

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EFEITO DA REUTILIZAÇÃO DA CAMA DE FRANGO NO
CONFORTO TÉRMICO DAS AVES E SEU USO COMO
FERTILIZANTE PARA A CULTURA DO MILHO**

Discente: Dannielle Leonardi Migotto
Docente: Prof. Dr. José Henrique Stringhini

GOIÂNIA – GO
2020



UFG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese

2. Nome completo do autor

DANNIELLE LEONARDI MIGOTTO

3. Título do trabalho

Efeito da reutilização da cama de frango no conforto térmico das aves e seu uso como fertilizante para a cultura do milho

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO*

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por José Henrique Stringhini, Professor do Magistério Superior, em 07/05/2020, às 10:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por DANNIELLE LEONARDI MIGOTTO, Discente, em 11/05/2020, às 14:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 1317109 e o código CRC F1D214E5.

DANNIELLE LEONARDI MIGOTTO

**EFEITO DA REUTILIZAÇÃO DA CAMA DE FRANGO NO
CONFORTO TÉRMICO DAS AVES E SEU USO COMO
FERTILIZANTE PARA A CULTURA DO MILHO**

Tese para obtenção do título de Doutora
em Zootecnia junto à escola de Medicina
Veterinária e Zootecnia da Universidade
Federal de Goiás.

Área de concentração:
Produção Animal

Linha de pesquisa:
Lp-c: Interrelações entre manejo sanitário,
Bem-estar e produção animal

Orientador:
Prof. Dr. José Henrique Stringhini- UFG

Comitê de Orientação:
Prof.^a Dra.Aline Mondini Calil Racanicci - UnB

GOIÂNIA

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Leonardi Migotto, Dannielle
EFEITO DA REUTILIZAÇÃO DA CAMA DE FRANGO NO
CONFORTO TÉRMICO DAS AVES E SEU USO COMO
FERTILIZANTE PARA A CULTURA DO MILHO [manuscrito] /
Dannielle Leonardi Migotto. - 2020.
117 f.

Orientador: Prof. Dr. José Henrique Stringhini; co-orientadora Dra.
Aline Mondini Calil Racanicci.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, Goiânia, 2020.

Inclui fotografias, lista de figuras, lista de tabelas.

1. conforto térmico. 2. dejetos avícolas. 3. índice de entalpia de
conforto. 4. sustentabilidade agrícola. I. Stringhini, José Henrique,
orient. II. Título.

CDU 635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

ATA DE DEFESA DE TESE

Ata nº 41 da sessão de Defesa de Tese de **Danielle Leonardi Migotto** que confere o título de **Doutor (a) em Zootecnia** pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na área de concentração em Produção Animal.

Aos **dez dias do mês de março de dois mil e vinte (10/03/2020)**, a partir das 13h30min, na Escola de Veterinária e Zootecnia, Departamento de Zootecnia, realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese intitulada **“Efeito da reutilização da cama de frango no bem-estar das aves e uso como fertilizante para a cultura do milho”**. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador **Prof. Dr. José Henrique Stringhini** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora Professores: **Itamar Rosa Teixeira** – UEG Campus CET, membro titular externo; **Vinícius Machado dos Santos** – IFB Campus Planaltina, membro titular externo; **Wilton Ladeira da Silva** – DZO/EVZ/UFV, membro titular interno; **Marcos Barcellos Café** – DZO/EVZ/UFV, membro titular interno. Durante a arguição os membros da banca fizeram sugestão de alteração do título do trabalho conforme explicitado abaixo. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Tese tendo sido a candidata Aprovada pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Orientador e Presidente da Banca Examinadora **Prof. Dr. José Henrique Stringhini**, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

Efeito da reutilização da cama de frango no conforto térmico das aves e seu uso como fertilizante para a cultura do milho



Documento assinado eletronicamente por José Henrique Stringhini, Professor do Magistério Superior, em 10/03/2020, às 18:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Marcos Barcellos Café, Professor do Magistério Superior, em 10/03/2020, às 18:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Wilton Ladeira Da Silva, Professor do Magistério Superior, em 10/03/2020, às 18:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Itamar Rosa Teixeira, Usuário Externo, em 10/03/2020, às 18:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Vinícius Machado dos Santos, Usuário Externo, em 10/03/2020, às 18:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 1207256 e o código CRC 43BCD110.

Aos meus pais e familiares,

A Santíssima Trindade,

Aos meus colegas e professores,

Aos meus amigos.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus, Nossa Senhora e Jesus Cristo, por que somente eles estiveram 100% ao meu lado, nas horas tranquilas e nas mais difíceis. O tempo todo colocando sua mão e seu manto em cima de mim e me protegendo de todo perigo que eu poderia estar correndo.

Agradeço aos meus pais Cleber Migotto e Neura Migotto, que foram meus melhores amigos em todos os momentos, de alegrias, sucesso, angústias, sofrimento e até de desesperança. Agradeço aos dias em que eu estive doente e meu pai esteve ao meu lado, sendo meu parceiro e me levando a Goiânia para o doutorado. A minha mãe que inúmeras vezes me fez companhia durante as viagens de “bate-volta” e sempre me dando apoio.

Minha irmã Danna, meus sobrinhos Isabelle e Bernardo que estiveram sempre presentes em todos os momentos. A minha falecida avó Benedita Dosolina Ghesti Leonardi que sempre torceu tanto por mim e tinha muito orgulho da mulher que me tornei. E sei que onde quer que a Sra. esteja, está presente comigo o tempo todo.

Aos meus colegas e amigos da pós-graduação que vou lembrar sempre com tanto carinho, Sarah Camargo, Deibity Cordeiro, Miliane Alves, Regina Fialho, Flávio Simões, entre outros que passaram momentaneamente mas que marcaram a minha passagem pelo doutorado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Henrique Stringhini, que me aceitou em uma jornada já iniciada e abraçou a causa como sua. Soube ser muito compreensivo nos momentos que de fato eu mais precisei. Somente gratidão por esse espírito de luz que entrou na minha vida.

A minha coorientadora, Profa. Dra. Aline Mondini Calil Racanicci, por ser um exemplo de mulher de fibra na minha vida. Por estar sempre presente em todos os momentos, sendo um esteio para mim.

Aos meus professores da EVZ – UFG, Emmanuel Arhnold, Eliane Sayuri Miyagi, Hozana Zaccaroni, Fabyola Barros de Carvalho, Heloíza Heleno de Carvalho Mello, Nadja Susana Mojyca Leandro, Marcos Barcellos Café, Paulo Hellmeister Filho, Alessandra Gimenez Marcarenhas, Marinaldo Divino Ribeiro, entre outros que eu tive a oportunidade de ser aluna.

Ao meu ex colega de IFB e colega de profissão, Vinícius Machado dos Santos, por ser um profissional de extrema competência e dedicação. Tenho enorme prazer em poder te chamar de colega e amigo, e espero sempre estar caminhando ao seu lado nessa vida.

Aos meus ex colegas de IFB que me ajudaram tanto nos dois primeiros anos de doutorado, Ronaldo Liberato, Adilson Jayme de Oliveira, Caio, Dirceu Macagman, Alessandra, Viviane Caminha, Karina Regia Machado Mota, Antônio Leão, André Pereira, entre outros.

A Fundação de Apoio a Pesquisa do Distrito Federal – FAPDF pelo financiamento do meu projeto do doutorado, com certeza sem essa verba disponibilizada não haveria possibilidade de execução, que teve duração de 2,2 anos a campo, fora o tempo de laboratório.

**“É muito melhor lançar-se
em busca de conquistas
grandiosas, mesmo
expondo-se ao fracasso, do
que alinhar-se com os
pobres de espírito, que nem
gozam muito nem sofrem
muito, porque vivem numa
penumbra cinzenta, onde
não conhecem nem vitória,
nem derrota.”**

Theodore Roosevelt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	16
1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 O aumento na produção de grãos e de carne de frango	19
2.2 Bem-estar das aves	21
2.3 Cama de frango	30
2.4 Produção de milho utilizando cama de frango com ou sem aditivo	35
3. REFERÊNCIAS	41
CAPÍTULO 2 – MICROCLIMA DE GALPÕES DE CRIAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE COM DIFERENTES REUSOS DA CAMA DE FRANGO	50
1. INTRODUÇÃO	52
2. MATERIAL E MÉTODOS	54
2.1 Local e data do experimento	54
2.2. Manejo dos galpões e avaliação do conforto térmico das aves	54
2.3 Cálculo do índice de entalpia de conforto	57
2.4 Medição do nível de amônia	58
3. ANÁLISE ESTATÍSTICA	59
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1 Temperatura do ambiente dos galpões e da cama de frango, umidade relativa e índice de entalpia de conforto	59
5. CONCLUSÃO	64
6. REFERÊNCIAS	65
CAPÍTULO 3 – ADUBAÇÃO DA CULTURA DO MILHO COM CAMA DE FRANGO DE DIFERENTES REUSOS COM ADIÇÃO OU NÃO DE CALCÁRIO CALCÍTICO E/OU ÁCIDO HÚMICO/MINERALIZADOR	68
1. INTRODUÇÃO	70
2. MATERIAL E MÉTODOS	73
2.1 Local e data do experimento	73
2.2 Obtenção da cama de frango	73
2.3 Preparação dos tratamentos	74

2.4 Aplicação dos tratamentos ao solo e plantio do milho	80
2.5 Avaliação nos grãos e espiga	82
3. ANÁLISE ESTATÍSTICA	83
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
4.1 Composição química dos tratamentos à base de cama de frango	84
4.2 Composição final do solo	90
4.3 Índices de produtividade do milho	97
4.4 Análises bromatológicas e perfil aminoacídico do milho	102
5. CONCLUSÃO	106
6. REFERÊNCIAS	107
CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	116

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

TABELA 1 -	Média de temperatura ambiente recomendada para frangos de corte	22
TABELA 2 -	Classificação do IEC, em kj/kg de ar seco para frangos de corte em zona de conforto, zona de alerta, zona crítica e zona letal de 1 a 6 semanas com limites inferiores (INF) e superiores (SUP) para cada zona	25
TABELA 3 -	Princípios das “cinco liberdades”	26
TABELA 4 -	Concentração de amônia e seus diversos efeitos ao ser humano e as aves	29
TABELA 5 -	Características químicas e físicas dos solos da região do cerrado sob condições tropicais	37

CAPÍTULO 2

TABELA 1 -	Resultados de temperatura instantânea, máxima e mínima do ambiente dos galpões (G) e da cama de frango (CF), umidade relativa e índice de entalpia de conforto dos galpões com diferentes níveis de reuso de cama de frango	60
------------	---	----

CAPÍTULO 3

TABELA 1 -	Resultados das análises em triplicata de solo inicial de pH, matéria orgânica (MO), carbono total % (CT), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), H+Al, saturação por alumínio % (m) dos blocos experimentais	79
TABELA 2 -	Resultados das análises em triplicata de solo inicial de alumínio (Al), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), soma das bases (SB), CTC efetiva (t), CTC pH 7,0 (T) e saturação por base (V%) dos blocos experimentais	82
TABELA 3 -	Resultados médios em triplicata dos tratamentos a base de cama de frango para composição química, de macronutrientes e micronutrientes	84
TABELA 4 -	Resultados médios em triplicata após a colheita do milho para composição química, de macronutrientes e micronutrientes do solo	90
TABELA 5 -	Resultados médios de altura de planta (AP) (m), inserção da primeira espiga (IPE) (m) e massa seca (MS) da planta (g), produtividade de grãos (kg) (PG) e produtividade em sacas/ha (Scs/ha) em função dos diferentes tratamentos aplicados ao solo	98
TABELA 6 -	Composição química dos tratamentos em duplicata para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM), amido (AMD), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), nitrogênio (N), açúcar (ACU) em porcentagem e fósforo (P) em mg/kg	102
TABELA 7 -	Resultados médios em duplicata para aminoácidos em porcentagem (%) dos tratamentos	104

