frango, cultura do milho, adubação nitrogenada.

## **THE GYPSUM FERTILIZER IMPROVES QUALITY OF POULTRY LITTER?**

Botucatu, 2016. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: JANAINA MATIAS PEREIRA DA SILVA

Adviser: CIRO ANTONIO ROSOLEM

### **2. SUMMARY**

Poultry litter is organic fertilizer whose major characteristic is the nitrogen concentration, but, there is a high volatilization nitrogen rate in the form ammonia. This study, was possible appreciate the phosphogypsum efficiency to reduce nitrogen losses on poultry litter through volatilization and upgrade characteristic like a fertilizer in the cultivation corn. The testing considered in application phosphogypsum in poultry litter, were employed 15%, 30% and 45% doses compared to wood shaving volume, and control treatment without addition gypsum. While the period creates, three consecutive poultry lots, was collected samples volatilized ammonia by a sensor during three periods in the day each seven days. Was collected sampling bed in every final cycle to chemical analysis, finishing all cycle the bed was removed to be applied as fertilizer inside vase corn cultivation in house vegetation, keeping the treatments initial combination with and without application 100mg nitrogen / kg soil volume, constituted a factorial arrangement of four treatments with two variables (4x2). After 50 days cultivation was collected samples soil to analyze, it was observed that gypsum is unable to control ammonia volatilization, not differing inorganic nitrogen. Therefore, treatments was not increase efficiency in production corn dry matter, in the other hand, this combinations between poultry litter, gypsum and nitrogen increased the concentration phosphorus and nitrogen in cultivation root.

Keywords: ammonia volatilization, organic manure, poultry litter, maize, nitrogen fertilization.

### 3. INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira tem apresentado altos índices de crescimento. Em 2014 despontou como a primeira em exportação de carne de frango no mundo com 4.099 mil toneladas de carne exportadas para mais de 140 países (ABPA, 2014). Presente em todo território nacional, a carne de frango tem destaque na região Sul, sendo o estado do Paraná o maior produtor e exportador, Santa Catarina e Rio Grande do Sul vem logo em seguida no ranking de maiores exportadores. Os estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais e Goiás seguem a região sul no ranking de exportação.

Segundo Mitchell Junior (1991) a cada mil frangos criados são geradas 2 toneladas de cama de frango. No primeiro trimestre de 2015 segundo o IBGE (2015) foram abatidas 1,380 bilhões de cabeças de frango, seguindo a estimativa pode-se dizer que apenas no primeiro trimestre foram produzidas 2.760 milhões de toneladas de cama de frango no Brasil. Considerando-se fatores como qualidade, sanidade e preço, a cama de frango se mostra um composto orgânico de alto valor, já comercializado como adubo e fertilizante em varias regiões.

O nitrogênio (N) é um dos elementos minerais requeridos em maior quantidade pelas plantas. O ciclo do N no sistema solo-planta é bastante complexo, pois inúmeras são as formas de entrada e saída do N do sistema (CASTOLDI, 2011). Qualquer alteração no manejo do solo e das espécies cultivadas pode modificar significativamente a sua dinâmica.

O nitrogênio é o elemento de referencia quanto à qualidade da cama de frango e uma cama de boa qualidade retém maior quantidade de nitrogênio que geralmente é perdido por volatilização na forma de amônia.

Segundo Avila et al. (2008), que avaliaram 7 materiais usados como cama de frango, a maravalha mais esterco apresentou 2,44% de nitrogênio, 1,49% de cálcio, 0,84% de fósforo e 8,58 de pH. Quanto ao teor de nitrogênio, ficou atrás do capim-cameron, de resto da cultura da soja e de resto da cultura do milho que apresentaram os maiores teores. A amônia do esterco das aves volatiliza muito rápido, podendo causar problemas nas aves e nos humanos. Zanatta (2007) concluiu que a concentração de 50 a 100 ppm de amônia no ar pode ser inalada sem grandes conseqüências, mas de 100 a 200 ppm a amônia induz sonolência, salivação e inapetência nas aves.

No Brasil, a legislação permite a concentração máxima de 20 ppm no ar, sendo esse valor estipulado de acordo com a sensibilidade do ser humano ao gás durante o turno de 8 h/dia de trabalho em uma granja, e não na sensibilidade das aves. Oliveira et al. (2003) afirmou que aves que inalam níveis de amônia superior a 60 ppm tendem a aumentar a predisposição a doenças respiratórias, aumentando os riscos de infecções secundárias às vacinações.

Segundo Oliveira et al. (2004), condicionadores químicos são substâncias que adicionadas à cama melhoram sua qualidade física, química e microbiológica. A adição de gesso agrícola, superfosfato, sulfato de alumínio, cal hidratada e etc., favorecem essas melhorias e principalmente reduz a volatilização da amônia (Wildey, 1984; Glória et al., 1991; Wyatt e Goodman, 1992; Burgess et al., 1998; Neme et al., 2000; Oliveira et al., 2003).

A utilização do gesso agrícola como aditivo misturado à cama de frangos pode ser considerada como um condicionante, já que sua função é evitar a perda de nitrogênio pela volatilização de amônia dos dejetos das aves.

Teuscher & Adler (1965) citaram a reação ocorrida entre o carbonato de amônio e o sulfato de cálcio como a responsável pelo mecanismo de fixação do nitrogênio:  $(\text{NH}_4)_2 \text{CO}_3 + \text{CaSO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$ . A eficiência de fixação e a quantidade de amônia fixada dependem da dose de gesso. Ao se determinar uma dose ideal pode-se estimar a quantidade de nitrogênio na cama, e havendo mais nitrogênio na cama, ele se constituirá em uma melhor fonte de N para as plantas, melhorando assim sua

qualidade fertilizante. O estudo visou avaliar a eficiência do gesso em diminuir as perdas de nitrogênio da cama de frango e melhorar sua característica como fertilizante.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

### 4.1 Nitrogênio

O nitrogênio é um elemento muito instável e para que fique disponível e seja aproveitado pela planta é necessário que ocorram algumas reações. Segundo Raij (1991) a reação que disponibiliza nitrogênio é a mineralização, que consiste na transformação do nitrogênio orgânico em formas minerais, nitrato e nitrito, enquanto a imobilização consiste na passagem do nitrogênio mineral para formas orgânicas, como amônia. Os dois processos podem ocorrer simultaneamente. Por se tratar de processos envolvendo microorganismos, embora eles possam ocorrer nos dois sentidos, não se pode considerar que exista equilíbrio ou reversibilidade em sentido físico-químico.

A mineralização do nitrogênio orgânico processa-se por diversas etapas e reações, promovidas por microorganismos, culminando na formação de nitrato. O primeiro passo na decomposição de compostos orgânicos nitrogenados é a aminização:  $\text{Norgânico} \rightarrow \text{R-NH}_2 + \text{CO}_2 + \text{outros produtos} + \text{energia}$ . A reação prossegue através da amonificação, promovida por outras bactérias heterotróficas:  $\text{R-NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{R-OH} + \text{energia}$ .

A amônia formada, em combinação com água, fornece o íon amônio ( $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ ), passível de ser absorvido pelas plantas, embora possa ser convertido em nitrato, pelas reações:  $2 \text{NH}_4^+ + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2^- + 4 \text{H}^+$ ;  $2 \text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{O}_3^{2-}$ . Pela mineralização, a matéria orgânica, especialmente restos orgânicos de origem mais recente, é decomposta, com a liberação de gás carbônico e formas minerais de nitrogênio, bem como de enxofre e fósforo. A liberação de nitrogênio mineral da matéria orgânica é favorecida por valores baixos de relação C/N da matéria orgânica (Raij, 1991).

Dessa forma fertilizantes orgânicos possuem vantagem em relação aos fertilizantes minerais por proporcionar uma relação C/N favorável à mineralização do nitrogênio e por fornecer mais matéria orgânica ao solo, melhorando propriedades físicas e biológicas. Segundo Oliveira et al. (2012), a relação C/N dos compostos orgânicos é o único parâmetro que apresenta correlação significativa com a mineralização de N.

A relação C/N inicial adequada em uma massa de resíduos orgânicos verde está entre 25/1 a 35/1, caso a relação C/N seja muito alta, a degradação poderá ser dificultada e o tempo será maior, pois faltará nitrogênio para os microorganismos; esse elemento será reciclado entre as células microbianas até a degradação total da matéria orgânica (ZAPATA, 2011). E caso seja muito baixa, haverá perda de nitrogênio na forma de amoníaco (KIEHL, 2002). Quando compara-se as relações de C/N os valores 17:1 (KIEHL, 1985) e 15:1 (NAHM, 2005) são os ideais para a mineralização de N dos resíduos orgânicos.

De modo geral, as doses de N utilizadas na agricultura comercial de larga escala são suficientes para a produção e, segundo Novais et al. (2007), ainda são poucos os dados disponíveis no Brasil sobre o impacto do uso excessivo de N no ambiente. Problemas localizados podem ocorrer em áreas próximas dos grandes centros urbanos, cultivadas com hortaliças ou com culturas nas quais altas quantidades de adubos minerais e orgânicos são utilizadas.

As principais perdas de N para o ambiente acontecem por lixiviação de nitrato, volatilização de amônia e via foliar. As emissões atmosféricas de  $\text{NH}_3$  são estimadas em cerca de  $54 \text{ Tg ano}^{-1}$  e a principal fonte no mundo é a criação de animais e seus dejetos em virtude das altas perdas de N da urina e das fezes por volatilização (NOVAIS et al., 2007).

Em condições de pH ácido a espécie química predominante é o  $\text{NH}_4^+$ . Segundo Novais et al. (2007), a percentagem do N amoniacal total em solução, presente na forma de  $\text{NH}_3$ , é apenas 0,01% para meio com pH 5,2, aumenta para 1% a pH 7,2 e para 50% em pH 9,2. No solo, o tamponamento do meio e as interações com outros componentes alteram as condições de equilíbrio de modo que em pH 7 a percentagem de  $\text{NH}_3$  é geralmente bem maior do que ocorre em soluções puras.

Reynolds e Wolf (1987) demonstraram a relação entre umidade do solo e condições de secagem e evaporação sobre as perdas de  $\text{NH}_3^+$ , assim como Lara Cabezas et al. (2005) citaram que a taxa de evaporação da água do solo é um regulador da volatilização. Novais et al. (2007) citando o trabalho de Freney et al. (1992) afirmaram que em canaviais com palha na superfície, o processo de volatilização de  $\text{NH}_3^+$  se mantém mesmo na ausência de chuva se houver suficiente orvalho ou condensação de água evaporada do solo.

Medidas de controle de liberação de N em fertilizantes são adotadas para reduzir essas perdas e, uma alternativa, é o uso de fertilizante orgânico. Os fertilizantes orgânicos já possuem naturalmente seu nitrogênio com disponibilidade lenta ao misturar-se adubos minerais de N resultando em pulsos de liberação de nutrientes.

O pulso de liberação de N pode ser observado na cama de frango, que possui relação C/N de 25:1, o que a coloca como uma relação média em termos de mineralização de N. A percentagem de conversão do nitrogênio via adubação orgânica para a forma mineral segue uma média de 50 % no primeiro ano de aplicação, restando ainda 20% para o segundo ano e 30% para os anos seguintes (CFSEMG, 1989).

Diversos componentes da cadeia produtiva em sistemas integrados têm perdas e ganhos, de forma que critérios adicionais são necessários para ajustar a adubação nitrogenada, e associar isso ao maior ganho de N e que resultam em ação sustentável economicamente.

## 4.2 Gesso Agrícola

O Gesso agrícola é um sulfato de cálcio desidratado, um subproduto da indústria de fertilizantes fosfatados que ocorre de forma similar também em jazidas de rocha de gesso mineral. Segundo o Ministério de Minas e Energia cerca de 93% das reservas brasileiras (aproximadamente 1,271 milhões de toneladas) estão concentradas na Bahia (44%), Pará (31%) e Pernambuco (18%), ficando o restante distribuído, em ordem decrescente, entre o Maranhão, Ceará, Piauí, Tocantins e Amazonas. A porção das reservas que apresenta melhores condições de aproveitamento econômico está situada na Bacia do Araripe, região de fronteira dos Estados do Piauí, Ceará e principalmente em Pernambuco (DNPM, 2012).

Esse produto, quando aplicado ao solo, depois da dissolução, devido a sua rápida mobilidade na camada arável, irá fixar-se abaixo de 10cm do perfil do solo, favorecendo o aprofundamento das raízes e permitindo às plantas superar veranicos e usar com eficiência os nutrientes aplicados ao solo. O gesso agrícola, além de melhorar as condições químicas do subsolo é, também, uma fonte de enxofre para as plantas, aspecto importante, uma vez que a deficiência desse nutriente é generalizada nos solos do Cerrado (SOUSA et al., 2005).

Os íons Cálcio (Ca) e sulfato ( $\text{SO}_4$ ) presentes na sua composição, quando em umidade suficiente, sofrem dissociação, e irão participar de reações de troca catiônicas e aniônicas na solução do solo. Em um meio contendo os ânions  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  e os cátions  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , ocorre maior absorção de ânions do que de cátions, ocasionando um desbalanço de cargas elétricas no solo (RAIJ, 1988)

Segundo Rosa Junior et al. (2006), a utilização do gesso agrícola melhora as características físicas do solo, especialmente o tamanho dos agregados, e reduz o grau de flocculação da argila, tendo os menores valores de argila dispersa em água quando se aplica gesso na dose de  $2.000 \text{ kg/ha}^{-1}$ .

Em solos irrigados de regiões semiaridas, com alto teor de salinidade, há dispersão da argila, entupimento dos poros causando redução da penetração de água, ar e raízes e da capacidade de retenção de água disponível. O gesso aplicado promove a remoção do sódio dos sítios de troca, tornando o sódio passível de lixiviação.

O uso do gesso agrícola tem beneficiado principalmente os produtores que cultivam a soja no Cerrado, onde 70% da área agricultável apresenta

saturação de alumínio acima de 10%; 86% dessas áreas apresentam em sua superfície teores de cálcio inferiores a 0,4me/100g (BELCHIOR et al., 2010).

### 4.3 Cama de Frango

A cama de frango é um material encontrado em galpões de produção de frangos, este material tem por finalidade: absorver a umidade, diluir os uratos e fezes, isolamento térmico além de proporcionar conforto às aves. O material pode ser constituído de vários materiais combinados ou de apenas um. Materiais como casca de amendoim, sabugo de milho, palha de arroz e raspa de madeira são os mais utilizados, mas há diversos outros materiais alternativos de origem vegetal, tais como capim-napier seco, capim-colonião, haste de mandioca, casca de café, baquiaria e pó de serra que tem sido utilizados também.

Segundo o IBGE só no primeiro trimestre de 2015 o Brasil abateu 1,380 bilhões de cabeças de frangos. No mesmo volume de crescimento da produção ocorre o crescimento da produção de resíduos. Resíduos de aves podem afetar corpos de água superficiais (cursos de água, lagos, banhados, açudes) e subterrâneos (lençol freático, poços, aquífero). O fósforo é considerado como o componente de preocupação prioritária, com relação ao seu potencial de eutrofização dos corpos de água superficiais (SEIFFERT, 2000).

O nitrogênio é outro elemento importante na constituição química da cama de frango, como o elemento em maior concentração no material é alvo de muitos estudos agrários e zootécnicos. Sendo o nitrogênio um elemento instável, a sua concentração varia conforme as características do material usado, taxa de excreta dos animais, mineralização pelos microrganismos e perdas para a atmosfera por volatilização.

Hernandes et al. (2002) quando avaliaram as frações nitrogenadas e amônia liberada pela cama de frangos de corte em diferentes densidades e tempos de confinamento, concluíram que o aumento da população de frangos e o numero de criadas sobre a mesma cama induziu aumento da quantidade de amônia liberada, do teor de umidade e dos teores de nitrogênio total e de nitrogênio solúvel, bem como diminuição do teor de carboidratos redutores da cama de aves. Segundo Avila et al. (2007), a reutilização de cama de frango por até seis lotes melhora o seu valor como fertilizante e reduz o pH, o que está de acordo com Roppa et al. (2010) que relataram que os níveis de fósforo e

potássio da cama cresceram com o aumento do número de lotes de ocupação dos aviários. Os níveis de Nitrogênio nos lotes de ocupação 3 e 6 mantiveram-se constantes, com tendência de queda, e houve decréscimo nos níveis de Nitrogênio entre os lotes 6 e 12 de ocupação.

O pH da cama tem um papel importante na volatilização de amônia. Uma vez formada, a amônia livre estará em uma das duas formas:  $\text{NH}_3$  sem carga ou na forma de íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). Segundo Carr et al. (1990), a concentração de amônia aumenta com o aumento do pH. A liberação de amônia é menor quando o pH da cama está abaixo de 7,0, mas é substancial quando está acima de 8,0, sendo que a decomposição do ácido úrico é mais favorecida em condições de pH alcalino (TERZICH, 1997).

Zapata (2011) ao avaliar amostras de cama em vários ciclos, observou que há uma correlação positiva entre números de reutilização de cama com teor de nitrogênio. Miles et al. (2008) observou que os teores de nitrogênio total e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) em cama de frangos de corte aumentam conforme a idade dos animais e que como uma consequência da maior quantidade de  $\text{NH}_4^+$  na cama com a idade, também as perdas de  $\text{NH}_3$  por volatilização para o ar subjacente aumentam com a idade das aves.

A taxa de volatilização da  $\text{NH}_3$  da cama de aves depende diretamente do teor de  $\text{NH}_3$  dissolvido na solução que envolve as partículas da cama. Por outro lado, a disponibilidade de  $\text{NH}_3$  na solução da cama depende de fatores como pH, teor de umidade, temperatura e concentração de  $\text{NH}_4^+$ , que regem a conversão entre  $\text{NH}_4^+$  (com baixo grau de volatilização) em  $\text{NH}_3$  (altamente volatilizável) (Zapata, 2011).

Mendes (2012) exemplifica a volatilização dos excrementos de animais através de duas teorias consolidadas por Weltry (1984), Jayaweera (1990) e Wang (2010). A primeira é que a taxa de transferência entre filmes é regida pelas taxas de difusão através de cada uma das interfaces. A difusão da  $\text{NH}_3$  de dentro da massa de esterco ou cama para a superfície, passa para a camada líquida da superfície e há transferência convectiva da  $\text{NH}_3$  através do filme constituído por gás e daí para o ar ambiente. A outra pressuposição implica que não há nenhuma outra resistência durante a transferência da  $\text{NH}_3$  líquida ou gasosa através das interfaces, a difusão através da camada líquida que envolve as partículas de esterco ou cama, passa por transferência convectiva para o ambiente. Ni (1999) descreve essa reação em uma equação matemática. O percentual de N total que entra num galpão avícola e que é perdido para a atmosfera através da volatilização da  $\text{NH}_3$  pode ser determinado de forma direta ou indireta.

Mendes (2012) concluiu que o balanço de N para um galpão avícola envolve todos os processos que descrevem o ciclo do N na natureza, sendo que os mais importantes são a síntese de ácido úrico no organismo das aves e posterior excreção; mineralização dos compostos orgânicos nitrogenados e conseqüente formação de substâncias como  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NH}_3$ . A relação entre o teor de nitrogênio da cama e do organismo das aves é regida pelo índice de conversão alimentar, o qual aumenta com o envelhecimento das aves, chegando a aproximadamente 2,0 na idade de abate, significando que aos 45 d de idade, 50% do nitrogênio que entra é absorvido pelas aves, ao passo que 50% é excretado na cama. A quantidade da  $\text{NH}_3$  emitida da cama avícola possui relação direta com o teor de nitrogênio total da mesma, sendo que o nitrogênio total aumenta com a idade das aves e com o número de reutilizações.

O uso de aditivos na cama de frango como o sulfato de alumínio, gesso agrícola, superfosfato simples e cal hidratada são uma solução rápida e econômica para reduzir a volatilização da amônia da cama de frango. Amenizando alguns problemas como o aumento na incidência de doenças respiratórias nas aves e no ser humano, a desclassificação de carcaça devido à lesões na pele e também a redução do teor de nitrogênio na cama, o que diminui seu valor como fertilizante (OLIVEIRA et al., 2003).

Segundo Mondardo (2013), a cama de frango resultou em aumento linear de produção de matéria seca e matéria verde da aveia preta, em resposta as doses de cama de frango aplicadas 30 dias antes da semeadura e incorporadas por grade niveladora. Esse resultado está relacionado com a quantidade de nutrientes adicionados ao solo, principalmente N, P, e K presentes na cama de frango (67,38; 11,18 e 25,75 g  $\text{kg}^{-1}$ , respectivamente). Konzen e Alvarenga (2008) relataram que além do aumento dos teores de matéria orgânica no solo, a cama de aves apresenta teores de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  de 24 a 40, 20 a 35 e 18 a 35 kg/toneladas, respectivamente.

Segundo Sistani et al. (2008) com a aplicação de cama de aves na cultura do milho, em plantio direto e convencional, observou-se um aumento de 1 mg  $\text{kg}^{-1}$  de fósforo para cada 6 kg  $\text{ha}^{-1}$  de cama aplicada. No estudo se utilizou doses de 11t/ha durante quatro anos e não houve toxicidade por P, Cu e Zn. A disponibilização do nitrogênio da cama de aves para a cultura do milho ocorreu em período posterior ao disponibilizado pelos fertilizantes minerais, o que pode afetar negativamente sua produtividade.

Em sistemas de integração lavoura-pecuária a cama de aviário se mostra uma alternativa economicamente viável, Novakowski et al. (2013) concluiu que na média dos tratamentos, a aplicação de 5 t/há<sup>-1</sup> de cama de aviário no inverno proporcionou aumento na produtividade de grãos de milho em relação à ausência da adubação com cama, o que evidencia efeito residual da adubação no inverno e possibilita intensificação do uso da área com incremento na produtividade da cultura do milho.

#### 4.4 Gesso agrícola como condicionante da cama de frango

O alto teor de matéria orgânica da cama de frango proporciona um ambiente menos oxidativo no solo, promovendo impacto direto na fertilidade das camadas até 10 cm de profundidade do solo (CASTOLDI, 2011). Diversas são as formas de N disponíveis no solo, incluindo amônio, nitrato, aminoácidos, peptídeos e formas complexas insolúveis. Contudo, as formas inorgânicas de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ou amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) são as mais utilizadas pelas plantas verdes (CASTOLDI, 2011 apud ODUM, 1988).

A quantidade da NH<sub>3</sub> emitida da cama avícola possui relação direta com o teor de N total da mesma, sendo que o N total aumenta com a idade das aves e com o número de reutilizações, sendo que o teor máximo é alcançado entre 4 e 5 criadas (MENDES, 2012).

A reação responsável pelo mecanismo de fixação do nitrogênio pelo gesso agrícola em solução é:  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{CaSO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$ ; se ocorrer excesso de gás carbônico, o carbonato de cálcio pode se transformar em carbonato ácido de cálcio, diminuindo a ação inibidora do gesso, ocorrendo a reação  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2\text{NH}_3 + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  (TEUSCHER e ADLER, 1965).

Sampaio et al. (1999) evidenciou a capacidade inibidora do gesso na volatilização de amônia da cama de frangos, principalmente para a aplicação parcelada das doses (10%, 20%, 30% e 40% do peso da cama), implicando no decréscimo da contagem padrão de microrganismos e apresentou concentração no ambiente inferior a 20 ppm de NH<sub>3</sub>, que é o limite permitido pela legislação. Bruno et al. (1999) e Ferreira et al. (2004) ao avaliar, o uso de condicionadores químicos, em especial o gesso agrícola, não observaram efeito no desempenho de frangos de corte criados mesmo quando em doses subdivididas de 10%, 20%, 30% e 40% do peso da cama.

Segundo Oliveira et al. (2003) ao adicionar gesso agrícola na proporção de 40% do peso da cama há uma redução no valor do pH da cama e significativa redução da quantidade de amônia volatilizada. Isso se deve ao pH abaixo de 7 e os íons  $H^+$  a mais na cama que fizeram com que a proporção de amônio:amônia aumentasse, ou seja, a amônia que é mais volátil se converteu em íon amônio que não é volátil. Esses trabalhos evidenciam a capacidade de retenção do nitrogênio da cama exercida pelo gesso, concordando com pesquisadores como Malavolta et al. (1979); Sobih & Dosoky (1990); Glória et al. (1991), mas diferindo de Neme et al. (2000).