LISTA DE IMAGENS

CAPÍTULO 2

IMAGEM 1 -	Vista interna do galpão automatizado	56
IMAGEM 2 -	Termohigrômetro digital localizado no galpão	57
IMAGEM 3 -	Aparelho KT-603 utilizado para medição do nível de amônia	58

CAPÍTULO 3

IMAGEM 1 -	Embalagem do mineralizador contendo a composição e produto na fase líquida	76
IMAGEM 2 -	Adição de ingredientes para preparo do tratamento em betoneira e aferição da umidade da mistura através da prensa do composto na mão	77
IMAGEM 3 -	Betoneira para mistura dos tratamentos e enleiramento da cama de frango tratada com controle de temperatura e umidade	78
IMAGEM 4 -	Debulha manual do milho no LNA	82

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- FIGURA 1 - Esquema das divisões dos galpões utilizados para o 55
experimento com densidade de aves

LISTA DE EQUAÇÕES

CAPÍTULO 2

- EQUAÇÃO 1 - Equação do índice de entalpia de conforto 57
EQUAÇÃO 2 - Modelo linear em parcelas subdivididas no tempo em 59
delineamento inteiramente casualizado

EFEITO DA REUTILIZAÇÃO DA CAMA DE FRANGO NO CONFORTO TÉRMICO DAS AVES E SEU USO COMO FERTILIZANTE PARA A CULTURA DO MILHO

Resumo: A grande geração de cama de frango (CF) oriunda do aumento da produção de frango de corte tornou-se um problema ambiental com o uso indiscriminado. Melhores formas de reutilização são necessárias para a minimização desse impacto no ambiente e que possam ser utilizados pela agricultura como adubo, com intuito de melhorar as características físicas e químicas do solo e diminuir gasto com adubação. Entender algumas variáveis que compreendem a reutilização da CF no ambiente da produção animal também são necessárias. O índice de entalpia de conforto (IEC) pode ser utilizado para entender as condições ambientais em relação à condição de estresse térmico sofrido pelo animal em circunstâncias de reusos da CF. Objetivou-se com este trabalho avaliar o microclima dos galpões de frangos de corte com diferentes quantidades de reuso de CF utilizando o IEC, e posteriormente avaliar a adição de dois condicionadores químicos de solo nas diferentes CF produzidas como adubo na cultura do milho. Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Santa Terezinha e GRANJA 54 (Goiás-Brasil) que realiza a criação comercial de frangos de corte e produção de grãos. Dois galpões de frango de corte (tipo túnel de pressão negativa), medindo 1.680 m² e 20.000 aves/galpão foram utilizados neste experimento (densidade populacional de 11,9 aves/m²). Os tratamentos consistiram na quantidade de reusos da cama de frango (R3 - CF com 3 lotes de reuso e R6 - CF com 6 lotes de reuso). O material absorvente usado foi a casca de arroz. No experimento I, de bem-estar, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com esquema de parcelas subdivididas no tempo e tratamento em esquema fatorial 2x4 (reutilização de cama de frango x horários de coleta), totalizando 8 tratamentos com 12 repetições. Foram coletadas temperatura instantânea, máxima e mínima dos ambientes dos galpões e das CF, além de umidade relativa do ar, níveis de amônia e IEC, dos 7 aos 42 dias de idade das aves. Utilizou-se três termohigrômetros digitais em pontos equidistantes nos galpões e as medições foram realizadas nos seguintes horários: 07:00h, 10:00h, 14:00h e 19:00h. A equação de IEC considera 3 variáveis ambientais: temperatura, umidade relativa e pressão barométrica local (média de Brasília = 890mmHG). Os resultados foram analisados estatisticamente utilizando o software R e comparando as médias pelo teste de Tukey (5% de significância). Foi observada diferença estatística ($P \leq 0,05$) para a variável umidade relativa entre galpões (R6 - 47,32% e R3 - 44,31%) e entre as horas de medição ($P \leq 0,05$), sendo a umidade relativa média superior às 07h - 54,02%, contra 44,01% às 10h, 41,09% às 14h e 44,14% às 19h. Nenhuma interação ($P > 0,05$) foi observada para o IEC, sendo classificado como “zona de conforto” para ambos os galpões. O IEC não diferiu entre os diferentes quantidade de reusos das camas de frango. Este resultado significa que o reuso por até seis lotes consecutivos em relação a três reusos da cama de frango é segura em relação ao conforto dos frangos de corte. No experimento II, o delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, com três blocos e nove tratamentos, compondo um esquema fatorial 2x4 (reutilização de CF x aditivo/ou não), cada unidade experimental apresentava 27m². Os condicionadores utilizados para confecção dos tratamentos foram calcário calcítico (40% do peso da CF) e mineralizador (20lts/ton.CF). Foram formadas leiras com 55% de umidade e fermentadas aerobicamente por 10 dias, com uma revira ao 5º dia. Os tratamentos aplicados ao solo foram: SC: controle negativo, sem cama de frango; R3: cama de frango com 3 reusos; R3C: R3 + calcário calcítico (C); R3M: R3 + mineralizador (M); R3CM: R3 + C + M; R6: cama de frango com 6 reusos; R6C: R6 + C; R6M: R6 + M; R6CM: R6 + C + M. Todos os tratamentos receberam adubação mineral com 220kg/ha

NPK 05.25.15. Foram aplicadas 4ton/ha dos tratamentos que haviam CF. O milho plantado foi o híbrido 30F53VYH marca PIONEER®. Os dados foram analisados utilizando o software R, com comparação de médias pelo teste de ScottKnott (5%). Os tratamentos com CF apresentaram valores singnificativos ($P \leq 0,05$) para as variáveis umidade (R6CM e R3CM), pH (R3CM, R3M e R6M), CTC (R3M, R6, R3 e R6M), cálcio (R3C, R3CM, R6C e R6CM), manganês (R3CM, R3C, R6C, R6CM e R3CM), boro (R3M e R6M) e ferro (R6CM, R3M, R6M e R3CM). Os resultados dos índices produtivos do milho apresentaram diferença ($P \leq 0,05$) para altura de planta (2,92m) e inserção da primeira espiga (1,62m) no tratamento R3. A cama de frango mostrou-se favorável em diversas variáveis para o uso na agricultura quando comparada ao tratamento SC, melhorando variáveis de solo e características morfológicas do milho.

Palavras-chave: conforto térmico, dejetos avícolas, índice de entalpia de conforto, sustentabilidade agrícola

EFFECT OF REUSE OF THE POULTRY LITTER IN THE THERMAL COMFORT OF BROILER AND ITS USE AS FERTILIZER FOR THE CORN CULTURE

Abstract: A large generation of poultry litter (PL), arising from the increased production of broiler chicken, has become an environmental problem with indiscriminate use. The best forms of reuse are needed to minimize this impact on the environment and to be used by agriculture as a fertilizer to improve physical and chemical soil characteristics and to reduce fertilizer expenditure. Understanding some variables that include the reuse of PL in the livestock environment is also necessary. The enthalpy comfort index (ECI) can be used to understand the environmental conditions in relation to the condition of thermal stress suffered by the animal under conditions of reuse of the PL. The aim of this research was to evaluate the microclimate of sheds of broiler with different types of PL using the ECI, and to evaluate the addition of two chemical soil conditioners in different PL produced as fertilizer in corn crop. The experiments were conducted at Santa Terezinha Farm and GRANJA 54 (Goiás-Brazil), which carries out commercial broiler and grain production. Two broiler sheds (negative pressure tunnel type) measuring 1,680m² and 20,000 birds/shed were used in this experiment (population density of 11.9 birds/m²). The treatments consist of the amount of reuse of poultry litter (R3 - PL with 3 flocks of reuse and R6 - PL with 6 flocks of reuse). The absorbent material used was a rice husk. No experiment I, of welfare, the design used was completely randomized, with time subdivided plots and the data were analyzed in a factorial scheme 2x4 (poultry litter reuses x schedules), totaling 8 treatments with 12 replicates. Were collected the instantaneous temperature, maximum and minimum of sheds and PL, the relative humidity, ammonia levels and ECI, from 7 to 42 days of age of birds. We used three digital thermo hygrometer at equidistant points in the sheds and as measurements were taken at the following schedules: 07: 00h, 10: 00h, 14: 00h and 19: 00h. ECI equation considers 3 environmental variables: temperature, relative humidity and local barometric pressure (Brasília average = 890mmHG). The results were statistically analyzed using the R software and comparing as media by the Tukey test (5% significance). A difference ($P \leq 0.05$) was observed in the relative humidity between sheds, R6 with 47.32% and R3 with 44.31%, and between the measurement hours ($P \leq 0.05$), with average humidity higher than 07am with 54.02%, against 44.01% at 10am, 41.09% at 14pm and 44.14% at 19pm. No interaction ($P > 0.05$) was observed for the ECI, being classified as a “comfort zone” for both sheds. The ECI did not differ between the different poultry litter reuse values. This result means that either reuse for six flocks consecutive in relation to three reuse is safe with respect to broiler comfort. In experiment II, the adopted statistical design was the completely randomized, with three blocks and nine treatments, composing a 2x4 factorial scheme (reuse of PL x additive or not), each experimental unit media 27m². The conditioners used for the preparation of the treatments were calcitic limestone (40% of the PL weight) and mineralizer (20lts/ton.PL). The treatments were piled up with 55% moisture, fermented aerobically for 10 days and revolved on the 5th day. The treatments applicabled to the soil were: SC: negative control, without PL; R3: PL with 3 reuses; R3: R3 + Calcitic limestone (C); R3M: R3 + Mineralizer (M); R3CM: R3 + C + M; R6: PL with 6 reuses; R6C: R6 + C; R6M: R6 + M; R6CM: R6 + C + M. All treatments received mineral fertilization with 220kg/ha NPK 05.25.15. 4ton./ha of PL treatments were applied in the soil. The corn planted was the high yield hybrid 30F53VYH (PIONEER®). The results were statistically analyzed using the R software and comparing as media by the Scott-Knott test (5% significance). The treatments with PL presented significant ($P \leq 0,05$) values for the variables humidity (R6CM and R3CM), pH (R3CM, R3M and R6M), CTC

(R3M, R6, R3 and R6M), calcium (R3C, R3CM, R6C and R6CM), manganese (R3CM, R3C, R6C, R6CM and R3CM), boron (R3M and R6M) and iron (R6CM, R3M, R6M and R3CM). The results of corn yield index showed difference for plant height (2.92m) and first ear insertion (1.62m) in R3M. The PL proved to be favorable in several variables for use in agriculture when compared to the treatment without PL, improving soil variables and morphological characteristics of corn.

Keywords: agricultural sustainability, enthalpy index of comfort, poultry manure, thermal comfort

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

Em questão de poucas décadas, o Brasil avançou muito na produção de grãos e de proteína animal, o que se tornou possível através do aumento do acesso ao conhecimento pelo produtor no campo e do uso de avanços tecnológicos para aumentar os níveis produtivos. Com o aumento da produção de grãos no país, a produção animal se torna cada vez mais acessível, o que impulsiona o mercado com a intensificação das criações. Segundo dados do relatório anual da Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA¹ - do ano de 2018, essa tendência pode ser vista hoje na expansão da avicultura brasileira, que coloca o país na posição de maior exportador mundial de carne de frango e o segundo maior produtor, estando atrás apenas dos Estados Unidos.

A intensificação da avicultura pode ser observada nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país, principalmente pela localização dos polos produtores de grãos, facilitando a criação. A criação aumentou também pela necessidade de produtos de origem animal com preços mais acessíveis as populações mais carentes de recursos financeiros, fazendo com que a comercialização dessa intensa produção seja facilmente escoada.