O gesso agrícola, com disponibilidade comercial e custo baixo, representa uma alternativa no manejo do esterco avícola. Segundo Glória et al. (1991), é capaz de reduzir a volatilização da amônia em até 49,5% em 30 dias. Sua utilização, entretanto, tem gerado resultados controversos quanto à umidade, pH e volatilização de amônia da cama de frango (Wyatt e Goodman, 1992; Neme et al., 2000; Oliveira et al., 2003). Além disso, Sampaio et al. (1999), ao trabalharem com diferentes níveis de gesso em duas formas de aplicação, concluíram que a aplicação parcelada de 30% de gesso diminuiu a contagem padrão de microrganismos na cama.

Outras pesquisas foram realizadas com outros produtos com intuito de suprimir a volatilização da amônia. O sulfato de alumínio também é efetivo em reduzir o pH da cama de frango. Oliveira et al. (2003) e Moore et al. (2000) tiveram resultados semelhantes ao testarem a eficiência do sulfato de alumínio da redução do pH da cama de frango. Moore et al. (2000) afirmaram que a redução do pH é devido ao fato de o sulfato de alumínio ser um ácido com seis moles de prótons formados para cada mol de sulfato de alumínio dissociado, como apresentado na seguinte equação:  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O + 6H_2O^- \rightarrow 2 Al(OH)_3 + 3SO_4^{2-} + 6H^+ + 14H_2O$ .

No entanto, em excesso, os íons de alumínio reduzem drasticamente o crescimento do sistema radicular das plantas. Ao interpretar valores de alumínio trocável no solo entende-se que o ideal é não haver a presença desse elemento, pois além da sua ação retrogradante em relação ao fósforo no solo seja qual for o teor de alumínio, o que irá diminuir a disponibilidade daquele nutriente para planta, também deve-se levar em conta que o alumínio pode ser fitotóxico, dependendo da sua saturação (CARVALHO et al., 2005)

A cama de frango ainda não é um produto comercial, assim o seu uso não possui uma recomendação ideal e varia muito com a região, manejo e transporte.

Estudos práticos devem ser realizados para tornar a cama de frango um produto seguro e eficiente. Assim a utilização do gesso agrícola no controle da volatilização da amônia, se mostra uma pratica eficiente no controle das características químicas e físicas da cama bem como na fertilidade do solo, na relação solo-planta e na questão econômica.

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 Caracterização dos locais do experimento**

O experimento foi conduzido em dois locais onde atividades diferentes foram realizadas. A primeira etapa realizada no período de janeiro de 2014 à julho de 2014 e conduzida em um galpão de criação de frangos, na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP – Campus de Botucatu, no qual a cama recebeu os tratamentos com o gesso, e a segunda etapa realizada no período de setembro de 2014 à outubro de 2014 e conduzida em casa de vegetação, na Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP - Campus de Botucatu, na qual a cama de frango tratada foi aplicada como fertilizante na cultura do milho.

### **5.2 Galpão de Criação de Frangos**

#### **5.2.1 Delineamento experimental**

O experimento foi organizado em delineamento experimental de blocos ao acaso constando de 4 tratamentos e 6 repetições.

Os tratamentos correspondem às diferentes doses de gesso agrícola a maravalha (cama para os frangos).

Os tratamentos:

T1 – Maravalha

T2 – Maravalha + gesso agrícola 15% v/v

T3 – Maravalha + gesso agrícola 30% v/v

T4 – Maravalha + gesso agrícola 45% v/v

O galpão do tipo convencional, com piso de concreto e subdividido em 24 boxes de 2,5 m<sup>2</sup>, abrigando em média 12 aves por m<sup>2</sup>, cada boxe corresponde a uma parcela. As doses de gesso foram calculadas em relação à massa da maravalha, que foi pesada e determinado 55kg de maravalha por box, o gesso foi espalhado uniformemente sobre a cama. As doses foram divididas em 3 aplicações, com 33% do tratamento por ciclo, antes da entrada dos animais nos boxes. A composição química do gesso agrícola utilizado foi determinada em laboratório e apresentava: 1% de umidade; 14,4% de enxofre (S); 17,5% de cálcio (Ca); 24,5% de óxido de cálcio (CaO).

### **5.2.2 Condução do experimento**

Os manejos adotados para recepção dos pintinhos, alojamento, controle de temperatura e arrazoamento são os padrões para granjas de engorda comercial. A linhagem utilizada nos 3 lotes foi a COBB finalidade engorda, com pintinhos de 1 dia, vacinados e certificados. A cada lote as aves permaneceram nos boxes por um período de cria de 42 dias, sendo que entre os lotes, foi mantido um período de 7 dias de vazio para o enleiramento da cama. A ração (APÊNDICE 1) foi formulada de acordo com a especificação da linhagem (Tabela 1).

Tabela 1: Dados de meta de desempenho semanal de frangos de corte (Misto) da linhagem Cobb.

Idade (dias)	Peso (g)	Ganho de peso média (g)	Conversão alimentar acumulada (kg)	Consumo de ração diário (g)
7	177	25,3	0,847	-
14	459	32,8	1,013	60
21	891	42,4	1,182	102
28	1436	51,3	1,367	151
35	2067	59,1	1,556	200
42	2732	65	1,705	210

Manual COBB-VANTRESS, 2013

Cada boxe do galpão foi equipado com um bebedouro automático pendular, comedouro tubular, cama e campânulas elétricas. As aves receberam alimentação e água à vontade durante todo o período experimental. A temperatura e ventilação foram controladas por meio do manejo das cortinas e ventiladores a fim de manter a zona de conforto térmico para cada fase de criação Assim, esta faixa de temperatura de conforto é 34-24°C até as 4 semanas de idade das aves e 18-24°C, até as 6 semanas de vida.

A cada 7 dias foram feitas pesagens do lote para controle de peso e consumo da ração, nesse dia era feito o manejo da cama. E esta era homogeneizada com a ajuda de ancinhos. A temperatura e umidade, da parte interna do galpão, foram medidas diariamente, utilizando um dataloger.

Ao final de cada ciclo de produção, os animais eram retirados do galpão para abate e amostras da cama eram coletadas para determinação de matéria seca, umidade, pH, nitrogênio, fósforo e potássio (KIEHL, 1985). A amostra final de cama de frango era retirada de uma parcela formada por 6 sub-amostras da cama, após esta ser homogeneizada e enleirada.

Durante os 7 dias de intervalo entre os ciclos a cama era revirada para melhor compostagem, esta pratica é realizada para o controle de patógenos. Esse manejo assegurava a correta homogeneidade do material

### 5.2.3 Volatilização da Amônia

Os dados de volatilização foram aferidos por sensor ToxiRae II detector de amônia, calibrado em ppm, esse equipamento faz o monitoramento de ar em

espaços confinados com registro contínuo, com uma exatidão de leitura de  $\pm 5\%$  (SAMPAIO, 2004; NÄÄS et al., 2007). As mensurações consistiram em aferir a volatilização em duas alturas (1 cm e 10cm da cama) sendo determinados seis pontos em cada box. Ao final, a média dos pontos considerada como valor final, sendo essa metodologia adaptada segundo as propostas por Wathes et al. (1997); Hinz e Linke (1998); Jeppsson (1999). Os dados médios de volatilização foram submetidos a análise no software estatístico Minitab16 (2010), no qual foram considerados os seguintes parâmetros: ciclo de produção de frango (ciclo 1, ciclo2 e ciclo 3); período do dia sendo feitas 3 coletas de gás de manhã (GM), tarde (GT) e noite (GN); tratamentos T1, T2, T3 e T4; dias de coleta 0, 7, 14, 21, 28, 35 e 42 (medições com intervalo de 7 dias). Os valores obtidos pelo sensor, em ppm de gás amônia, foram tabulados e inseridos no software.

O monitoramento das condições ambientais internas do galpão (temperatura e umidade relativa do ar) foi realizado por meio de Dataloger HTU, posicionado no meio do galpão a 30 cm do piso, que aferiu e armazenou os dados em intervalos de 30 minutos, estes foram agrupados em três períodos do dia e feita a média desses dados.

#### **5.2.4 Avaliações na Cama de Frango**

Ao final dos 3 ciclos de produção de frangos de corte foram coletadas amostras de cama de cada tratamento e divididas em duas sub-amostras, uma colocada em freezer a  $-15^{\circ}\text{C}$  para conservação dos teores de Nitrogênio inorgânico (MATTOS et al. 1995) a outra seca em estufa com circulação de ar a  $40^{\circ}\text{C}$  até massa constante. Após secar o material foi moído e submetido às análises química e determinação de pH e dos teores de macro nutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), e magnésio (Mg) conforme metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). Nas amostras congeladas foram determinados  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  ( $\text{N-NO}_2 + \text{N-NO}_3^-$ ), por extração com KCL, seguida de duas destilações, conforme Keeney e Nelson (1982) e o carbono total foi analisado em analisador elementar.

### 5.3 Casa de Vegetação

#### 5.3.1 Delineamento experimental

Nesta segunda etapa os materiais coletados nos boxes correspondentes a cada tratamento constituindo um dos fatores de variação a complementar ou não de N o segundo fator (Tabela 2).

Tabela 2: Distribuição dos tratamentos da segunda etapa do experimento.

Tratamentos (TRAT.)	Condicional	Descrição
T1 - Cama de frango sem gesso agrícola	C	com aplicação de Nitrogênio
	S	sem aplicação de Nitrogênio
T2 - Cama de frango com gesso agrícola 15%	C	com aplicação de Nitrogênio
	S	sem aplicação de Nitrogênio
T3 - Cama de frango com gesso agrícola 30%	C	com aplicação de Nitrogênio
	S	sem aplicação de Nitrogenio
T4 - Cama de frango com gesso agrícola 45%	C	com aplicação de Nitrogênio
	S	sem aplicação de Nitrogênio

#### 5.3.2 Condução experimental

O material coletado na primeira etapa foi homogeneizado, seco e incorporada a camada superficial de vasos com 6,0kg de solo, nos quais foram semeadas 5 sementes de milho. A quantidade de cama de frango aplicada foi equivalente a 5t/ha<sup>-1</sup> (base seca). Durante o preenchimento dos vasos, algumas amostras de solo foram coletadas para determinação da umidade, calculando-se a quantidade de água adicionada em cada vaso para atingir a máxima capacidade de retenção de água do solo. A umidade foi mantida próxima de 80% da capacidade de retenção do solo por meio de pesagem e irrigação

manual diária. Após a emergência foi feito o desbaste para 2 plantas por vaso, aos 50 dias da semeadura, foi realizado o corte basal das plantas.

### 5.3.3 Solo

O solo utilizado nos vasos é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2006) e foi coletado em área experimental da FCA/UNESP. O solo foi peneirado em peneira com malha de 4 mm e uma amostra do mesmo analisada segundo Raij et al. (2001). O solo foi coletado de uma área com vários anos consecutivos de produção de aveia, dessa forma não foi necessária a calagem conforme análise de solo (Tabela 2).

Tabela 3: Avaliação química do solo para fins de fertilidade, antes da instalação do experimento.

ANALISE QUIMICA DO SOLO											
pH	MO	P	S	Al <sup>3+</sup>	H+Al <sup>3+</sup>	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	--mg dm <sup>-3</sup> --		-----mmolc dm <sup>-3</sup> -----							
5,7	25	17	-	0	20	4,5	49	22	75	95	79

### 5.3.4 Avaliações na Planta Inteira e Raiz de Milho

Para as avaliações das plantas, estas foram cortadas rente à superfície do solo, lavadas em água destilada, colocadas em sacos de papel e acondicionadas em estufa com circulação de ar a 65° C até massa constante. O mesmo procedimento de limpeza e secagem foi adotado para as raízes após estas serem separadas do solo. Após a secagem, parte aérea (colmos + folhas) e raízes foram pesadas. O material foi então moído e submetido às análises química e determinação dos teores de macro nutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), e magnésio (Mg), segundo Malavolta et al. (1997). O teor de Nitrogênio total determinado por digestão sulfúrica e posterior destilação em destilador de arraste de vapor, conforme procedimentos determinados em Malavolta et al. (1997). A quantidade de Nitrogênio acumulada na planta foi obtida pela multiplicação do teor nitrogênio total e sua respectiva massa de matéria seca da parte aérea e raízes.

### **5.3.5 Avaliações no Solo**

Após o corte das plantas, o solo retirado dos vasos e peneirado foi dividido em duas sub-amostras: uma colocada em freezer a  $-15^{\circ}\text{C}$  para conservação dos teores de Nitrogênio inorgânico (MATTOS et al. 1995) e outra seca ao ar para análise de fertilidade foi feita a determinação do pH ( $\text{CaCl}_2$ ), acidez potencial ( $\text{H}+\text{Al}$ ), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) pelos métodos descritos por Raij et al. (2001).

Nas amostras congeladas foram determinados  $\text{N-NO}_3^-$  ( $\text{N-NO}_2 + \text{N-NO}_3^-$ ), por extração com KCL, seguida de duas destilações, conforme Keeney e Nelson (1982), e o Nitrogênio total, via digestão sulfúrica e posterior destilação (BREMNER e MULVANEY, 1982).

### **5.4 Análise estatística dos resultados**

Os resultados foram submetidos à análise de variância e complementado através de teste Tukey, considerou-se significativo quando  $p < 0,05$ ; utilizou-se o software estatístico Minitab16 (2010).

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Volatilização de Amônia**

Confrontando os parâmetros de ciclo x tratamento x período do dia x dia de coleta, verifica-se que independente do tratamento, isto é, independente da dose de gesso aplicada na cama, o comportamento na volatilização da amônia esta relacionado ao período e dia de coleta. Os valores de volatilização dos tratamentos por ciclo (Tabela 4), mostram correlação, quando comparados a aplicação de gesso ou não, indicados pelas letras minúsculas.

No entanto, os resultados da análise química de concentração de nitrogênio total não diferiram entre os tratamentos, dessa forma, a correlação de uma menor volatilização promovida pela presença do gesso não indica aumento da concentração de nitrogênio no material final.

Tabela 4: Média da concentração, em ppm, de amônia na atmosfera por tratamento nos 3 ciclos.

Ciclo	Tratamentos												Média	
	T1			T2			T3			T4				
1	8,1	a	A	8,1	a	A	7,5	b	A	7,2	b	A	7,8	A
2	6,3	a	C	5,4	b	C	5,5	b	B	5,7	b	C	5,1	C
3	5,3	a	B	4,8	a	B	5,2	a	B	5,1	a	B	5,7	B
Média	6,6	a		6,1	ab		6,1	b		6	b			

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey para 5%.  
T1: tratamento sem gesso; T2: 15% de gesso; T3: 30% de gesso; T4: 45% de gesso.

O ciclo 3 não apresentou diferenças entre os tratamentos, o que indica que os fatores que promoveram a volatilização estão relacionados a outros fatores e não à presença do gesso agrícola. O equilíbrio dinâmico do material da cama de frango pode ser apontado com um desses outros fatores. O processo de decomposição da maravalha juntamente com o acúmulo de excreta dos frangos, pode ter interferido na reação de volatilização em maior proporção do que a reação esperada do gesso agrícola com o material.

Considerando que o teor de proteína bruta na ração diminui com a idade, enquanto que o teor energético da mesma aumenta, os valores de nitrogênio da excreta mudam proporcionalmente com o a idade do animal. Segundo a Tabela 5 os três ciclos tiveram comportamentos de volatilização distintos nos períodos do dia (manhã, tarde e noite) nos três ciclos, mas apresentam maior correlação nos últimos dias de coleta. Os dias de coleta apresentam comportamento semelhante, quanto maior o tempo dos animais no galpão maior o valor da amônia volatilizada independente do período do dia. Dessa forma os valores de volatilização aumentam à medida que cresce o volume de excreta produzida pelos frangos e o tempo destes no galpão.

Tabela 5: Média da concentração, em ppm, de amônia na atmosfera nos três períodos do dia dos três ciclos.

Período	Ciclo	Dia						
		0	7	14	21	28	35	42
GM	1	0,00 c B	0,00 c C	1,00 c C	3,71 b C	7,38 b A	18,21 a A	13,96 a A
	2	0,75 d A	1,29 d B	2,62 c B	4,63 b B	7,92 a A	8,54 a B	7,17 a B
	3	1,00 c A	2,29 c A	5,50 b A	4,96 b A	6,04 b B	7,29 a B	8,58 a B
GT	1	0,00 d B	1,00 d B	5,71 c A	4,83 c B	11,88 b A	21,21 a A	9,33 b A
	2	1,42 d A	2,13 c A	2,13 c B	2,38 c C	9,29 a B	11,12 a B	7,5 b B
	3	1,42 f A	2,63 e A	5,46 d A	6,67 c A	9,29 b B	10,92 a B	10,46 a A
GN	1	0,00 e C	1,00 e B	6,25 d A	8,21 c A	14,21 b A	20,58 a A	14,25 b A
	2	1,92 d A	2,04 d A	3,04 d C	6,58 c B	7,29 b B	7,79 b B	9,33 a B
	3	1,13 e B	2,33 d A	4,71 c B	5,29 b C	6,42 b B	8,67 a B	9,13 a B

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey para 5%.

GM: gás período da manhã; GT: gás período da tarde; GN: gás período da noite.

Sampaio et al. (1999) constataram que a adição de níveis crescentes de gesso à cama promoveu diminuição significativa ( $P < 0,05$ ) da quantidade de amônia liberada no 25º dia e ao final do experimento. Isso mostrou a capacidade de imobilização do nitrogênio da cama exercida pelo gesso, concordando com outros pesquisadores (Malavolta et al., 1979; Sobih & Dosoky, 1990). E conclui que o gesso agrícola mostrou efeito inibidor da volatilização de amônia da cama de frangos com a adição de até 40% do produto, sob a forma parcelada, e a menor quantidade de amônia liberada pela cama em função da adição crescente de gesso promoveu decréscimo na contagem padrão de microrganismos, principalmente quando da aplicação parcelada do produto.

Essa conclusão vai contra a encontrada neste trabalho, no qual os dados mostram que o gesso foi ineficiente no controle da volatilização. A média da amônia volatilizada, no 28º dia e no 42º dia, explicita o aumento da volatilização em todos os ciclos. Aplicação parcela do gesso agrícola não influenciou a volatilização da amônia ao longo dos ciclos, e não promoveu diminuição significativa nos dias finais, que são os mais críticos para na produção de frangos de corte.

Em todos os trabalhos citados, que afirmam o efeito do gesso agrícola como inibidor da volatilização, o ânion sulfato é apontado como responsável pela inibição. Segundo Prochnow et al. (2001) o mecanismo de ação do gesso apresentado por Teuscher & Adler (1965), baseado na formação de um sal amoniacal mais estável que o carbonato de amônio, é improvável que ocorra, porque o sulfato de cálcio, sendo menos

solúvel que o sulfato de amônio, faria com que o equilíbrio da reação se deslocasse para a esquerda.

Assim como em outros estudos (Fenn et al., 1981; Kiehl, 1989; Gezgin & Bayrakli, 1995; Prochnow et al., 2001), os tratamentos não tiveram variação na faixa do pH, permanecendo entre 6 e 7. As condições ambientais, dentro e fora do galpão experimental, não apresentaram relação significativa. Temperaturas e umidade relativa do ar variaram muito pouco entre os dias 28 e 42 dias dos ciclos de produção (Apêndice 2), e apresentam comportamentos semelhantes durante os períodos do dia, dessa forma não se apresentam como fator de variabilidade para o estudo.

## 6.2 Cama de Frango

A composição química final da cama de frango pode ser observada no apêndice 3, os resultados são semelhantes aos encontrados na literatura, comprovando que o material final produzido no experimento atende as expectativas de uma cama de frango de corte padrão (OLIVEIRA et al., 2003; BENEDITTI et al., 2009; ZAPATA, 2011).

O desempenho dos animais não foi alterado pela aplicação do gesso agrícola á cama (Tabela 6), consumo e mortalidade permaneceram dentro do esperado, o que foi observado por outros autores em estudos semelhantes (Wyatt e Goodman, 1992; Neme et al., 2000 e Ferreira et al., 2004).

Tabela 6: Média do peso final aos 42 dias de vida por frango em cada tratamento por ciclo de produção.

Média de peso por frango (kg)				
TRAT.	C1	C2	C3	Média
T1	2,7	2,85	2,82	2,79
T2	2,71	2,82	2,89	2,81
T3	2,67	2,85	2,95	2,82
T4	2,63	2,81	2,91	2,79

A estatística aplicada os teores totais de carbono (Tabela 7) não se diferiram estatisticamente no ciclo 3, mostrando uma estabilidade da decomposição do carbono do material. Segundo Kiehl (2002) no processo de decomposição do material os microrganismos absorvem o carbono e o nitrogênio em relação C/N adequada ou

até atingir a relação próxima de 30/1, em relações C/N baixas os microrganismos eliminam o excesso de nitrogênio na forma de amônia.

Tabela 7: Média do Carbono total, por tratamento nos três ciclos de produção.

TRAT.	Carbono total (%)					
	Ciclo 1		Ciclo 2		Ciclo 3	
T1	46,00	A	44,30	A	38,50	A
T2	44,20	B	42,60	A	38,40	A
T3	43,50	B	40,10	B	38,20	A
T4	41,90	C	38,70	B	37,50	A
Média	43,85		41,35		38,30	

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey para 5%

Os resultados obtidos para o carbono total podem ser explicados pela reação de decomposição. Segundo Zanatta (2007) o equilíbrio dinâmico dos microorganismos aéreos depende da intensidade e taxa de eliminação dos mesmos, determinado pela idade e pela saúde dos animais, pelo tipo de disposição do esterco, pela diluição, pela ventilação e pelo efeito da sedimentação. Nos dois primeiros ciclos de produção o material apresentava-se mais heterogêneo, a partir do segundo ciclo o material apresentou uma acelerada decomposição apresentando-se mais homogêneo e mais compacto.

A maravalha, em razão do tamanho de partículas, apresenta maior e mais rápida degradação da matéria orgânica, quando comparada a outras matérias, e conforme o número de reutilizações tende a diminuir a relação C/N, razão encontrada também por Benedetti et al. (2009) e Zapata (2011).

A relação nitrogênio total e nitrogênio amoniacal tendem a manter equilíbrio conforme o número de reutilizações. Dessa forma a estabilidade do nitrogênio total (Tabela 8) é devido à constante deposição de excretas pelas aves e ao processo de mineralização da matéria orgânica, no qual há perdas de nitrogênio, existindo um equilíbrio incluindo as perdas de nitrogênio na forma de gás amônia.

Tabela 8: Média da concentração de nitrogênio total e nitrogênio amoniacal da cama de frango por ciclo.

TRAT.	Média de NH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> e Nitrogênio Total (g/kg)								
	CICLO 1			CICLO 2			CICLO 3		
	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NT	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NT	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NT
T1	0,406	0,017	21,440	0,368	0,036	25,342	0,560	0,184	23,900
T2	0,473	0,020	22,639	0,415	0,038	24,607	0,624	0,217	22,368
T3	0,472	0,017	21,868	0,437	0,034	22,838	0,639	0,210	23,860
T4	0,406	0,025	21,890	0,429	0,022	23,534	0,624	0,230	22,710

No presente estudo a concentração de nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e carbono total não foram influenciados pelas doses de gesso agrícola, as diferenças de média entre os tratamentos foram influenciadas pelo processo de decomposição do material, relação C/N e equilíbrio dinâmico dos microorganismos. Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores (MacSAFLEY et al., 1992; AQUINO et al., 2005; ZANATTA, 2007; BENEDETTI et al., 2009 e ZAPATA, 2011).

No entanto os dados de fósforo (P), enxofre (S), pH e cálcio (Ca) tiveram relevância estatística (Tabela 9). O fósforo diferiu entre os tratamentos (Tabela 4), houve um decréscimo da porcentagem de P conforme a concentração de gesso aumentava. Podemos atribuir isso a uma maior reação do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> com a umidade da cama de frango, uma vez que o pH do tratamento T1 estava acima de 7,0 mais básico, evidenciado menos reações ácidas mantendo o P na forma estável de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Os tratamentos T3 e T4 apresentaram pH mais ácidos e teores menores de P, o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> do gesso e do esterco reagiu com água formando ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>).