Porém, essa grande expansão da avicultura trouxe também pontos negativos a serem destacados. Um desses pontos é a geração de resíduos oriundos da criação em piso de frangos de corte, sendo composto basicamente por material absorvente e dejetos das aves. Esse aumento na geração de resíduos pode acarretar em aumento da concentração de gases emitidos no ambiente, e se mal destinados, a poluição dos recursos hídricos². Com o intuito de manter a competitividade, a indústria avícola vem produzindo frangos em altas densidades de alojamento, podendo encontrar até 17 aves/m² em granjas comerciais. Essa alta lotação acarreta em maiores desafios ao conforto térmico das aves e o aumento da produção de excretas.

Nos anos 90, a cama de frango era utilizada como suplementação na dieta de ruminantes por conter nutrientes que podem ser aproveitados, uma vez que a cama é constituída de restos de ração de aves, penas, urina, fezes e de substrato (material

absorvente). No entanto, esta prática traz riscos sanitários, pois grande parte das rações de aves contém proteína animal na sua composição. Sendo assim, a utilização da cama de frango nas dietas de ruminantes foi vetada através da Instrução Normativa Nº 8, de 25 de março de 2004, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento³. Esta normativa proíbe, em todo o território nacional, a produção, a comercialização, e a utilização de produtos destinados a alimentação de ruminantes que contenham em sua composição proteínas e gorduras de origem animal, pois o uso de proteína animal na dieta de ruminantes pode ser a causadora da doença do mal da vaca louca vaca louca (encefalopatia espongiforme transmissível – BSE).

O Brasil é signatário dos principais tratados sobre meio ambiente, como o Protocolo de Quioto, além disso, a sua legislação ambiental é amplamente reconhecida como sendo uma das mais rigorosas do planeta. Atualmente, o compromisso com a preservação e o cuidado com o meio ambiente é citado em todos os processos de produção, quando estes podem, por algum motivo, causar alguma destruição ou desequilíbrio desse meio através da emissão de dejetos, gases e extrações indevidas⁴.

Por esse motivo, a busca por formas alternativas de processamento da cama de frango visando a sua utilização racional é de grande interesse, especialmente considerando a grande quantidade de resíduos gerados pela avicultura e o destino final da cama de frango. Além disso, quantificar os nutrientes e viabilizar a sua utilização como fonte de adubação orgânica consciente são formas sustentáveis de aproveitamento e também de cuidado com o meio ambiente, aplicando na agricultura um produto rico em nutrientes que, conseqüentemente, pode contribuir para o aumento da produção agrícola e para a redução dos custos com adubação.

A possibilidade de utilizar a cama de frango na agricultura é considerada importante e promissora, uma vez que esta possui altas concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, minerais traço como cobre, e zinco, além de uma alta carga de bactérias⁵, desequilíbrio de nutrientes e presença de elementos tóxicos, havendo necessidade de avaliação prévia e devendo ser considerado o seu caráter poluente ao meio ambiente⁶. Além disso, há a necessidade de estudos para avaliar também a composição do produto final, o adubo orgânico, que é decisivo para a viabilidade do processo de reutilização e viabilidade econômica de utilização.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento⁷, o Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, fato que eleva o custo de produção agrícola a cada ano. Considerando os elevados preços dos insumos químicos no mercado

mundial e os fatores ambientais já citados, reduzir os custos de produção reduzindo a dependência de fertilizantes químicos através da viabilização do aproveitamento de resíduos é uma importante alternativa, aliada ou não aos produtos convencionais, para garantir a produtividade agrícola e o uso consciente dos recursos de água e solo.

Nesse contexto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a melhor quantidade de reusos de cama de frango em relação ao bem-estar das aves, além de avaliar as camas de frango com diferentes quantidade de reusos, adicionada ou não produtos melhoradores de solo, na adubação da cultura do milho.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O AUMENTO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS E DE CARNE DE FRANGO

O Brasil tornou-se um país agropecuário, principalmente por conta do clima que possibilita cultivar diversas safras por ano e por sua vasta extensão territorial. Dessa forma, esse aumento na produção de grãos traz ao país a possibilidade de aumentar a produção de proteína animal, sendo autossustentável nas duas cadeias. O ano de 2017 foi excepcional para a agricultura brasileira. O país teve uma produção recorde de grãos alcançando 237,6 milhões de toneladas para uma área plantada de 61 milhões de hectares. Outro resultado positivo foi o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) agropecuário de 13,0% no ano, enquanto o PIB da economia foi de 1,0%⁸.

A safra de grãos do Brasil deverá chegar a 288,2 milhões de toneladas nos próximos 10 anos em previsão da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, representando um incremento de 18,91% (51 milhões de ton.) em relação à atual safra (2018/2019), que é de 233,7 milhões, sendo que milho e soja serão os grãos que mais irão impulsionar a expansão. Ainda segundo a CONAB, o crescimento da produção agrícola no Brasil continuará sendo impulsionado pela produtividade no campo, pelo aumento do consumo do mercado interno, pela expansão das exportações e pelo aumento da cadeia produtora de carnes, principalmente a avicultura⁹.

O Brasil é o segundo maior produtor de carne de frango do mundo (13.056 mil/ton.), estando atrás dos Estados Unidos com produção de 18.596 mil/ton. Porém nas exportações, o Brasil ocupa o primeiro lugar, exportando aproximadamente 33,1% de toda produção com volume de 4.320mil/ton, tendo a taxa anual de crescimento das exportações prevista para carne de frango de 3,3%. Os principais países de destinos da carne brasileira de frango são Arábia Saudita, Japão, China, Emirados Árabes Unidos, Hong Kong¹.

Dentre as carnes produzidas no país, a produção da carne de frango é a que mais deverá crescer nos próximos dez anos, alcançando uma taxa de crescimento de 33,4% (2,8% ao ano), ou seja, passando de 13.056 mil toneladas em 2017, para 17.930 mil toneladas em 2027. O estudo também projeta um crescimento de 29,5% no consumo da

carne de frango nos próximos dez anos. O crescimento anual projetado para o consumo da carne de frango é de 2,6% no período 2017/18 a 2027/28⁸.

O Brasil deverá manter a posição de segundo maior produtor e maior exportador de carne de frango nos próximos dez anos, se mantendo a frente dos Estados Unidos com cerca dos 50% do volume exportado em 2027. As exportações deverão aumentar em 45,5%, passando de 4,4 milhões de toneladas em 2018 para 6,4 milhões em 2027. A participação do Brasil na próxima década no mercado mundial de carne de frango está prevista em 42,5%, seguida dos Estados Unidos, com 27% e pela União Europeia, com 9,3%¹⁰.

O consumo per capita da carne de frango no ano de 2017 foi de 42,07 kg/hab., sendo essa a carne mais acessível ao consumidor brasileiro, pois apresenta menor custo na produção e conseqüentemente um melhor preço para o consumidor final, dessa forma, a produção de carne de frango lidera o mercado de carnes no país¹.

No entanto, os cidadãos estão cada vez mais conscientes e exigentes. A preferência por frangos criados em condições mais próximas as condições naturais, sem a utilização de antibióticos, assim como produções avícolas que garantam o bem-estar animal são grandes demandas dos consumidores de frangos atuais.

2.2 BEM-ESTAR DAS AVES

Para avaliar o bem-estar das aves, várias medidas envolvem o grau de comprometimento no qual os animais estão expostos, como desnutrição, lesões e doenças. Outras medidas podem indicar informações sobre os estados afetivos e as necessidades das aves, como medo, fome e dor, podendo chegar a medir também preferências, repulsões e motivações. Além de medidas que podem ser relacionadas ao estado fisiológico, imunológico e comportamentais que as aves demonstram frente a todos esses desafios¹¹.

O bem-estar das aves em um sistema de criação intensivo de frango de corte pode estar relacionado a ambiência dos galpões. Segundo Baêta e Souza¹², o ambiente de produção de aves se caracteriza pelo conjunto de elementos físicos, químicos, sociais e climáticos que estão atuando simultaneamente e exercendo influência sobre os animais, favorável ou desfavoravelmente ao seu desenvolvimento biológico, a produção e reprodução.

Conceituar a ambiência é complexo e o seu resultado incidirá no bem-estar das aves, sendo dependente de diversos fatores, entre eles, o local onde está instalado a granja (geograficamente), o manejo de temperatura e umidade dentro dos galpões, o manejo da cama de frango (reutilizada ou não), o tipo de sistema de ventilação, a idade dos animais, entre outros¹³. Levando em consideração tantos fatores para uma boa ambiência, cada granja poderá ter uma forma específica de se trabalhar para alcançar assim, o bem-estar das aves.

Sistemas de criação intensivo de aves pode influenciar diretamente nas condições de bem-estar das desses animais, promovendo o balanço de calor do sistema ave-galpão, na qualidade de ar e na forma de expressão dos comportamentos naturais, podendo afetar o desempenho de frangos de corte¹⁴.

O conforto térmico ou falta dele podem ser observados em todas as fases de criação, desde a chegada dos pintos de 1 dias com inadequado aquecimento, até os últimos dias de criação com elevadas temperaturas e baixa qualidade do ar. Devido a altos índices de insalubridade gerados em diferentes épocas de criação, diversos fatores negativos podem acometer as aves, tais como o aumento de doenças respiratórias, baixos índices zootécnicos e até consequências no pós-abate, como condenação de carcaças.

Sendo o conforto térmico uma medida de bem-estar, as aves precisam manter sua temperatura corporal normal com o mínimo de esforço do sistema termorregulador para

não ter a sensação de calor ou frio. Caso isso não ocorra, a ave sairá da sua zona de conforto e iniciará a termorregulação para o resfriamento ou aquecimento corporal, havendo assim, gastos energéticos para tal fim e diminuição nos índices zootécnicos, devido a redução no consumo e a efeitos diretos do calor no metabolismo das aves^{15,16}.

As aves são animais homeotérmicos e possuem um centro termorregulador no sistema nervoso central, o qual regula a temperatura corporal. O órgão responsável por essa regulação é o hipotálamo, que funciona como um termostato fisiológico, controlando a produção e a dissipação de calor através do fluxo sanguíneo na pele, mudança na frequência cardíaca e respiratória, e modificações na taxa metabólica¹⁶. Porém, as aves não são capazes de regular grandes amplitudes térmicas, sendo importante o trabalho de ambiência eficiente nos galpões.

Cada fase de vida das aves tem uma temperatura ideal para condições normais de produção e reprodução (Tabela 1)¹⁷. As aves apresentam faixas de temperatura muito estreitas, variando até 3°C para mais ou para menos, caso essa faixa de temperatura estiver acima ou abaixo desse limite, a ave inicia a perda do bem-estar, gastando energia para manter a sua temperatura corporal dentro do seu limite máximo¹⁶. As zonas são distribuídas conforme a sensação térmica das aves, sendo elas, Zona de conforo térmico (ZCT), Temperatura crítica inferior (TCI), Temperatura crítica superior (TCS), Zona de hipotermia e a Zona de hipertemia¹⁸.

Tabela 1. Média de temperatura ambiente recomendada para frangos de corte

IDADE (SEMANAS)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)
1	32 – 35
2	29 – 32
3	26 – 29
4	23 – 26
5	23 – 20
6	20
7	20

Fonte: Adaptada de Abreu & Abreu 2004

Para determinada faixa de temperatura efetiva ambiental, a ave mantém constante a sua temperatura corporal, com mínimo esforço dos mecanismos termorregulatórios, é chamada ZCT ou de termoneutralidade, em que não há sensação de frio ou de calor e o desempenho da ave em qualquer atividade é otimizado¹⁷.

A TCI é quando a ave aciona seus mecanismos termorregulatórios para incrementar a produção e a retenção de calor corporal, compensando a perda de calor para o ambiente, que se encontra frio. Nessa zona, a capacidade do animal de aumentar a taxa metabólica torna-se relevante para a manutenção do equilíbrio homeotérmico. Para temperaturas efetivas ambientais abaixo da zona de homeotermia, o animal não consegue mais balancear a sua perda de calor para o ambiente e a temperatura corporal começa a declinar rapidamente, acelerando o processo de resfriamento. Se o processo continua por muito tempo ou se nenhuma providência é tomada, o animal morre por hipotermia.

A temperatura efetiva ambiental é denominada TCS. Acima dessa temperatura a ave aciona seus mecanismos termorregulatórios para auxiliar a dissipação do calor corporal para o ambiente, uma vez que, a taxa de produção de calor metabólico normalmente aumenta, podendo ocorrer, também, aumento da temperatura corporal. Nessa zona, entram em ação mecanismos de defesa física contra o calor, como a vasodilatação e a ofegação. Quando a temperatura ambiente atinge a zona de homeotermia da ave, por mais que esses mecanismos de dissipação do calor funcionem, as aves não conseguem obter o resfriamento necessário para a manutenção e a temperatura corporal aumenta cada vez mais podendo levar a morte por hipertermia¹⁷.

Na Zona de Hipertermia, os mecanismos de controle da temperatura não são capazes de providenciar suficiente resfriamento para manter a temperatura corporal em seu nível normal. Aves adultas tem seu sistema termorregulador pouco desenvolvido para suportar temperaturas elevadas, sofrendo mais pelo calor que pelo frio.

Temperaturas muito abaixo ou muito acima da faixa ideal para a idade da ave pode afetar a saúde e o desempenho¹⁹. Segundo Carvalho et al.²⁰, quando as aves encontram-se em ambientes desconfortáveis (altas temperaturas), a redução no consumo de ração e o aumento da ingestão de água são os primeiros efeitos visíveis. Aves adultas necessitam de temperatura ambiente de 16°C a 23°C e umidade relativa do ar entre 50 a 70% para ser uma ambiente considerado confortável²¹. Abreu e Abreu²² afirmam que a partir da 5ª semana de vida, a temperatura ideal é de 20°C, e é considerada um dos fatores primários na regulação dos processos químicos envolvidos na emissão de amônia^{23,24,25}.

A regulação dos galpões de pressão negativa para temperatura ideal está associada com a regulação da nebulização, pois a medida que a temperatura aumenta dentro dos galpões, aumenta a quantidade de ar que entra no galpão e conseqüentemente a nebulização é mais exigida, pois essa é muito eficaz para diminuir a temperatura ambiente e amenizar o desconforto térmico das aves. Segundo Queiroz²⁵, a temperatura apesar de ser um dado climatológico importante, deve ser analisada juntamente com a umidade relativa do ar, pois os efeitos podem ser atenuados ou intensificados quando analisados isoladamente.

Alterações de temperatura e umidade relativa dentro dos galpões foram vistos por Medeiros et al.²⁷, no qual a medida que a temperatura do ar do galpão de criação aumentava de 26 para 36°C, a umidade relativa do ar passava de 34 para 76% e a velocidade do ar de 2,4 para 0,6 m.s⁻¹, bem abaixo do necessário para formar um túnel de ar dentro do galpão. Com essa alteração, os autores apontaram que as aves ficaram agitadas e se dispersaram para aumentar a dissipação do calor corporal para o ambiente, mantando o ambiente em condições desfavoráveis para a criação.

Diferentes formas podem ser utilizadas para se avaliar o estresse térmico, sendo parâmetros ligados diretamente ao animal ou ao ambiente em que ele esta sendo criado. Dentre os índices de avaliação de conforto térmico, a entalpia tem sido proposta atualmente como o índice mais adequado para a avaliação do ambiente interno de galpões de frangos de corte.

O índice de entalpia de conforto (IEC) é uma predição do conforto térmico das aves nos ambientes de criação. Os dados de IEC podem ser analisados de maneira rápida e direta no campo, porém são necessários os dados de umidade relativa (%) e temperatura em bulbo seco (°C) para a leitura nas tabelas. As tabelas de avaliação prática de entalpia foram criadas a partir do cálculo de entalpia de conforto¹⁸.

As tabelas classificam o IEC de acordo com 4 zonas térmicas das aves, a zona de conforto, zona de alerta, área crítica e zona letal de 1 a 6 semanas de vida. A medida que o valor do IEC aumenta, diminui o bem-estar das aves, como poder ser visto na tabela 3 que apresenta os dados das 4 zonas das 6 semanas de vida da aves em limites superiores e inferiores do conforto do índice em questão²⁸ (Tabela 2).

Segundo o Protocolo de Bem-Estar para Frangos de Corte¹¹ da ABPA e de acordo com o Código Sanitário para Animais Terrestres da World Organization for Animal Health - OIE (2018)¹⁹, um animal que se encontra bem alimentado, em segurança, que

pode expressar seu comportamento natural, saudável, confortável e não está exposto ao medo, dor e sofrimento, estará em boas condições de bem-estar.

Tabela 2. Classificação do IEC, em kJ/kg de ar seco para frangos de corte em zona de conforto, zona de alerta, zona crítica e zona letal de 1 a 6 semanas com limites inferiores (INF) e superiores (SUP) para cada semana e cada zona

LIMITES	Zona de conforto		Zona de alerta		Zona crítica		Zona letal	
	INF	SUP	INF	SUP	INF	SUP	INF	SUP
1ª semana	77,0	88,3	88,6	106,5	106,6	122,0	122,4	145,8
2ª semana	66,9	77,0	77,3	92,8	93,9	106,4	106,5	127,6
3ª semana	57,7	66,9	67,2	80,6	80,7	92,5	92,7	121,9
4ª semana	49,5	57,7	57,8	69,6	69,8	80,1	80,2	116,4
5ª semana	39,6	54,9	55,1	66,2	66,3	76,3	76,7	111,1
6ª semana	37,4	52,1	52,2	63,0	63,1	72,6	72,7	106,0

Fonte: Adaptada de Queiroz et al., 2012.

Dessa forma, o bem-estar está associado a diversos fatores que podem aumentar ou diminuir a produção, mas pode ser expressado em saúde física, estado mental do animal e também a expressão comportamental. O estresse é o principal definidor da falta de bem-estar dos animais, caracterizado como a reação do organismo aos desafios do ambiente de manter a condição de relativa estabilidade da qual o organismo necessita para realizar suas funções adequadamente para o equilíbrio do corpo²⁹.

Alguns conceitos de bem-estar foram aceitos pela sociedade para que sirvam de parâmetros para a produção e devem ser respeitados e servir como base para elaboração de projetos que envolvam animais. Dentre eles pode-se citar o conceito das “Cinco Liberdades” adaptadas pelo *Farm Animal Welfare Council* – FAWC (2009) pela ABPA¹¹ (Tabela 3).

Tabela 3. Princípios das “cinco liberdades”

LIBERDADES	PRINCÍPIOS
LIVRE DE MEDO E ANGÚSTIA	Os produtores ou quem maneje os animais devem ter conhecimento básico sobre o comportamento animal para que assim, evite o estresse em momentos mais delicados, como chegada, transferência ou carregamento dos animais
LIVRE DE DOR, SOFRIMENTOS E DOENÇAS	Os animais devem se encontrar livres de problemas sanitários em qualquer for a etapa de produção. Sendo protegidos de qualquer elemento que cause injúrias ou dor ou que possam lesar a saúde do animal. Os ambientes devem conferir conforto e promover a saúde dessas aves, sendo necessárias atendimento técnico quando necessário
LIVRE DE FOME E SEDE	Alimentação segura e suficiente para todos os animais. Quantidade de bebedouros e comedouros suficientes para atender proporcionalmente todos os animis, como água potável, limpa e dieta com qualidade satisfatória
LIVRES DE DESCONFORTO	Os animais devem estar em conforto térmico, tanto na questão da temperatura ambiente como no local de descanso, como materiais que evitem incômodos físicos e térmicos
LIVRES PARA EXPRESSAR SEU COMPORTAMENTO NORMAL	As aves devem ter espaço suficiente, instalações e equipamentos adequados

Fonte: Adaptada de ABPA, 2016.

Esse protocolo é exigido por todas as empresas que produzem frango de corte. Porém, as empresas comerciais de frango de corte que tem como foco exportar sua produção, seguem as cartilhas de bem-estar rigorosamente, pois os consumidores de países europeus, norte-americanos, africanos e asiáticos são exigentes e procuram uma criação mais segura e com rastreabilidade de toda produção.

Com o aumento da produção de frango, o maior adensamento das aves nos galpões e galpões de ambiente controlado com elevada capacidade de criação, o bem-estar das aves tornou-se um dos maiores desafios gerado na produção avícola. E mesmo com todos esses desafios, a criação busca sempre estar em acordo com a sustentabilidade da

produção que está baseada em três vertentes, a viabilidade econômica, a social e a ambiental³⁰.

Para o controle do bem-estar das aves em um sistema comercial de produção de frango é realizado o monitoramento interno dos galpões, podendo ser classificado como: térmico, aéreo, físico, biológico, acústico e social³¹. Uma vez que todos esses fatores estão interligados, se o ambiente estiver fora dos padrões de qualidade, torna-se insalubre e a produção estará comprometida, pois eles influenciam diretamente no desempenho zootécnico, havendo grande implicações de perdas econômicas diretas e indiretas³².

O bem-estar das aves está relacionado a diversos índices capazes de serem detectados dentro do galpão, como, temperaturas (instantânea, máxima e mínima), ventilação, umidade relativa e níveis de gases. O aumento da geração de gases dentro dos galpões dá-se principalmente pelo manejo ineficiente da ventilação, umidade do ar elevada e o reuso da cama de frango por diversos lotes consecutivos, dessa forma quanto mais reutilizada a cama, maior o desafio de criação dessas aves, pois deverá haver maior cuidado com o manejo do ar ambiente.

Vários fatores dificultam a reutilização da cama de frango, sendo o principal dele o fator sanitário do lote, pois caso haja problemas nesse âmbito, essa deve ser retirada. Outra questão importante na reutilização é a umidade da cama, da qual diversos fatores estão relacionados, como, condições climáticas, umidade relativa dentro do galpão, nutrição, tipo de material utilizado como cama, manejo da cama, ventilação e exaustores, tipo de estrutura dos galpões (cortina ou alvenaria), tipo de sistema de bebedouros e status sanitário do lote³³.

Um dos índices representativos para bem-estar tanto das aves, quanto dos funcionários dentro de um galpão é o nível de amônia (NH_3). A amônia é de fácil detecção dentro dos galpões, pois é um gás bastante nocivo, com odor aparente e forte, e incolor. A geração da amônia acontece através da decomposição microbiana do ácido úrico oriundo das excretas depositadas em cima da cama. A formação da amônia dá-se principalmente quando a cama apresenta alta umidade e maior quantidade de reutilização (carga microbiana)^{18,31}.

O potencial de emissão de gás amônia em uma produção de aves está vinculada a três condições, a física, química e biológica³⁴. A questão física pode estar relacionada a estrutura de galpões e ambiência (ventilação e umidade). A condição química, a carga microbiana e as reações que acontecem no momento em que o ácido úrico se converte em amônia através das bactérias presentes na cama de frango.

O Brasil não possui legislação quanto a delimitação na concentração de amônia em galpões de produção avícola. Alguns autores especificam riscos ao animal conforme o nível de exposição. Para os seres humanos, no Brasil os índices são regulamentados através da Norma Regulamentadora³⁵ N°15 (1978) dos Direitos de Segurança dos Trabalhistas, e nos Estados Unidos, a regulamentação segue as indicações do NIOSH – National Institute for Occupational Safety Health³⁶ (2001) (Tabela 4).

O manejo diário da cama de frango, a quantidade de vezes reutilizadas e a ventilação necessária principalmente no período do inverno, devem ser considerados para minimizar a produção de amônia. A quantidade de gases gerados por consequência da reutilização da cama de frango pode ser reduzida se houver um eficiente manejo da cama no período do vazio sanitário e controle da ambiência dos galpões.