Tabela 9: Valores médios de fósforo, enxofre, cálcio e pH da cama de frango acumulada por tratamento.

TRAT.	P		S		Ca		pH	
	-----g/kg-----							
T1	3,969	A	23,960	B	20,406	C	7,2	A
T2	3,063	A	72,500	A	42,299	B	7	B
T3	1,898	B	83,300	A	66,756	A	6,6	C
T4	1,563	B	91,800	A	79,116	A	6,6	C

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey para 5%.  
P: fósforo; S: enxofre; Ca: cálcio.

Como esperado a concentração de enxofre foi maior no tratamento T4, mas a diferença estatística ficou apenas para o T1 contra os demais, o mesmo foi

observado quanto ao cálcio quanto maior a dose de gesso aplicada maior a concentração final (Tabela 9).

Embora os dados de pH tenham apresentado relevância pela estatística, diferindo entre os tratamentos, e sendo os tratamentos com maior porcentagem de gesso os que apresentaram pH abaixo de 7,0 (Tabela 9). Essa diferença não refletiu em uma maior fixação de nitrogênio na cama de frango, como foi relatado por outros autores que sugeriram que a alta capacidade de absorção de umidade do gesso agrícola reduziria a atividade das bactérias produtoras de amônia, reduzindo o pH da cama.

### 6.3 Adubação

As plantas não apresentaram deficiência nutricional até o dia do corte (50 dias após a emergência), os dados completos da composição química do milho e do solo podem ser observados no Apêndice 3.

Não houve diferença para a produção de matéria seca na parte aérea (Tabela 10). Porém, os tratamentos com aplicação complementar de N mineral apresentaram maior produção de matéria seca em média. Os nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S são essenciais para a construção de estruturas orgânicas, para a ativação de inúmeras enzimas e como portadores de carga e osmoreguladores (PARSONS e SUNLEY, 2001; SHAUL, 2002; VANCE et al., 2003; DROUX, 2004; ASHLEY et al., 2006). Assim, a absorção desses elementos está diretamente relacionada à produção de matéria seca e maior desenvolvimento vegetal.

Tabela 10: Média da massa seca da parte aérea da planta de milho, produzida por tratamento e na condição de adubação ou não com nitrogênio.

Trat.	Massa seca de parte aérea (g/unidade experimental)			
	COM		SEM	
T1	79,00	A	84,40	A
T2	89,20	A	79,10	A
T3	83,60	A	82,80	A
T4	84,10	A	72,50	A

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey para 5%

Sem o uso do gesso (T1), a ausência de adubação complementar de N apresentou maior produção de matéria seca de raiz (Tabela 11), pois em estresse

nutricional as plantas aumentam a relação raiz: parte aérea como forma de explorar maior volume de solo e aumentar o acesso aos sítios mais ricos em nutrientes.

As características desejáveis para melhor a absorção de nutrientes e água são aquelas que facilitam a exploração dos espaços intersticiais e permitem a ocupação de maior volume do solo, como maior alongamento da raiz, maior relação raiz/parte aérea, presença de muitos pelos radiculares, raízes mais ramificadas, dentre outras (JONES et al., 2009). Porém, em média, os tratamentos com adição de N mineral apresentaram maior produção de matéria seca da raiz, o que reforça o papel desse nutriente na produção de tecidos e a necessidade de complementar o uso da cama de frango com uma fonte nitrogenada de alta solubilidade.

Tabela 11: Média da massa seca de raiz produzida por tratamento e na condição de adubação ou não com nitrogênio.

TRAT.	Massa seca de raiz (g/unidade experimental)			
	COM		SEM	
T1	55,4	B	62,5	A
T2	68	AB	71,6	A
T3	77,3	AB	59	A
T4	97,4	A	57,9	A
Média	74,5	a	62,8	b

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey para 5%

Os tratamentos com adubação nitrogenada apresentaram maior concentração de N nas raízes (Tabela 12) e, conseqüentemente, maior concentração de P (Tabela 13), devido à interação sinérgica plenamente estabelecida entre esses nutrientes (SILVA e TREVIZAM, 2015).

Tabela 12: Média de Nitrogênio total na raiz, por tratamento na condição de com ou sem aplicação de nitrogênio.

TRAT.	NITROGENIO TOTAL RAIZ (g/kg)			
	Com	Sem	Média	
T1	14,65	11,38	13,015	
T2	14,34	11,69	13,015	
T3	12,66	12,08	12,37	
T4	12,88	10,86	11,87	
Média	13,6325	a	11,5025	b

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey para 5%

A absorção de P, semelhantemente à do N, ocorre praticamente paralela ao acúmulo de matéria seca durante a maior parte do desenvolvimento vegetativo da planta, com posto de exigência máxima ao redor de 60 dias após a germinação (BULL e CANTARELLA, 1993).

Tabela 13: Média de Fósforo na raiz, relevância quando comparados aplicação de nitrogênio e tratamentos.

TRAT.	FÓSFORO RAIZ (mg/kg)				Média
	Com		Sem		
T1	272,7	A	205,9	B	239,3
T2	267,5	A	230,9	AB	249,2
T3	236,2	AB	268,2	A	252,2
T4	275,9	A	235,1	AB	255,5
Média	270,1	A	233	b	

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey para 5%

O estudo foi conduzido até os 50 dias após a emergência do milho, considerando essa fase vegetativa, as raízes estavam em absorção constante de nutrientes. Nesse caso a relação C:P da cama de frango pode ter interferido na disponibilidade e absorção de P pelas raízes. Segundo Branco et al. (2001) a reação de solubilização do fósforo necessita da presença de ácidos orgânicos ou de um baixo pH no solo, para que seja possível reduzir a fixação do fósforo pelas partículas de solo, aumentando a disponibilidade do elemento.

O gesso aumentou de maneira direta a disponibilidade de P no solo (Tabela 14). Fittipaldi (2006), avaliando o uso do gesso, constatou que ele proporcionou maiores teores de P disponível no solo na profundidade de 20-40 cm. Adubos fosfatados tem praticamente todo o fosfato é retido na fase sólida devido a ocorrência de um grande número de compostos fosfatados de Fe e Al, abundantes nas condições tropicais. Entretanto, um alto aporte de Ca pode favorecer a formação de fosfatos de cálcio que, dependendo do pH, podem ser dissolvidos mais facilmente do que aqueles ligados aos oxihidróxidos (SOUSA e VOLKWEISS, 1987; RHEINHEIMER, 2000).

Tabela 14: Médias de Fósforo (P) do Solo, relevância quando comparados os desempenho entre os tratamentos.

FÓSFORO NO SOLO (mg/kg)		
TRAT.	Média	
T1	1,148	C
T2	1,301	BC
T3	1,388	AB
T4	1,519	A

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey para 5%

Silva et al. (2011) analisando os teores de P no solo antes do plantio de milho e teores de P no solo após 45 dias do plantio em diferentes épocas de incubação nas diferentes doses de cama de frango observou que os teores de P tenderam a aumentar com as épocas de incubação.

Assim como observado por Araújo et al. (2008) e Silva et al. (2011) a incubação de cama de frango, até 30 dias, propicia maiores condições para a solubilização do P, pelo incremento da matéria orgânica do solo e atividade microbiana.

Tabela 15: Médias de Cálcio na raiz, relevância quando comparados aplicação de nitrogênio e tratamentos.

CÁLCIO RAIZ (g/kg)					
TRAT.	Com		Sem		Média
T1	0,131	A	0,099	B	0,115
T2	0,128	A	0,111	AB	0,120
T3	0,113	AB	0,129	A	0,121
T4	0,132	A	0,113	AB	0,123
Média	0,126	A	0,113	b	

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey para 5%

O uso do gesso agrícola, como fonte de Ca, maximizou a absorção e a concentração desse nutriente nas raízes (Tabela 15) e, em média, a concentração desse nutriente na parte aérea (Tabela 16). Porém como não houve diferenças para os diferentes níveis do corretivo, a dose mais baixa (20%) já é suficiente para garantir um suprimento adequado.

Tabela 16: Médias de Cálcio na Planta, relevância quando comparados aplicação de nitrogênio e desempenho entre os tratamentos.

CÁLCIO PLANTA (g/kg)					
TRAT.	Com		Sem		Média
T1	0,089		0,073		0,081
T2	0,104		0,090		0,097
T3	0,063		0,074		0,069
T4	0,109		0,069		0,089
Média	0,091	a	0,077	b	

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey para 5%

Os dados de Ca no solo (Tabela 17), no entanto, mostram que não houve diferença entre a aplicação ou não do gesso para a disponibilidade do nutriente. Dessa forma, a maior absorção do Ca deveu-se não propriamente à adição de maior quantidade do nutriente no sistema, mas indiretamente através da melhoria nas condições físicas do solo em profundidade, o que permite maior desenvolvimento radicular em profundidade e, conseqüentemente, maior absorção de água e uma melhoria das condições nutricionais na planta (PAVAN E VOLKWEISS, 1986).

Tabela 17: Médias de Cálcio no Solo, relevância quando comparados aplicação de nitrogênio e desempenho entre os tratamentos.

CÁLCIO SOLO (g/kg)					
TRAT.	Com		Sem		Média
T1	7,197	A	7,238	A	7,218
T2	5,995	B	7,021	A	6,508
T3	6,803	AB	6,857	AB	6,830
T4	7,292	A	6,448	A	6,870
Média	6,822		6,891		

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey para 5%

Sem a aplicação de gesso a presença de N mineral foi fundamental para elevar a absorção de Ca e igualar a concentração do nutriente com os outros tratamentos, também através de um maior desenvolvimento da raiz e as vantagens que acompanham essa estratégia.

O Mg apresentou o mesmo comportamento que o Ca na raiz, na parte aérea e no solo, reforçando o efeito indireto do corretivo agrícola nas condições do solo e, indiretamente, no desenvolvimento radicular e na absorção de nutrientes.

Considerando um solo de valor ideal de saturação de 65% de Ca, 10% de Mg e 5% de K (McLEAN, 1984), o balanço dos cátions potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) apresenta uma relação antagonica. A concentração de K no solo, planta e raiz não diferiu entre os tratamentos, mas a do Ca apresentou taxas de absorção diferente.

Medeiros et al. (2008) em estudo de determinou que os teores de Mg no tecido vegetal variaram de 0,9 a 2,2 g kg<sup>-1</sup>, decrescendo as concentrações com o aumento da relação Ca:Mg, e concluiu que o aumento da absorção de Ca reduziu a absorção de Mg, comportamento explicado pelo antagonismo entre estes dois elementos, levando à deficiência de Mg na parte aérea das plantas de milho.

A curva de acúmulo de Magnésio, semelhantemente às do N e P, tem maior exigência na fase inicial da planta aos 40 – 60 dias após a emergência (BULL e CANTARELLA, 1993). No estudo a concentração de Mg na planta foi influenciada pela presença do gesso e aplicação de nitrogênio (Tabela 18), o tratamento T1 (sem gesso agrícola) favoreceu o maior acúmulo de Mg para a planta.

Tabela 18: Médias de Magnésio na Planta, relevância quando comparados aplicação de nitrogênio e doses de gesso dos tratamentos.

TRAT.	MAGNESIO PLANTA (g/kg)			Média	
	Com	Sem			
T1	0,033	0,029	0,031	A	
T2	0,029	0,028	0,029	AB	
T3	0,025	0,024	0,025	B	
T4	0,028	0,021	0,025	B	
Média	0,029 a	0,026 b			

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey para 5%

Os tratamentos com aplicação de N foram os que tiveram os melhores resultados de modo geral, e dentre os que não receberam adubação nitrogenada os tratamentos com a presença de gesso foram superiores ao tratamento sem gesso (T1), apresentando uma relação entre a disponibilidade dos nutrientes e a presença do corretivo agrícola. Assim, a cama de frango não é capaz de suprir a demanda por N da cultura, tornando a fertilização fundamental para a garantia do desenvolvimento pleno da cultura. O gesso garantiu uma maior produção de matéria seca, de forma que as fontes de Ca e S também devem ser consideradas no manejo da fertilidade.