Os galpões de criação podem ser ambientes controlados, sendo utilizados equipamentos que regulam a temperatura, umidade relativa do ar, nebulização e ventilação, sendo necessário realizar modificações constantes conforme a idade dos animais para cada fase de criação. As criações intensivas em ambiente controlado apresentaram índices baixos para o bem-estar animal, porém, resultados melhores quanto a qualidade de cama, qualidade do ar (baixos índices de poeira no ambiente), avaliação quantitativa do comportamento e teste de distância de fuga dos animais, tornando o ambiente mais tranquilo para o manejo cotidiano do galpão, além dos animais apresentarem menores índices de lesões de peito e abscessos⁴⁴.

Tabela 4. Concentração de amônia e seus diversos efeitos ao ser humano e as aves

Amônia (ppm)	AVES	SERES HUMANOS
5	Não apresenta dados de prejuízo a saúde	Difícil de ser detectado, apenas algumas pessoas conseguem detectar ³⁷
10	Não apresenta dados de prejuízos a saúde	Presença facilmente detectável pelo cheiro ³⁷
20	Concentração máxima recomendada no interior das instalações de criação por início de mal-estar nas aves ^{38,39}	Em jornadas de trabalho de até 48 horas semanais torna-se limite de tolerância essa concentração. Ambiente medianamente insalubre ³⁵
25	Queda de produção em fator de perda de peso na fase final das aves expostos durante toda a fase de criação, podendo haver redução de 90g por ave no peso final ⁴⁰	Concentração máxima. Trabalhadores expostos por 8 horas de permanência no ambiente ⁴¹
30	_____	Problemas respiratórios (tosse, formação de catarro), secreção salivar e retenção de urina ⁴²
35	_____	Concentração máxima permitida a trabalhadores expostos por 15 minutos de permanência no ambiente ⁴¹
50	Irritação nos olhos, queda na produção por consequência de doenças como: aumento da secreção lacrimal, traqueite catarral, queratoconjuntivite e fotofobia ^{43,44}	Irritação nos olhos. Concentração máxima para trabalhadores expostos por 5 minutos no ambiente ²⁴ (NIOSH, 2001)
60	_____	Predisposição a doenças respiratórias, risco de infecção secundária às vacinações ⁴⁵
100	Redução brusca da taxa de respiração prejudicando os processos fisiológicos de trocas de gases quando chega a corrente sanguínea, esse efeito tóxico pode levar a óbito ¹⁸ . Sonolência, salivação e inapetência ⁴⁷	Queimaduras nos olhos, cegueira temporária, irritação na pele ⁴⁶
500	Dose letal mesmo durante curtos períodos de exposição ⁴⁸	Forte irritação nos pulmões, tosses violentas, edema pulmonar podendo levar a morte ⁴⁶

2.3 Cama de frango

A cama de frango é todo o material distribuído sobre o piso de galpões para servir de leito às aves⁴⁹, sendo uma mistura de excreta, penas das aves, ração e tipo de material utilizado. São utilizados como cama: maravalha, casca de amendoim, casca de arroz, casca de café, capim seco, sabugo de milho picado, entre vários outros materiais⁵⁰.

Alguns critérios devem ser considerados na escolha do material utilizado como cama, por exemplo, ter baixo custo de aquisição, boa disponibilidade na região e bom aspecto sanitário (não servir como veículo de patógenos), características essas desejadas para tal fim. As funções da cama compreendem, entre outras, a capacidade de fornecer isolamento térmico e mecânico para as aves em relação ao piso, diluir as excretas, absorver a umidade das excretas e do ambiente, ter boa capacidade higroscópica, ser rico em carbono (celulose e lignina), ter partículas de tamanho médio (material picado ou triturado) e ter baixa condutividade térmica. Além disso, a cama deve também possuir características que contribuam para seu aproveitamento como composto, fertilizante ou combustível⁵¹.

A cama deve ser manejada com o intuito de proporcionar o máximo de conforto às aves para garantir que elas possam expressar todo o seu potencial genético e com isso apresentar resultados satisfatórios. Na literatura existem diversos trabalhos associativos com a cama aviária, podendo estes também estar ligados ao desempenho das aves quanto às características gerais e de natureza dos substratos de cama^{46,52}, a relação da cama de frango e lesões cutâneas em frangos de corte^{52,53} como também, a questão sanitária dos materiais utilizados^{55,56}.

Em sua composição, a cama de frango pode apresentar e dar condições de desenvolvimento para muitas bactérias indesejáveis que podem causar intoxicações e infecções nos animais, tais como *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens* e *Staphylococcus aureus*. O acúmulo desses patógenos na cama de frango traz preocupações sobre a sanidade dos lotes de aves, a reutilização da cama e especialmente, sobre a saúde das aves e do consumidor⁵⁷.

A reutilização da cama de frango é prática comum na avicultura brasileira em lotes de frangos saudáveis, em relação a dois aspectos fundamentais: o custo de produção e a sustentabilidade ambiental. A reutilização evita o custo inicial de aquisição do material a cada lote e, independente da natureza, o material que será utilizado deve apresentar de 5 a 10 cm de altura a partir do piso e cobrir toda a extensão do galpão, sendo esse um

processo oneroso e gerador de resíduos quando realizado constantemente. Da mesma forma, as empresas possuem programas de biossegurança, em que uma das etapas-chave é a desinfecção das instalações, capaz de destruir microrganismos patogênicos para as aves⁵⁸, chamado de vazio sanitário.

O aspecto negativo da reutilização da cama de frango está baseado na falta de bem-estar para as aves e o aspecto sanitário. Porém, durante o processo de fermentação da cama reutilizada, alguns fatores como antibiose, temperatura, umidade, amônia e tempo decorrido podem inativar as bactérias patogênicas. Vários estudos realizados mostraram que o uso de substâncias ou métodos que promovem a descontaminação de material são alternativas viáveis para serem aplicadas na reutilização de cama para vários lotes consecutivos^{59,60,61,62,63,64}.

Além disso, a reutilização da cama é prática recorrente e com resultados zootécnicos que não diferem de lotes criados em cama nova^{65, 66}. A reutilização mostrou também um efeito inibitório sobre o desenvolvimento de *Salmonella*⁶⁷ e a diminuição ou eliminação de bactérias patogênicas com essa prática comparada com lotes com cama nova⁵⁷.

Em trabalho realizado por três anos consecutivos com mais de 8 mil amostras de cama de frango de diferentes granjas e períodos de reutilização, verificou-se a diminuição na quantidade de bactérias patogênicas ao longo do tempo. Isso pode ser explicado pelo aumento da presença de fezes, amônia, umidade na cama e das bactérias desnitrificantes, que intensificam a degradação do ácido úrico presente nas fezes e na cama, intensificando a produção de amônia, que inibe o desenvolvimento de *Salmonella*⁶⁸.

Tratando-se de criações de frango de corte em galpões de ambiente controlado, a umidade relativa do ar e a ventilação dentro dos galpões serão determinantes para essa prática. O manejo da cama, como o revolvimento para evitar a compactação e acúmulo de umidade, regulação da pressão dos bebedouros e desentupimento dos bicos de nebulização são as práticas de manejo que devem ser recorrentes durante um lote.

Para avaliar a umidade da cama, uma maneira prática é pegar um punhado da cama nas mãos e apertá-la suavemente. A cama deve aderir levemente à mão e desmanchar-se quando jogada ao chão. Se houver umidade excessiva, a cama permanecerá compacta mesmo após ser jogada no chão. Se a cama estiver seca demais, não irá aderir à mão quando apertada⁵¹.

Ainda segundo o Manual da Cobb, o excesso de umidade da cama (>35%) pode causar problemas de saúde e/ou bem-estar nas aves. Pode resultar também no aumento da

incidência de lesões no peito, queimaduras na pele, condenações e perda da qualidade. A cama com alta umidade pode também contribuir para o aumento dos níveis de amônia. Ao reutilizar a cama, é necessário que se remova toda a cama molhada e compactada.

Com a realização de todos os manejos necessários, durante o lote e no período de vazio sanitário, a cama de frango pode-se um produto rico em nutrientes que pode ser utilizado de forma racional como um adubo orgânico ou como condicionador de solo, melhorando as características físicas e químicas do solo onde for aplicado. Porém, para que essa cama de frango se torne um adubo orgânico, deve-se realizar a decomposição da porção orgânica desse produto, transformando-o em mineral, que é a parte absorvível pelas plantas.

O processo de mineralização é feito pela maioria dos microorganismos aeróbios do solo que decompõem a matéria orgânica encontrada na cama de frango. Nesse processo, o N orgânico é transformado em formas minerais, que são os nitritos (NO_2^-) e os nitratos (NO_3^-). A formação da amônia (NH_3) é a reação inversa, na qual é realizada a imobilização do nitrogênio mineral para a forma orgânica. Esses dois processos podem ocorrer de forma simultânea⁶⁹.

A decomposição da matéria orgânica leva em média 180 dias para acontecer, sendo necessário o controle da umidade, da temperatura e da relação carbono-nitrogênio do composto⁷⁰. Porém, a adição de aceleradores líquidos (mineralizadores) tem como objetivo ativar a fermentação por microorganismos presentes na cama de frango com a ajuda de cepas de bactérias que tem a capacidade de acelerar a decomposição da matéria orgânica em ambiente de alta temperatura, além de eliminar patógenos prejudiciais, devido à presença de enzimas termofílicas capazes de ajustar-se ao pH do solo e o equilíbrio de seus nutrientes, tornando-se um composto de qualidade em menor tempo de exposição na etapa da fermentação⁷¹.

A forma dominante do N orgânico presente no esterco das aves é o íon amônio (NH_4^+), que é convertido em amônia (NH_3) com a elevação do pH e sob condições de alta umidade. Quando aplicado ao solo por adubações, o N pode ser convertido em nitrato (NO_3^-), que é a forma preferencialmente absorvida pelas plantas e também o maior contaminante da água dos lençóis freáticos. A forma de nitrato, o N solúvel em água, sendo facilmente transportado pela solução do solo, da zona das raízes para o lençol freático e para a rede de drenagem e pode contaminar suprimentos de água potável⁷². Além da contaminação por nitrato, os efeitos adversos da aplicação de esterco em excesso

nos solos incluem: ocorrência de níveis excessivos de P, elevação da concentração de cobre, zinco e outros elementos químicos potencialmente tóxicos.

Quando ocorre o processo de mineralização, especialmente em restos orgânicos recém acumulados, ocorre a liberação de gás carbônico e formas minerais do nitrogênio, enxofre e ferro. Além disso, a liberação de N mineral é favorecida com baixos valores da relação C/N⁶⁹.

No processo de maturação do composto orgânico, a matéria orgânica se complexa e as substâncias húmicas presentes são sintetizadas, sendo o processo final da evolução dos compostos de carbono⁷². É importante a maturação completa do material orgânico pois frações de baixo peso molecular podem estar em quantidades desproporcionais no composto, principalmente de ácidos fúlvicos, que deve ser o primeiro ácido a ser sintetizado⁷³.

A compostagem é a forma de degradação aeróbica da matéria orgânica biodegradável. É um processo que ocorre naturalmente no ambiente e é controlado bioquimicamente através da decomposição de produtos orgânicos que são transformados em produtos estáveis, e que podem ser utilizados como fertilizantes. Nesse processo estão envolvidos o oxigênio, a água, o calor gerado através da decomposição, e o gás carbônico⁷⁴.

Segundo Chefetz et al.⁷⁵, metade da matéria orgânica de um composto torna-se completamente mineralizada devido a degradação dos compostos que são facilmente degradáveis, como, as proteínas, celulose e hemicelulose, que são as fontes de C e N para os microorganismos agirem. O restante que sobra de matéria orgânica vai ser composto por partes não degradadas e macromoléculas formadas com a decomposição, que juntas, formarão as substâncias húmicas correspondente a fração mais estável do composto maturado.