## 7. CONCLUSÃO

O Gesso agrícola não controlou a volatilização do nitrogênio em sua aplicação nas doses propostas, portanto, não promoveu efeito significativo nas características fertilizantes da cama de frango.

Quando reutilizado a cama de frango por mais de três vezes, a relação C/N tende a diminuir, promovendo maior volatilização do gás amônia, portanto, recomenda-se a adição de maravalha para haver equilíbrio dinâmico dos microorganismos, promovendo imobilização do nitrogênio.

A adubação com cama de frango possuindo gesso e aplicação de nitrogênio mostrou ter o melhor desempenho na cultura do milho, promovendo maior concentração de nitrogênio e fósforo na massa seca de raiz do milho.

O condicionamento da cama de frango é viável para o bem estar animal. Para fins de fertilidade do solo, a aplicação do material em faze de granja seria um bom caminho para o real aproveitamento do nitrogênio, porém, é necessário estudos complementares para real certificação de sua eficiência.

## 8. REFERÊNCIAS

- ABPA, Associação brasileira de proteína animal. Relatório Anual 2015. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-aneais>. Acesso em: 20 mar. 2016.
- AQUINO, A. M.; OLIVEIRA, A. M. G.; LOUREIRO, D.C. Integrando compostagem e vermicompostagem na reciclagem de resíduos orgânicos domésticos. **Embrapa Agroecologia**, p. 4, circular técnica 12, 2005.
- ARAÚJO, F. F.; TIRITAN, C. S.; PEREIRA, H. M.; CAETANO JÚNIOR, O. Desenvolvimento do milho e fertilidade do solo após aplicação de lodo de curtume e fosforita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.507-511, 2008.
- ASHLEY, M.K.; GRANT, M.; GRABOV, A. Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins. **Journal of Experimental Botany**, 57(2): p. 425-436, 2006.
- AVILA, V. S.; ABREU, V. M. N.; FIGUEIREDO, E. A. P.; OLIVEIRA, U.; BRUM, P. A. Valor agronômico da cama de frango após reutilização por vários lotes consecutivos. **Embrapa Suínos e Aves: Concórdia** (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado técnico, 466), 2007.
- AVILA, V. S.; OLIVEIRA, U.; FIGUEIREDO, E. A. P.; COSTA, C. A. F.; ABREU, V. M. N.; ROSA, P. S. Avaliação de materiais alternativos em substituição à maravalha como cama de aviário. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, vol. 37, no. 2, fev. 2008.
- BELCHIOR, E. B., SOUSA, T. C. R., MOREIRA, J. M. M. A. P.; AGUIAR, J. L. P.; TEIXEIRA, L. P. Avaliações dos impactos do uso de gesso agrícola na cultura de soja em algumas áreas do cerrado. **Embrapa cerrado: documentos 297**, 2010.
- BENEDETTI, M. P.; FUGIWARA, A. T.; FACTORI, M. A.; COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. L. Adubação com cama de frango em pastagem. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia – ZOOTECA, 2009, Águas de Lindóia, 2009.

BRANCO, S. M.; MURGEL, P. H.; CAVINATTO, V. M. Compostagem: solubilização biológica de rocha fosfática na produção de fertilizante organomineral. **Engenharia sanitária e ambiental**, vol. 6, 2001.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen: total. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Orgs.) *Methods of soil analysis*. 2nd ed. Madison: **American Society of Agronomy**, part 2, p. 595-624, 1982.

BRUNO, L. D. G.; MORAES, V. M. B.; ARIKI, J.; KRONKA, S. N. Efeitos da Adição de Gesso Agrícola à Cama Aviária sobre o Desempenho de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.320-325, 1999.

BULL, L. T. e CANTARELLA, H. Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. **POTAFOS**: Piracicaba, 1993.

BURGESS, P. W., ALDERMAN, N., EVANS, J., EMSLIE, H., & WILSON, B. A. The ecological validity of tests of executive function. **The Journal of the International Neuropsychological Society**, 4(6), 547–558, 1998.

CARR, L.E.; WHEATON, F.W.; DOUGLAS, L.W. Empirical models to determine ammonia concentrations from broiler chicken litter. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v.33, n.4, p.1337-1342, 1990.

CARVALHO, J. C. R.; SOUSA, C. S.; SOUSA, C. S. Fertilizantes e Fertilização. Universidade Federal da Bahia, **Departamento de Química Agrícola e Solo**: Cruz das almas, p. 35, 2005.

CASTOLDI, G. **Nitrogênio no sistema solo-planta após a dissecação de brachiárias**. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

CFSEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Comissão de fertilidade do solo do estado de minas gerais: Lavras, 4ª aproximação, p. 159, 1989.

COBB-VANTRESS, 2013. Suplemento de crescimento e nutrição para frangos de corte, Cobb500TM. Disponível em: [www.cobb-vantress.com](http://www.cobb-vantress.com). Acesso em: 16/02/2016.

DNPM. Balanço Mineral Brasileiro 2012. Departamento Nacional de produção Mineral: Brasil, 2012

DROUX, M. Sulfur assimilation and the role of sulfur in plant metabolism: a survey. **Photosynthesis Research**, 79(3): p. 331-348, 2004..

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **Embrapa-SPI**: Brasil, p. 412, 2006.

FENN, L.B.; TAYLOR, R.M. & MATOCHA, J.E. Ammonia losses from surface applied nitrogen fertilizer as controlled by soluble calcium and magnesium: General theory. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 45:777-781, 1981.

FERREIRA, H. A.; OLIVEIRA, M. C.; TRALDI, A. B. Efeito de condicionadores químicos na cama de frango sobre o desempenho de frangos de corte. Belo Horizonte: **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol.56, n. 4, 2004.

FITTIPALDI, W. L. S. L. **Sistemas de cultivo e gesso nas características químicas do solo e produtividade de milho consorciado com braquiária**. 2006. 51 f. (Dissertação em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade de Marília, Marília, 2006.

FRENEY, J.R. et al. Factors controlling ammonia loss from trash covered sugarcane fields fertilized with urea. **Fert. Res.**,1992.

GEZGIN, S.; BAYRAKLI, F. Ammonia volatilization from ammonium sulphate, ammonium nitrate, and urea surface applied to winter wheat on a calcareous soil. **J. Plant Nut.**,18:2483-2494, 1995.

GLÓRIA, N. A. et al. Avaliação do gesso e de alguns fosfatos como inibidores da volatilização de amônia de esterco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.3, p.297-301, 1991.

HERNANDES, R.; CAZETTA, J. O.; MORAES, V. M. B. Frações nitrogenadas, glicídicas e amônia liberada pela cama de frangos de corte em diferentes densidades e tempos de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1795-1802, 2002.

HINZ, T.; LINKE, S. A comprehensive experimental study of aerial pollutants in and emissions from livestock buildings. Part 2: Results. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.70, n.1, p.119-129, 1998.

IBGE. Indicadores: estatística da Produção Pecuária 2015. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, julho de 2015. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

JAYAWEERA, G.R.; MIKKELSON, D.S. Ammonia volatilization from flooded soil systems: A computer model. I. Theoretical aspects. **Soil Science Society of America Journal**, 54: 1447- 1455, 1990.

JEPPSSON, K.H. Volatilization of ammonia in deep-litter systems with different bedding materials for young cattle. **Journal of Agricultural Engineering Research, Silsoe**, v. 73, p.49-57, 1999.

JEPPSSON, K.H. Volatilization of ammonia in deep-litter systems with different bedding materials for young cattle. **Journal of Agricultural Engineering Research, Silsoe**, v. 73, p.49-57, 1999.

JONES, D.L.; NGUYEN, C.; FINLAY, R.D. Carbon flow in the rhizosphere: carbon trading at the soil-root interface. **Plant and Soil doi: 10.1007/S11104-009-9925-0**, 2009.

KEENEY, D. R.; NELSON, D. W. Nitrogen: inorganic forms. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Orgs.). Methods of soil analysis. 2nd ed. Madison: **American Society of Agronomy**, part 2, p. 625-642, 1982.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, São Paulo, p. 492, 1985.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. São Paulo, 2002.

KIEHL, J.C. Distribuição e retenção de amônia no solo após a aplicação de uréia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 1989.

KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C. Cultivo do Milho: Adubação Orgânica. **Embrapa Milho e Sorgo: Sistemas de Produção**, 2 Versão Eletrônica - 4ª edição, 2008.

LARA CABEZAS, W. A. R.; ARRUDA, M. R.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; BENDASSOLLI, J. A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 2005.

MacSAFLEY, L. M.; DUPOLDT, C.; GETER, F. Agricultural waste management system component design. In: KRIDER, J.N.; RICKMEN, J.D. Agricultural waste management field handbook. U.S. **Department Agriculture, Soil Conservation Service**, cap. 10, p.1-85, 1992.

MALAVOLTA, E. et al. Gesso agrícola: seu uso na adubação e correção de solos. **Ultrafértil**, São Paulo, p. 31, 1979.

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

MATTOS JR., D.; CANTARELLA, H.; RAIJ, B. Van. Manuseio e conservação de amostras de solo para preservação do nitrogênio inorgânico. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 423-431, 1995.

McLEAN, E. O. Interpretação de análise de solo. **Fundação Cargill**: Campinas, 1984.

MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; ROSA, J. D.; GATIBONI, L. C. Relação cálcio:magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 799-806, out./dez. 2008.

MENDES, L. B. et al. O ciclo do nitrogênio na criação de frangos de corte e suas perdas na forma de amônia volátil: uma revisão. **PUBVET**, Londrina, v. 6, n. 20, ed. 207, 2012.

MIELE, A.; MILAN, P. A. Composição mineral de cama de aviário de frangos de corte e sua utilização na adubação de vinhedos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 7, p. 729-733, 1983.

MINITAB 16. Minitab for Windows Release 16, State College: **Minitab Inc**, PA, USA. 2010.

MITCHELL JUNIOR, C.C. The value and use of poultry waste as a fertilizer. In: **POULTRY** by-product management handbook. **Auburn University**: Alabama, Cooperative Extensive Service, (Circular ANR-244), 1991.

MONDARDO, D. Características produtivas e nutricionais da aveia preta sob doses crescentes de cama de frango. **Engormix**, 2013. Disponível em: <http://pt.engormix.com/MA-avicultura/administracao/artigos/caracteristicas-produtivas-nutricionais-aveia-t1373/124-p0.htm>. Acesso em: 30/07/2013.

MOORE, P.A.; DANIEL, T.C.; EDWARDS, D.R. Reducing phosphorus runoff and inhibiting ammonia loss from poultry manure with aluminum sulfate. **J. Environ. Qual.**, v.29, p.29-37, 2000.

NÄÄS, I. A. et al. Ambiência aérea em alojamento de frangos de corte: poeira e gases. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.326-335, 2007.

NAHM, K. H. Current pollution and odour control technologies for poultry production. **World's Poultry Science Journal**, 14: 131-155, 2005.

NEME, R., SAKOMURA, N.K.; OLIVEIRA, M.S. et al. Adição de gesso agrícola em três tipos de cama de aviário na fixação de nitrogênio e no desempenho de frango de corte. **Ciência Rural**, v.30, n.4, p.687-692, 2000.

NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do Solo. **Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, 2007.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; FALBO, M. K.; MORAES, A.; NOVAKOWISKI, J. H. Adubação com cama de aviário na produção de milho orgânico em sistema de integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1663-1672, jul./ago. 2013.

OLIVEIRA, L. B. et al. Parâmetros indicadores do potencial de mineralização do nitrogênio de compostos orgânicos. **Idesia: Chile**, v. 30, n. 1, 2012.

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

OLIVEIRA, M. C.; FERREIRA, H. A.; CANCHERINI, L. C. Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade da cama de frango. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, p.536-541, 2004.

PARSONS, R.; SUNLEY, R.J. Nitrogen nutrition and the role of root-shoot nitrogen signalling particularly in symbiotic systems. **Journal of Experimental Botany**, 52: p. 435-443, 2001.

PAVAN, M. A.; VOLKWEISS, S. J. Efeitos do gesso nas relações solo-planta: princípios. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, DF, 1985. Anais ... Brasília, EMBRAPA-DDT, p. 107-18, 1986.

PROCHNOW, L. I.; CUNHA, C. F.; KIEHL, J. C.; ALCARDE, J. C. Controle da volatilização de amônia em compostagem, mediante adição de gesso agrícola e superfosfatos com diferentes níveis de acidez residual. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, 25:65-70, 2001.

RAIJ, B. V. Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo. **Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas**. 1988.

RAIJ, B. Van. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo, Piracicaba: **Ceres, POTAFOS**, p. 343, 1991.

RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. **Instituto Agrônomo**: Campinas, p. 285, 2001.

REYNOLDS, C. M.; WOLF, D. C. Effect of soil moisture and air relative humidity on ammonia volatilization from surface-applied urea. **Soil Sci.**, 1987.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I.; CONTE, E. Fósforo da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 589-597, 2000.

ROPPA, A.; ROSA, G. M.; GABRIEL, M.; WASTOWSKI, A. D.; SILVA, J. C.; ZENI, C. Análise dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio em camas de aviário para adubação orgânica. **Centro de Educação Superior Norte-RS-CESNORS**, 2010.

ROSA JUNIOR E. J. et al.. Calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de cerrado sob três sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 2006.

SAMPAIO, C. A. P. **Caracterização dos sistemas térmicos e acústicos em sistemas de produção de suínos nas fases de creche e terminação**. 2004. 121f. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiente) -Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2004.

SAMPAIO, M. A. P. M., et al. Estudo da população microbiana e da liberação de amônia da cama de frangos tratada com gesso agrícola. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.51, n.6, p.559-564, 1999.

SEIFFERT, N. F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. **Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola**, Concórdia, 2000.

SHAUL, O. Magnesium transport and function in plants: the tip of the iceberg. **Biometals**, 15(3): p. 309-323, 2002.

SILVA, M. L. S; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações agrônomicas**, n. 147, mar. 2015. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/8C2796BCB76E0F9B83257E20006560E2/\\$FILE/Page10-16-149.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/8C2796BCB76E0F9B83257E20006560E2/$FILE/Page10-16-149.pdf)>. Acesso em: dez, 2015

SILVA, T.R.; Menezes, J.F.S.; Simon, G.A.; Assis, R.L.; Santos, C.J.L.; Gomes, G. V. Cultivo do milho e disponibilidade de P sob adubação com cama-de-frango. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.9, p.903–910, 2011.

SISTANI, K.R., SIKORA, F.J., RASNAKE, M. Poultry litter and tillage influences on corn production and soil nutrients in a Kentucky silt loam soil. **Soil & Tillage Research**, n. 98 p.130–139, 2008

SOBIH, M.A., DOSOKY, R. Field trials to reduce ammonia content of air in broiler houses. Assiut. **Vet. Med. J.**, v.24, n.47, 1990.

SOUSA, D. M. G.; VOLKWEISS, S. J. Reações do superfosfato triplo em grânulos com solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, p. 133-140, 1987.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A.; O uso do gesso agrícola em Solos do Cerrado. Circular Técnica 32. **Embrapa Cerrados**: Planaltina, DF. , p. 19. Jan. 2005.

TERZICH, M. A amônia dos galpões avícolas e o pH da cama. In: Conferência afinco de ciência e tecnologia avícolas, 1997, São Paulo, SP. Anais... São Paulo : **Associação Brasileira dos Produtores de pintos de Corte**, p. 304, 1997.

TEUSCHER, H., ADLER, R. El suelo y su fertilidad. **Companhia Editorial Continental**, ed. 1, p. 510, 1965.

VANCE, C.P., C. uhde-stone; ALLAN, D.L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, 157(3): p. 423-447, 2003.

WANG, A. **Prediction of ammonia emission from poultry layer and dairy houses using an alternative mass balance method**. 2010. Dissertação (Mestrado). Columbus, OH.: The Ohio State University, Department of Food, Agricultural and Biological Engineering, 2010.

WATHES, C.M. et al. Concentrations and emissions rates of aerial ammonia, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, dust and endotoxin in UK broiler and layer houses. **British Poultry Science**, March, v.38, n.1, p. 14028, 1997.

WELTRY, J. R.; WICKS, C. E.; WILSON, R. E. Fundamentals of momentum, heat, and mass transfer. **Wiley. New York**, 3rd ed., 1984.

WILDEY, H. Manage turkey litter to control ammonia. **Poult. Dig.**, v.43, p.257, 1984.

WYATT, C.L.; GOODMAN, T.N. Research note: the utilization of recycled sheedrock (refined gypsum) as a litter material for broiler houses. **Poult. Sci.**, v.71, p.1572-1576, 1992.

ZANATTA, R. A. **Análise do controle de amônia em aviários**. Monografia apresentada à Diretoria de Pós Graduação da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC. CRICIÚMA, 2007.

ZAPATA, O. L. M. **Caracterização e avaliação do potencial Fertilizante e poluente de distintas camas de frango submetidas a reusos seqüenciais na zona da mata do estado de Minas Gerais**. 2011, 108 f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência). Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG. 2011.

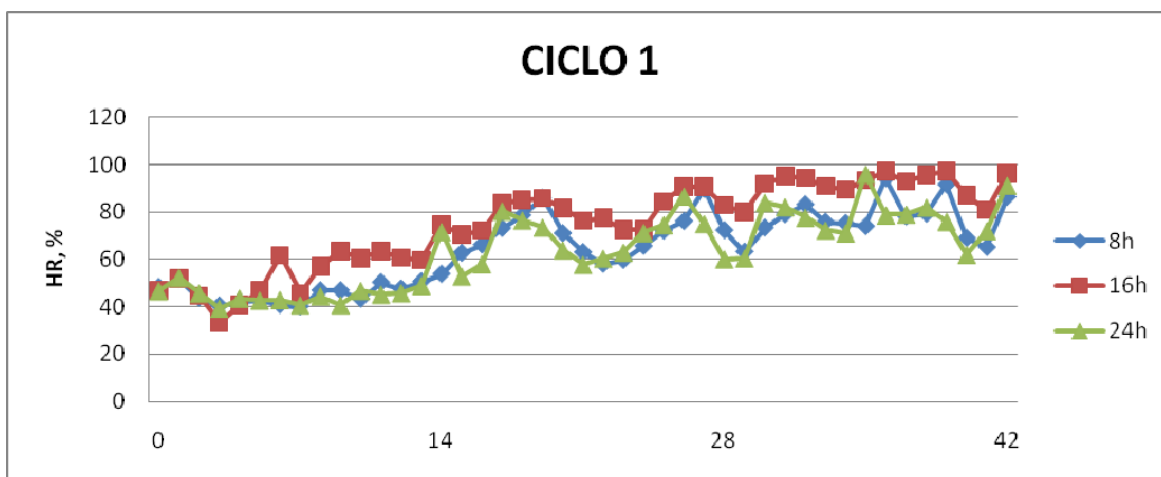
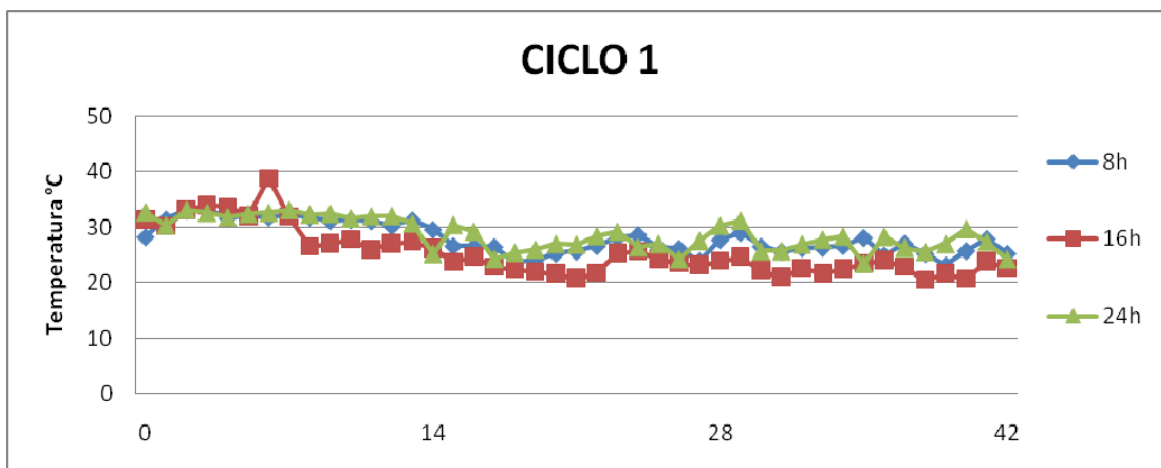
## APÊNDICE

APÊNDICE 1: Composição centesimal e nutricional calculada das dietas basais, níveis de garantia/kg de ração, aplicadas nos três ciclos de produção para frangos de corte de desempenho médio.

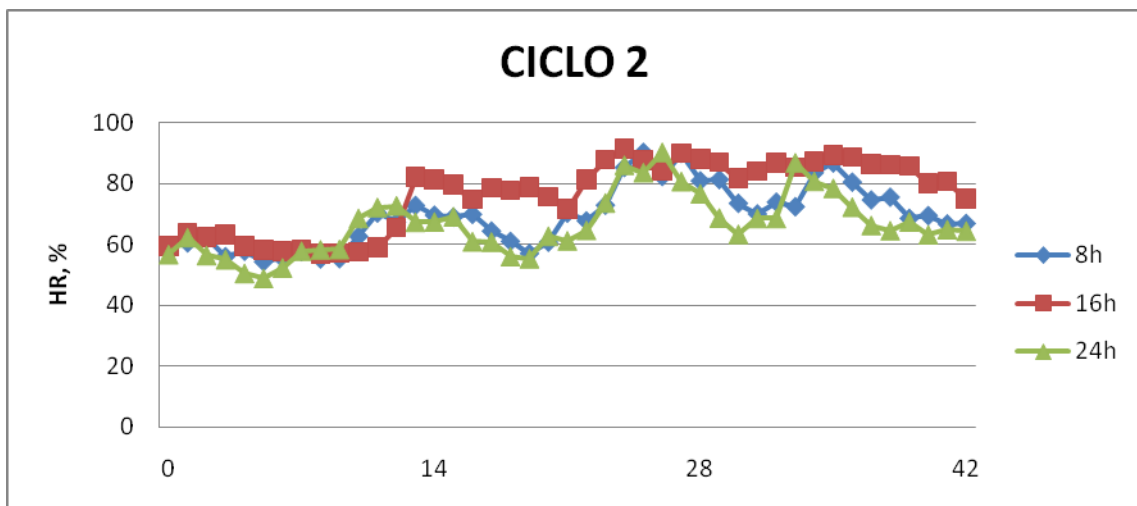
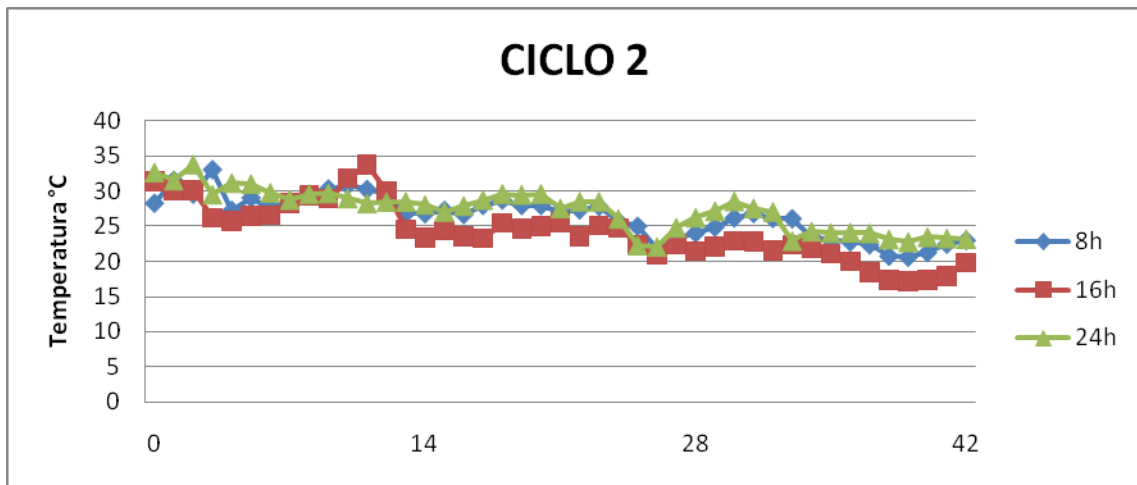
Ingredientes	Pré-Inicial	Inicial	Crescimento	Final
	0-7 dias	8-21 dias	22-35 dias	35-42 dias
Milho	53,844	58,019	60,700	65,329
Farelo de soja (45%)	38,600	35,018	31,790	27,605
Óleo de Soja	2,700	2,567	3,535	3,385
Fosfato bicálcico	1,908	1,520	1,275	1,071
Bicarbonato de sódio	0,233	0,195	0,157	0,140
Calcário calcítico	0,912	0,920	0,863	0,769
Cl colina	0,060	0,060	0,050	0,040
DL-Metionina (99,0%)	0,355	0,285	0,254	0,238
L-Lisina HCL (78,4%)	0,278	0,208	0,187	0,226
L-Treonina (98%)	0,103	0,058	0,039	0,047
Sal Comum	0,350	0,350	0,350	0,350
Inerte	0,400	0,400	0,400	0,400
Premix vit/min	0,400	0,400	0,400	0,400
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Composição Nutricional Calculada</b>				
EM (Kcal/Kg)	2958,703	3000,017	3100,110	3150,037
PB (%)	22,228	20,800	19,500	18,003
Ca (%)	0,920	0,821	0,732	0,638
Metionina dig (%)	0,645	0,562	0,517	0,485
AAS (%)	0,944	0,846	0,787	0,737
Lisina dig. (%)	1,314	1,175	1,080	1,012
K (%)	0,863	0,809	0,758	0,695
Na (%)	0,220	0,210	0,200	0,195
Cl (%)	0,260	0,261	0,261	0,262
ÁC. Linoleico (%)	2,828	2,804	3,349	3,319
Triptofano dig. (%)	0,251	0,232	0,215	0,193
Treonina dig. (%)	0,853	0,764	0,701	0,656
Arginina dig. (%)	1,407	1,307	1,214	1,097
Glicina+Serina (%)	1,855	1,738	1,626	1,488
Isoleucina dig. (%)	0,870	0,812	0,756	0,687
Valina dig. (%)	0,938	0,881	0,827	0,759
Leucina dig. (%)	1,716	1,639	1,560	1,469
Histidina dig. (%)	0,545	0,514	0,484	0,446
Fenilalanina dig. (%)	1,025	0,961	0,899	0,824
Fhe+Tirosina dig. (%)	1,752	1,643	1,538	1,409