O teor de carbono é útil para avaliar o grau de humificação dos resíduos orgânicos, pois com o aumento da compostagem, ocorre a diminuição da matéria orgânica do composto⁷⁶. A determinação do C nos resíduos orgânicos por sua vez, quantifica os gases-estufa no momento da compostagem, além de influenciar no grau e na velocidade da decomposição do composto⁷⁷.

A relação C/N é um dos fatores importantes no processo de compostagem. Onde, o C vai ser a fonte de energia ou a unidade estrutural básica das moléculas orgânicas, promovendo o crescimento bacteriano, por isso nessa relação, esse elemento deverá estar em maior quantidade. O N representa papel importante na decomposição de elementos

essências para o crescimento e funcionamento das células, como proteína, ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas e coenzimas⁷⁸.

A relação C/N é o único parâmetro que apresenta uma correlação significativa com a mineralização do N⁷⁹. Uma relação ótima em um composto orgânico é de 25/1 a 35/1. Caso esse valor seja muito superior (50:1), pode necessitar de mais tempo de maturação e a degradação ficará dificultada, pois faltará N para que os microorganismos possam decompor o composto. Caso a relação C/N seja muito baixa (10:1), haverá a perda de N amoníaco por volatilização e caso o composto não receba materiais ricos em C para ajustar essa relação, o tempo de maturação será reduzido⁸⁰.

Alguns processos podem ser realizados na cama de frango para que seja melhorada sua eficiência no campo como fertilizante. São processos complexos, dinâmicos e multifásicos, como por exemplo, a decomposição e mineralização dos compostos (biocatalíticos). Esta envolve a quebra e conversão de monômeros específicos, como, a lignina, celulose e a hemicelulose, pelas células microbianas inorgânicas passíveis de serem absorvidas pela microbiota decompositora e pelas plantas, porém influenciados pela presença e quantidade dos resíduos com teores e relações entre o C, N, O, S, lignina, celulose e polifenóis^{81,82}. Características químicas e físicas do solo influenciam nesses processos, além da atividade da biota do solo^{83,84}.

Uma solução para minimizar a volatilização da amônia, e conseqüentemente a perda no nitrogênio nos galpões é o uso de aditivos químicos a cama de frango, podendo ser útil também para posterior uso como adubo orgânico, pois assim aumentaria o nível de nutrientes e diminuiria a emissão de gases ao ambiente⁸⁵. Esses produtos tem o papel de alterar o meio, mudando as condições de pH e umidade da cama^{85,86}. A adição de cal hidratada a cama é um processo recorrente para algumas empresas produtoras de frango durante o processo de criação e a adição de gesso agrícola, superfosfato, calcários, sulfato de alumínio, favorecem melhorias ao composto e principalmente reduzem a volatilização da amônia^{87,88}.

Dessa forma, a cama de frango, se manejada corretamente após a criação, pode-se transformar em uma forma viável de aumentar a sustentabilidade na produção agrícola.

2.4 Produção de milho utilizando cama de frango com ou sem aditivo

A região Centro-Oeste tornou-se uma potência para o aumento da produção de proteína animal pela disponibilidade de grãos e conseqüentemente a oferta para a nutrição animal, principalmente a avicultura e suinocultura. Com esse aumento da produção animal, houve o aumento também da oferta de cama de frango, subproduto da indústria de frango de corte.

A produção de cama de frango era primeiramente destinada a alimentação de ruminantes, principalmente por causa do extenso período de déficit hídrico nessa região e a falta de alimentação a pasto. Porém, mortes súbtas começaram a acometer os animais que consumiam esse produto e a partir de investigações realizadas principalmente no alimento, foi constatada que as mortes eram causadas pela doença do mal da vaca louca, também denominada encefalopatia espongiforme bovina (EEB).

A EEB é uma doença neurológica que acomete bovinos e pertence ao grupo das encefalopatias espongiformes transmissíveis (EET), doenças causadas por um agente chamado príon (PrP^{Sc}), uma proteína de conformação espacial alterada e com potencial infeccioso. O período de incubação pode variar de 1 até 8 anos para que haja o início da degeneração cerebral⁸⁹.

Os sinais clínicos mais característicos são as alterações comportamentais, a hipersensibilidade aos sons e toques e a apreensão⁹⁰, mas os sinais podem variar de acordo com a região cerebral afetada⁹¹. Hábitos como a osteofagia ou a ingestão de alimentos contaminados com matéria orgânica em decomposição, como, por exemplo, silagens contaminadas e camas de frango com restos de carcaças animais são os principais causadores dessa doença⁹².

Por conseqüência desses fatos, para controle dessa doença que começou a acometer os rebanhos brasileiros de grande e pequeno porte, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento³ (2004), através de uma Instrução Normativa, proibiu o uso de qualquer produto de origem animal, entre eles a cama de frango, na alimentação de ruminantes. Com a proibição, diferentes alternativas para o uso da cama de frango foram criadas, aumentando assim a possibilidade de aproveitamento da cama de frango como fonte de nutrientes para a agricultura através da adubação de pastos e lavouras⁹³.

Os produtores de grãos no Brasil buscam um “pacote tecnológico” para produção que apresente maior retorno financeiro ao final da safra. Os produtos que compõem esse pacote são os corretivos de solo (calcários – dolomítico, calcíticos ou magnesiano -, gesso

agrícola), adubos (formulados mistos ou puros), adubos de cobertura, defensivos agrícolas e sementes. Dentre esses produtos, os adubos são os que apresentam os maiores custos, pois quase sempre são produtos de matérias primas importadas e os preços oxilam de acordo com a cotação do valor do dólar.

A principal característica do Cerrado Brasileiro é apresentar solos ácidos e pobres em macro e micronutrientes essenciais para a nutrição das plantas, especialmente em fósforo (P), elevando assim o custo das plantações pois há a necessidade da elevação do pH desse solo através da calagem, para que o fósforo assimilável torne-se disponível para absorção das plantas⁹⁴.

A necessidade da adubação anual em solos do cerrado, em maioria Latossolos vermelho-escuro, dá-se pela baixa eficiência de recuperação de nutrientes pelas culturas anuais, onde em média encontrasse 10% de P, 50% de nitrogênio (N) e 40% de potássio (K)^{94,95,96}. Essa é uma das características desse tipo de solo, além das diversas que podem ser observadas na Tabela 5.

Através da análise de solo podemos saber o pH do solo, o valor de pH é um indicativo da fertilidade atual, da forma física em que o alumínio de encontra, se na forma tóxica (Al^{3+}) ou precipitada ($Al(OH)_3$), do nível de solubilidade dos macro e micronutrientes e da atividade dos microorganismos no solo. O pH ideal para a produção agrícola é entre 5,5 – 6,5, pois nessa faixa o Al^{3+} encontra-se ausente, e esse nutrientes é encontrado em abundância nos solos do cerrado, têm uma boa disponibilidade de B e apresenta uma disponibilidade intermediária dos demais micronutrientes. A alteração da disponibilidade de alumínio e dos macro e micronutrientes em função do pH do solo.

Sempre que o pH estiver baixo (a acidez será alta) haverá a necessidade de correção. Para a correção do pH do solo faz-se a calagem, processo em que podem ser utilizados três tipos de calcários, conforme a necessidade do solo em resultado obtido através da análise de solo, o calcário calcítico (0 – 5% de Mg), calcário magnesiano (5 – 12% Mg) ou calcário dolomítico (>12% Mg)⁹⁷.

O sistema de plantio direto (SPD) compreende um conjunto de práticas que visam melhoras as condições ambientais (água, solo, clima) para explorar o potencial genético das culturas. No SPD, ao menos três requisitos devem ser respeitados, o principal deles é o não revolvimento do solo, a rotação de culturas com leguminosas e gramíneas (ou vice-versa) e o plantio de culturas que tenham como característica formação de palhada para ser usada para cobertura do solo. Além desses requisitos, é importante o manejo integrado de pragas (MIP), doenças e plantas invasoras⁹⁸.

Tabela 5. Características químicas e físicas dos solos da região do cerrado sob condições tropicais

Tropical – Região do Cerrado (Predomina Argila Caolinita)
Profundo, friável e intemperizado
Baixa capacidade de troca de cátions - Ca, Mg, K, Na
Mais pobre em sílica e mais rico em alumínio e ferro (óxidos)
Pouca fixação de K e NH_4
Grande capacidade de imobilizar P
Maior capacidade de trocar ânions – SO_4^{-2} , PO_4^{-2} , NO_3^- , Cl^-
Mais ácido – Presença de H^+
Possui estrutura mais grumosa em estado nativo
Decompõe rapidamente a matéria orgânica e raramente acumula húmus
Possui microvida muito ativa, necessitando sua limitação
Sofre facilmente erosão por causa de chuvas torrenciais
Sofre facilmente aquecimento, necessitando proteção da insolação
Baixa capacidade de retenção de água

Fonte: Adaptada de Primavesi, 2006

Nos SPD, o calcário é aplicado por cima da palhada da cultura anterior. A aplicação superficial de calcário sobre a matéria orgânica é muito mais eficiente do que a aplicação em sistemas onde os solos apresentam baixos teores de MO, pois o calcário, pela característica de elevar o pH, promove ainda maior mineralização da matéria orgânica, e conseqüentemente a formação de ânions.

Algumas características químicas do solo do cerrado, como acidez e toxidez, obrigam um maior gasto com calagem e gessagem, necessitando de maior aporte econômico por parte dos plantadores de grãos dessa região. Algumas práticas diminuem a quantidade desses corretivos, como o uso de adubos orgânicos, que melhoram os atributos do solo através do aumento da matéria orgânica, diminuindo assim o custo final.

A constante busca por alternativas capazes de diminuir os custos, principalmente com a adubação, é uma abertura para comercialização dos dejetos de origem animal, como a cama de frango e a de suíno, ainda mais quando esse produto encontra-se em grande oferta e com preços acessíveis.

Uma questão a ser considerada, é a dificuldade de padrozinagem quanto ao uso desses produtos alternativos, principalmente da cama de frango, pois vários fatores podem influenciar a qualidade do produto final, como, por exemplo, o produto usado como cama, quantidade de reuso, nutrição ofertada a esses animais, a decomposição ou não do material final e a adição ou não de produtos a cama (calcário, gesso agrícola, cal virgem). Além disso, indicar um modelo de manejo de adubação que possa ser considerados padrão ou ideal com produtos alternativos é complexo, pois depende do diferente manejo de solo utilizado e levando em conta o tipo de plantio, o plantio convencional ou plantio direto.

A cama de frango tem maior disponibilidade de nutrientes quando comparada a cama de suínos, principalmente de macronutrientes como N, P e K⁹⁹. As concentrações dos nutrientes costumam variar, mas as médias encontradas em estudo com cama de frango com três lotes consecutivos de nitrogênio (N) foi de 3,2%, de fósforo (P₂O₅) de 3,5% e de potássio (K₂O) de 2,5% e o teor de matéria seca em torno de 70%¹⁰⁰. Oliveira et al.⁷⁹ observou teores de N, P e K de 35,3; 30,7 e 30 g kg⁻¹, enquanto Castro et al.¹⁰¹ (2005) encontrou 25,9; 20,6 e 10 g kg⁻¹ e Andreotti et al.¹⁰² 19,3; 16,5 e 41,1 g kg⁻¹.

A adição do mineralizador à cama de frango faz com que os ácidos húmicos, ácido fúlvico e ácidos graxos através do mineralizador favoreçam a complexação dos nutrientes, disponibilizando-os de forma gradativa as plantas, evitando a fixação do P aos sesquióxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al) presentes no solo, bem como a liberação do N as plantas, uma vez que este tem que sofrer a mineralização através dos microrganismos do solo para que possa ser aproveitado¹⁰³.