APÊNDICE 2: Valores médios de temperatura de umidade relativa do ar dentro do Galpão de frango de corte.

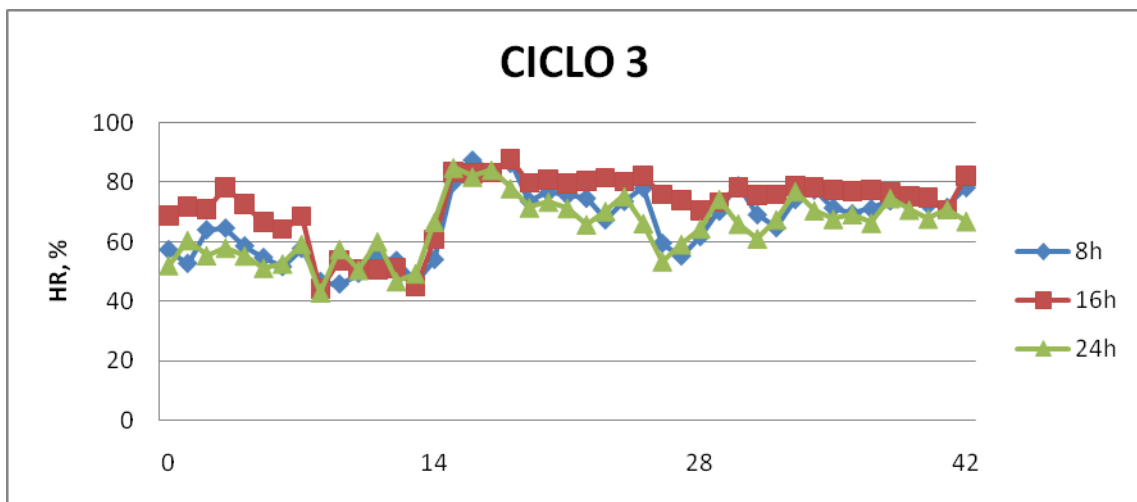
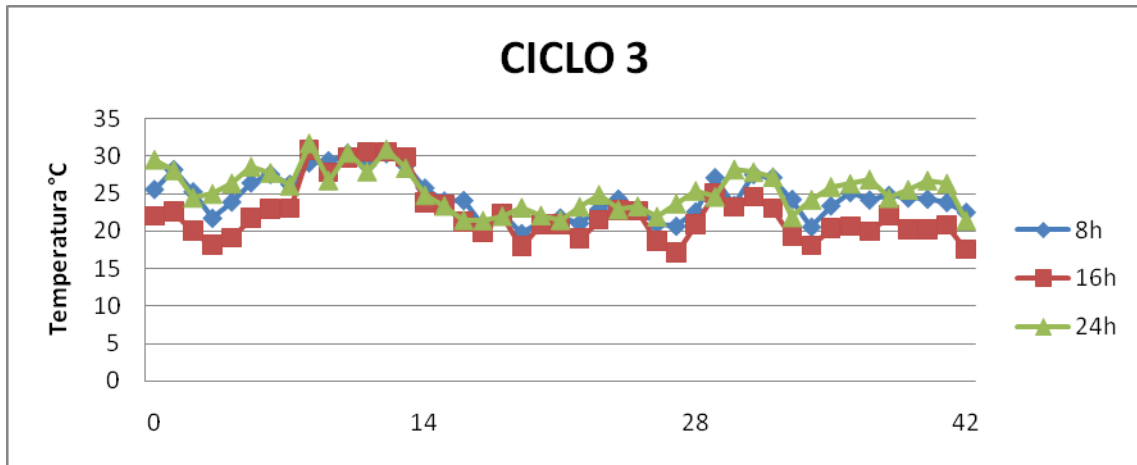
Os valores médios de temperatura de umidade relativa do ar do ambiente interno do galpão foram coletados a cada 30 minutos e agrupados a cada 8h. Os 3 gráficos mostram a variação de temperatura e umidade nos dias de cada ciclo.



Ciclo 1: de 29/01/2014 a 12/03/2014 compreendendo 42 dias de ciclo, havendo coleta de valores de volatilização nos dias 0, 7, 14, 21, 28, 35 e 42.



Ciclo 2: de 20/03/2014 a 01/05/2014 compreendendo 42 dias de ciclo, havendo coleta de valores de volatilização nos dias 0, 7, 14, 21, 28, 35 e 42.



Ciclo 3: de 08/05/2014 a 19/007/2014 compreendendo 42 dias de ciclo, havendo coleta de valores de volatilização nos dias 0, 7, 14, 21, 28, 35 e 42.

## APÊNDICE 3: Resultados médios das avaliações químicas da cama de frango.

CAMA DE FRANGO				
PARAMETROS	T1	T2	T3	T4
NH <sub>4</sub> (g/kg)	0,560	0,624	0,639	0,624
NO <sub>3</sub> (g/kg)	0,184	0,217	0,210	0,230
NT (g/kg)	23,900	22,368	23,860	22,710
C %	38,500	38,400	38,180	37,483
P (g/kg)	3,969	3,063	1,898	1,563
Ca (g/kg)	20,406	42,299	66,756	79,116
Mg (g/kg)	6,289	8,094	5,717	5,239
K (g/kg)	14,963	31,188	12,044	11,070
S (g/kg)	23,960	72,500	83,300	91,800
pH	7,220	6,950	6,645	6,602
MS (%)	4,556	4,587	4,070	4,881

Valores médios finais da cama de frango.

TRAT.	CICLO 1		CICLO 2		CICLO 3	
	NT	C	NT	C	NT	C
	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%
T1	21,44	46,017	25,342	44,317	23,9	38,5
T2	22,639	44,217	24,607	42,583	22,368	38,4
T3	21,868	43,517	22,838	40,1	23,86	38,18
T4	21,89	41,95	23,534	38,72	22,71	37,483

Valores médios de nitrogênio total (NT) e carbono total (C) por tratamento em cada ciclo.

TRAT.	CICLO 1		CICLO 2		CICLO 3	
	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>
	g/kg		g/kg		g/Kg	
T1	0,4064	0,01715	0,3682	0,0355	0,560	0,184
T2	0,4726	0,01964	0,4147	0,0377	0,624	0,217
T3	0,4719	0,01685	0,4372	0,03441	0,639	0,210
T4	0,4055	0,0248	0,4289	0,02157	0,624	0,230

Valores médios de NH<sub>4</sub> e NO<sub>3</sub> por tratamento em cada ciclo.

APÊNDICE 4: Resultados médios das avaliações químicas do solo dos vasos, planta parte aérea e raiz de milho.

PLANTA					
VARIAVEL	Cond.	T1	T2	T3	T4
N	c	24,610	23,650	19,570	20,600
(g/kg)	s	21,790	19,170	20,980	18,020
C	c	43,260	43,380	43,820	43,820
(%)	s	43,280	43,600	43,200	44,220
K	c	0,456	0,418	0,292	0,342
(g/kg)	s	0,411	0,358	0,427	0,316
Mg	c	0,033	0,029	0,025	0,028
(g/kg)	s	0,029	0,028	0,024	0,021
Ca	c	0,089	0,104	0,063	0,109
(g/kg)	s	0,073	0,090	0,074	0,069
P	c	4,910	4,544	3,923	3,864
mg/kg	s	4,876	2,739	4,553	4,272
MS	c	78,976	89,188	83,610	84,138
(g/unid. experimental)	s	84,394	79,056	82,786	72,466

RAIZ					
VARIAVEL	Cond.	T1	T2	T3	T4
N	c	14,650	14,340	12,660	12,880
(g/kg)	s	11,380	11,690	12,080	10,860
C	c	41,060	41,680	40,880	39,880
(%)	s	40,900	41,380	42,140	39,200
K	c	0,889	1,021	0,870	0,952
(g/kg)	s	0,799	0,902	0,860	0,987
Mg	c	0,042	0,043	0,040	0,044
(g/kg)	s	0,041	0,043	0,043	0,040
Ca	c	0,131	0,128	0,113	0,132
(g/kg)	s	0,099	0,111	0,129	0,113
P	c	272,700	267,510	236,200	275,900
mg/kg	s	205,850	230,930	268,200	235,100
MS	c	55,362	68,015	77,270	97,420
(g/unid. experimental)	s	62,496	71,570	59,003	57,943

SOLO					
VARIAVEL	Cond.	T1	T2	T3	T4
N (g/kg)	c	1,330	1,360	1,320	1,280
	s	1,400	1,370	1,360	1,340
C (%)	c	1,232	1,290	1,260	1,266
	s	1,350	1,268	1,256	1,292
P (mg/kg)	c	1,152	1,343	1,484	1,543
	s	1,144	1,259	1,293	1,494
S (mg/kg)	c	495,000	296,429	367,571	457,071
	s	426,429	324,929	328,429	350,000
NH3 (mg/kg)	c	238,571	147,929	135,071	131,500
	s	110,714	136,857	166,929	96,571
NO3 (mg/kg)	c	102,714	93,443	113,357	93,000
	s	68,643	110,271	124,429	89,929
K (g/kg)	c	0,061	0,014	0,012	0,016
	s	0,088	0,020	0,020	0,014
Mg (g/kg)	c	0,044	0,010	0,009	0,012
	s	0,063	0,015	0,014	0,010
Ca (g/kg)	c	7,197	5,995	6,803	7,292
	s	7,238	7,021	6,857	6,448
pH	c	5,240	5,506	5,280	5,394
	s	5,186	5,276	5,636	5,418