O uso da cama de frango na adubação deve ser um processo contínuo, pois os benefícios são conseguidos com a deposição constante. Porém, cuidados devem haver quanto à quantidade a ser usada, pois excesso pode colocar em risco a preservação das águas superficiais com a eutrofização dos cursos e das águas subterrâneas e com excesso das formas de N e do NO₃⁻, principalmente em solos com baixo teor de matéria orgânica e que não fazem o uso de manejo de conservação¹⁰⁴.

O parcelamento do uso de cama de frango é recomendada para evitar que níveis de NO₃⁻ sejam superiores a 10 mg L⁻¹ nas águas superficiais, segundo a Resolução N°357 de 17 de março de 2005 que dispõe sobre corpos de águas, e a Resolução N°396 de 07 de abril de 2008 que dispõe sobre águas subterrâneas, ambas do Ministério do Meio Ambiente – MMA e CONAMA¹⁰⁵.

Além disso, o mineralizador apresenta a característica de ser um condicionador de solo, melhorando os atributos físicos, como o teor de matéria orgânica, aumentando a porosidade do solo, reduzindo a erosão, diminuindo a agregação de partículas, aumentando a capacidade da troca de cátions (CTC), aumentando a capacidade de retenção de água e a flora microbiana do solo, ajudando no controle/combate de doenças de solo^{106,107}. Dessa forma, o produto tornou-se uma alternativa viável na adubação das principais culturas anuais (milho, soja, feijão e sorgo).

Melo et al.¹⁰⁸ estudaram a CTC de colóides de solo sob condições tropicais e concluíram que substâncias húmicas têm CTC entre 1500-5000 mmol_c dm⁻³, sendo cerca de 0,5 vezes superior a vermiculita, 3 vezes superior a montmorilonita, 15 vezes superior a illita e 30 vezes superior a caolinita. As substâncias húmicas estão presentes na cama de frango, pois são produzidas pela decomposição da palha de arroz em condições aeróbicas por bactérias e fungos, além de possuírem poder agregante.

Dentre as culturas anuais, o milho tornou-se um dos grãos mais interessantes na agricultura brasileira, principalmente pela diversidade de produtos que podem ser gerados a partir do grão e seus derivados, para a nutrição animal (aves, suínos, bovinos, etc.), na alimentação humana, no consumo industrial, na exportação, entre outros¹⁰⁹.

As rações de frango de corte usam em média 50% de milho como ingrediente energético. Fato importante esse, que têm demandado maior crescimento da produção do grão, maiores áreas de plantio, mais insumos (maquinários agrícolas, defensivos, fertilizantes), maior conhecimento técnico, e conseqüentemente, procurando alternativas viáveis que possibilitem a redução do custo de produção e uma produção mais sustentável.

Com a necessidade de maior produção de milho a estimativa para crescimento da área plantada nos próximos dez anos é ultrapassar de 17,2 milhões de hectares plantados atualmente para 19 milhões de hectares. A produção brasileira de milho atingiu um recorde na safra 2016/2017, chegando a aproximadamente 1,075 bilhão de toneladas¹¹.

A produção de milho brasileira, segundo o relatório da OCDE-FAO¹¹⁰, terá grande importância para redução do déficit de alimento no mundo, por conta de sua oferta de alimentos, principalmente dos principais grãos da alimentação animal e humana e das principais proteínas animais consumidas. O Brasil se destaca no cenário comercial de grãos pelos índices de produtividade de milho, abastecendo 23,7% do mercado mundial, estando atrás apenas dos Estados Unidos, com uma fatia de 30,9% do comércio.

A USDA¹¹ (2018) prevê um aumento da produção de milho e carne de frango em 2027/2028 favorável para o Brasil em relação aos demais produtores mundiais. Provando a capacidade do país em ser o celeiro do mundo, e obrigando aos produtores a adotarem tecnologias que possibilitem o aumento das áreas plantadas para manterem a competitividade, mas produzindo com responsabilidade ambiental. Dessa forma a diminuição no consumo de fertilizantes minerais oriundos do petróleo, são formas cada vez mais viáveis para a sustentabilidade da produção.

O aumento dos custos dos fertilizantes minerais oriundos do petróleo e o aumento da poluição ambiental, tornam os resíduos das produções animais de aves e suínos uma opção atrativa por vários pontos, como, a destinação de um produto que, se mal descartado torna-se um poluente, a ciclagem de nutrientes, a características de esses produtos serem condicionadores de solo, aumentando assim, principalmente a matéria orgânica do solo, as vantagens a longo prazo para o solo e o valor econômico para aquisição desse material, mais barato que o fertilizante químico. Todos esses fatores, geram um aumento na demanda por informações com o intuito de avaliar a viabilidade técnica e econômica para o uso na agricultura¹¹¹.

Com o aumento da produção por área, haverá conseqüentemente o desgaste do solo, pois haverá maior adsorção de nutrientes, podendo causar um esgotamento nutricional, e conseqüentemente, haverá maior mecanização. Essa degradação estrutural do solo, visando a questão da fertilidade biológica e química, poderá levar a uma estagnação da produtividade de milho ao longo dos anos. Nesse sentido, o uso de manejos eficientes dos solos, visando o uso de produtos que aumentem a capacidade dos solos de se tornarem mais produtivos, mesmo com a intensificação da agricultura, é a alternativa viável para que o Brasil se mantenha nos altos patamares de produtividade¹¹².

A possibilidade de utilizar a cama de frango na agricultura é considerada importante e promissora, uma vez que possuem concentrações significativas de nitrogênio, fósforo, potássio, minerais traço como cobre, e zinco, além de uma alta carga de bactérias, que melhora uma característica tão desejada nos solos, a matéria orgânica.

3. REFERÊNCIAS

1. ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual 2018. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>.
2. Júnior MAPO, Orrico ACA, Júnior JL. Compostagem dos resíduos da produção avícola: Cama de frangos e carcaças de aves. Eng. Agrícola Jaboticabal, 2010; 30(3); 538-545.
3. MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº8 de 25 de março de 2004. Diário Oficial da União, Brasília, 26 de março de 2004, Seção 1, p.5.
4. MMA, Ministério do Meio Ambiente. Protocolo de Quito. Disponível em: <http://mma.gov.br/clima/protocolo-de-quito>. 2018.
5. Cassol PC, Costa AC, Ciprandi O, Pandolfo CM, Ernani PR. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em latossolo fertilizado com dejetos de suíno. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 2012; 36(6); 1911-1923.
6. Menezes JFS, Alvarenga RC, Andrade CLT, Konzen EA, Pimenta FF. Aproveitamento de resíduos orgânicos para produção de grãos em sistemas de plantio direto e avaliação do impacto ambiental. Revista de Plantio Direto, 2003; 30-35.
7. MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Relatório de Exportação vegetal. Disponível em: <http://agricultura.gov.br/vegetal/exportacao>. 2018.
8. MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeção do Agronegócio – BRASIL – 2017/18 a 2027/28. Secretaria de Política Agrícola, PDF. 2018.
9. CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Relatório. Observatório agrícola. Acompanhamento da safra de grãos. v.6. Safra 2018/19. Segundo levantamento, novembro 2018. PDF. 2018; 138.
10. USDA. United States Department of Agriculture. USDA Agricultural projections to 2027. Disponível em: <http://usda.gov/oce/commodity/projections/>. 2018.
11. ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Protocolo de bem-estar para frangos de corte 2016. Disponível em: http://abpa-br.com.br/storage/files/protocolo_bem-estar_para_frangos_de_corte_2016.pdf. PDF. 2018.
12. Baêta FC, Souza CF. Ambiência em edificações rurais: conforto animal. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010; 269p.
13. Nazareno AC, Pandorfi H, Guiselini C, Vigoderis RB, Pedrosa EMR. Bem-estar na produção de frango de corte em diferentes sistemas de criação. Engenharia Agrícola, 2011; 31(1);13-22.

14. Ponciano PF, Lopez MA, Yanagi Júnior T, Ferraz GAS. Análise do ambiente para frangos por meio da lógica fuzzy: uma revisão. *Archivos de Zootecnia*. Córdoba, Espanha 2011; 60; 1-13.
15. Geraert PA, Padilha JCF, Guillaumin S. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: grow performance, body composition and energy retention. *British Journal of Nutrition*, Cambridge. 1996; 75(2); 195–204.
16. OIE – Organization International of Epizootias - World Organization for Animal Health. Terrestrial Animal Health Code. Disponível em: https://www.oie.int/en/standard-setting/terrestrial-code/access-online/?htmfile=chapitre_aw_introduction.htm. 2018.
17. Abreu PG de, Abreu VMN. Conforto térmico para aves. Concórdia: EMBRAPA-CNPASA, Comunicado técnico, 365. 2004; 55p.
18. Curtis SE. Environmental management in animal agriculture. Iowa. Iowa University Press. 1983; 410.
19. Vieira MC, Ramos MBM, Heredia Zárata NAL, Luciano ATL, Gonçalves WV, Rodrigues WBL, Tabaldi LA, Carvalho TM, Soares LF, Siqueira JM. Adubação fosfatada associada à cama de frango e sua influência na produtividade e no teor de flavonoides da *Marcela* (*Achyrocline satureioides* (Lam.) DC.) em duas épocas de colheita. *Rev. Bras. Pl. Med.*, Campinas, 2015; 17(2); 246-253.
20. Carvalho GB, Lopes JB, Santos NPS, Reis NBN, Carvalho WF, Silva SF, Carvalho DA, Silva EM, Silva SM. Comportamento de frangos 107 de corte criados em condições de estresse térmico alimentados com dietas contendo diferentes níveis de selênio. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2013; 14(4); 785-797.
21. Tinôco IFF. Ambiência e instalações para a avicultura industrial. In: Encontro nacional de técnicos, pesquisadores e educadores de construções rurais. Poços de Caldas, MG. Anais... Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998; 1-86.
22. Abreu VMN, Abreu PG. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2011; 40; 1-14.
23. Sommer SG, Zhang GQ, Bannink A, Chadwick D, Misselbrook T, Harison R, Hutchings NJ, Menzi H, Monteny GJ, Ni JQ, Oenema O, Webb J. Algorithms determining ammonia emission from buildings housing cattle and pigs and from manure stores. *Advances in Agronomy*. 2006; 89; 261-335.
24. Casey KD, Gates RS, Shores RC, Thomas D, Harris DB. Ammonia emissions from a U.S. broiler house: comparison of concurrent measurements using three different technologies. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2010; 60; 939-48.

25. Wheeler EF, Casey KD, Gates R, Xin H, Zajaczkowski JL, Topper PA, Liang Y, Pescatore AJ. Ammonia emissions from twelve U.S. broiler chicken houses. *Transactions of the ASABE*. 2006; 49; 1495-1512.
26. Queiroz MLV. Conforto térmico de frangos de corte em galpões com sistema de nebulização. 2014. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
27. Medeiros CM, Baêta FC, Oliveira RFM, Tinôco IFF, Albino LFT, Cecon PR. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. *Engenharia na Agricultura*, 2005; 13(4); 277-286.
28. Queiroz MLV, Barbosa Filho JAD, Vieira FMC. Avaliação do desempenho térmico de frangos de corte de forma direta e prática. Campinas: *Resvista Avisite: Mundo Agro*, 2012.
29. Machado Filho LCP, Hotzel MJ. Bem-estar de suínos. In: *Seminário Internacional de Suinocultura*, São Paulo – SP. Anais. Condórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000; 5; 70-83.
30. Vercoe JE, Fitzhugh HA, Von Kaufmann R. Livestock production systems beyond Asian-Australian *Journal of Animal Sciences*, Supplement, Seoul, 2000; 13; 411-419.
31. Pereira DF, Oliveira SC, Penha NLJ. Logistic to estimate the welfare of broiler breeders in relation to environmental and behavioral variables. *Engenharia Agrícola*, 2011; 31; 33-40.
32. Salgado DD, Nääs IA. Avaliação de risco à produção de frango de corte do estado de São Paulo em função da temperatura ambiente. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal –SP. 2010; 30(3); 367-576.
33. Dunlop MW, Moss AF, Groves PJ, Wilkinson SJ, Stuetz RM, Selle PH. The multidimensional causal factors of 'wet litter' in chicken-meat production. *Science of the Total Environment*. Austrália. 2016; 766-776.
34. Miragliotta MY, Nääs IA, Murayama MC, Moura DJ. Software para estimativa de emissão de amônia em alojamento de frangos de corte. *Revista Brasileira de Agroinformática*, São Paulo – SP, 2004; 6; 79-89.
35. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: NR15, Atividades e Operações Insalubres. Agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho. Rio de Janeiro. 1978; 114.

36. NIOSH. National Institute for Occupational Safety and Health. Ontario Air Standards for Ammonia. 2002; 198.
37. Ritz CW, Fairchild BD, Lacy MP. Litter Quality and broiler performance. Cooperative Extension Service, The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences, Bulletin, 2005; 1-1267.
38. Wathes CM, Holden MR, Sneath RW, White RP, Phillips VR. Concentrations and emissions rates of aerial ammonia, nitrous oxide, carbon-dioxide, dust and endotoxin in UK broiler and layer houses. *British Poultry Science*. 1997; 38(1); 14-28.
39. Owada AN, Nääs IA, Moura DJ, Baracho MS. Estimativa de bem-estar de frango de corte em função da concentração de amônia e grau de luminosidade no galpão de produção. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal. 2007; 27(3); 611-618.
40. Lott B, Donald J. Amônia: Grandes perdas mesmo quando você não percebe. *Avicultura Industrial*. 2003.
41. NIOSH – National Institute for Occupational Safety Health (2001). Referência: http://www.ccb.usp.br/arquivos/arqpessoal/1360237303_nr15atualizada2011ii.pdf
42. Donham K. A historical overview of research on the hazards of dust in livestock buildings. In *Dust Control in Animal Production Facilities*, Proc. Congress in Aarhus. Anais...Horsens, Denmark: Danish Institute of Agricultural Sciences, Research Centre Bygholm. 2000.
43. Café MB, Andrade MA. Intoxicações – Parte 2. In: *Avicultura industrial*. Ed 1091, 2001.
44. Palhares JCP, Kunz A, Viola ES, Lima GJMM, Mazzuco H, Corrêa JC, Augusto KVZ, Miele M, Avila VS, Silva VS. Manejo ambiental na avicultura. *Embrapa Suínos e Aves*, Concórdia, SC, 2011; 221p.
45. Oliveira MC, Almeida CV, Andrade DO, Rodrigues SMM. Teor de Matéria Seca, pH e Amônia Volatilizada da Cama de Frango Tratada ou Não com Diferentes Aditivo. *R. Bras. Zootec.*, 2003; 32(4); 951-954.
46. Perry GC. Welfare of the Laying Hen. *World's Poultry Science Association*, Bristol. 2003; 27; 431p.
47. Zanatta RA. Análise do controle de amônia em aviários. Monografia apresentada à Diretoria de Pós Graduação da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC. Criciúma, 2007.
48. Groot Koerkamp PWG, Metz JHM, Uenk GH, Phillips VR, Holden M, Sneath RW, Short JL, White RPP, Hartung JJ, Seedorf J, Schröder M, Linkert KH, Pedersen S, Takai H, Johnsen JO, Wathes CM. Concentrations and Emissions of Ammonia in Livestock

- Buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1998; 70(1); 79–95.
49. Paganini FJ. Produção de frangos de corte: Manejo de cama. Ed. Mendes AA, Nääs IA, Macari M. Campinas: FACTA. 2004. 356p.
 50. Grimes JL. Alternatives litter materials for growing poultry. *North Carolina Poultry Industry Newsletter*. 2004; 1.
 51. Cobb Vantress Brasil. In: Manual de Manejo de Frangos de Corte Cobb. Guapiaçu, SP, p. 65, 2009.
 52. Avila VS, Oliveira U, FigueiredoEAP, Costa CAF, Abreu VMN, Rosa OS. Avaliação de materiais alternativos em substituição à maravalha como cama de aviário. *Revista Brasileira Zootecnia*, Viçosa. 2008; 37; 273-277.
 53. Bilgili SF, Montenegro G, Hess J, Eckman M. Sand as litter for rearing broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*. 1999, 8; 345-351.
 54. Cengiz O, Hess JB, Bilgili SF. Effect of bedding type and transient wetness on foot pad dermatitis in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*. 2011; 20; 554-560.
 55. Dai Pra MA, Corrêa EK, Roll VF, Xavier EG, Lopes DCN, Lourenço FF, Zanusso JT, Roll AP. Uso de cal virgem para o controle de *Salmonella*spp. e *Clostridium* spp. em camas de aviário. *Ciência Rural*, Santa Maria. 2009; 39; 1189-1194.
 56. Wilkinson K, Tee E, Tomkins R, Hepworth G, Premier R. Effect of heating and aging of poultry litter on the persistence of enteric bacteria. *Poultry Science*, Faisalabad. 2011; 90; 10-18.
 57. Lu J, Sanchez S, Hofacre C, Maurer JJ, Harmon BG, Lee MD. Evaluation of broiler litter with reference to the microbial composition as assessed by using 16S rRNA and functional gene markers. *Appl. Environ. Microbiol.* 2003; 69; 901–908.
 58. Bermudez AJ, Stewart-Brown B. Principles of disease prevention diagnosis and control: Disease prevention and diagnosis. Pages 17–55 in *Diseases of Poultry*. 11th ed. Y. M. Saif, H. J. Barnes, A. Fadly, J. R. Glisson, L. R. McDougald, and D. E. Swayne, ed. Iowa State University Press, Ames. 2003; 17-55.
 59. Corrier DE, Hargis BM, Hinton AJr. Effect of used litter from floor pens of adult broilers on *Salmonella* colonization of broiler chicks. *Avian Dis*. 1992; 36; 897– 902.
 60. Jeffrey JS, Kirk JH, Atwill ER, Cullor JS. Prevalence of selected microbial pathogens in processed poultry waste used as dairy cattle feed. *Poultry Science*. 1998; 77; 808–811.
 61. Hartel W, Segars I, Summers JD, Collins JV, Phillips AT, Whittle E. Survival of fecal coliforms in fresh and stacked broiler litter. *J. Appl. Poultry Res*. 2000; 9; 505–512.

62. Larrison EL, Byrd JA, Davis MA. Effects of litter amendments on broiler growth characteristics and *Salmonella* colonization in the crop and cecum. *J. Appl. Poult. Res.* 2010; 19; 132–136.
63. Macklin KS, Krehling JT. The use of metam-sodium to reduce bacteria in poultry litter. *J. Appl. Poult. Res.* 2010; 19; 274–278.
64. Stringfellow K, Caldwell D, Lee J, Byrd A, Carey J, Kessler K, McReynolds J, Bell A, Stipanovic R, Farnell M. Pasteurization of chicken litter with steam and quicklime to reduce *Salmonella Typhimurium*. *J. Appl. Poult. Res.* 2010; 19; 380–386.
65. Kennard DC, Chamberlin JD. Growth and mortality of chickens as affected by the floor litter. *Poultry Science.* 1951; 30; 47–54.
66. McCartney MG. Effect of type of housing and litter on production of broilers. *Poultry Science,* 1971; 50; 1200–1202.
67. Olesiuk OM, Snoeyenbos GH, Smyser CF. Inhibitory effect of used litter on *Salmonella typhimurium* transmission in the chicken. *Avian Dis.* 1971; 15; 118–124.
68. Roll VFB, Dai Pra MA, Roll AP. Research on *Salmonella* in broiler litter reused for up to 14 consecutive flocks. *Poultry science.* 2011; 90(10); 2257-2262.
69. Van Raij B. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo, Piracicaba: Ceres, POTAFOS. 1991; 343p.
70. Bidone FRA. Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: Eliminação e valorização. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES. Rio de Janeiro. Brasil. 2001; 213p.
71. Valente BS, Xavier EG, Morselli TBGA, Jahnke DS, Brum Jr B de S, Cabrera BR, Moraes P de O, Lopes DCN. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Arch. Zootec.* 2009; 58 (R); 59-85.
72. Stevenson FJ. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. 2. ed. New York: J. Wiley & Sons. 1994; 496p.
73. Tomati U, Belardinelli M, Andreu M, Galli E. Evaluation of Commercial Compost Quality. *Waste Management & Reserch.* 2002; 20; 389-397.
74. Kiehl EJ. Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto. 4 ed. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2004.
75. Chefetz B, Chen Y, Hadar Y. Purification and characterization of laccase from *Chaetomium thermophilum* and its role in humification. *Applied and Environmental Microbiology.* 1998; 64; 3175-3179.

76. Dias BO, Silva CA, Higashikawa FS, Roig A, Sánchez-Monedero MA Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humification. *Biores. Technol.*, 2010; 101; 1239-1246.
77. Sánchez-Monedero MA, Serramiá N, Civantos CGO, Fernández-Hernández A, Roig A. Greenhouse gas emissions during composting of two-phase olive Mill wastes with different agroindustrial by-products. *Chemosphere*. 2010; 81; 18-25.
78. Zhu N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. *Bioresource Technology*. 2005; 98; 9-13.
79. Oliveira NG, De-Polli H, Almeida DL, Guerra JGM. Plantio direto de alface adubada com cama de aviário sobre coberturas vivas de grama e amendoim forrageiro. *Horticultura Brasileira*, 2006 ;24(1) ;353-385.
80. Kiehl EJ. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. São Paulo, 2002.
81. Paul EA, Clark FE. Dynamics of residue decomposition and soil organic matter turnover. eds. *Soil microbiology and biochemistry*. 2.ed. Sand Diego, Academic Press, 1996; 158-179.
82. Eghball B, Wienhold BJ, Gilley JE, Eigenberg RA. Mineralization of manure nutrients. *J. Soil Water Conserv.* 2002; 57: 469-473.
83. Moreira FMS, Siqueira JO. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.
84. Nascimento AF, Mendonça ES, Leite LF, Neves JCL. Calibration of the Century, APSIM and NDICEA models of decomposition and N mineralization of plant residues in the humid tropics. *R. Bras. Ci. Solo*. 2011; 35; 917-928.
85. Oliveira PAV, Monteiro ANTR. Emissão de amônia na produção de frangos de corte. Conferência FACTA. Anais...Campinas. 2013.
86. Simioni Júnior JR, Homma SK, Gomes JDF, Predosa VB, Xavier JK, Chagas PRR. Efeito da aplicação de diferentes aditivos na cama. Emissão de Gases Associados à Produção Animal e ao Manejo de Dejetos. Anais... Florianópolis -SC: SIGERA - I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Animais, 2009.
87. Neme R, Sakomura NK, Oliveira MDS, Longo FA, Figueiredo NA. Adição de gesso agrícola em três tipos de cama de aviário na fixação de nitrogênio e no desempenho de frango de corte. *Ciência Rural*. 2000; 30(4); 687-692.
88. Oliveira MC, Ferreira HA, Cancherini LC. Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade da cama de frango. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*. 2004; 56(4); 536-541.

89. Prusiner SB, Gadjusek DC, Alpers MP. Kuru with incubation periods exceeding two decades. *Annals of Neurology*. 1982; 12; 1-9.
90. Braun U, Pusterla N, Schicker E. Bovine spongiform encephalopathy: diagnostic approach and clinical findings. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*. 1998; 20; 270-278.
91. Saegerman C, Seybroeck N, Roels S, Vanopdenbosch E, Thiry E, Berkvens D. Decision support tools for clinical diagnosis of disease in cows with suspected bovine spongiform encephalopathy. *Journal of Clinical Microbiology*. 2004; 42; 172-178.
92. Dutra IS, Döbereiner J, Souza AM. Botulismo em bovinos de corte e leite alimentados com cama-de-frango. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2005; 25; 115-119.
93. Menezes JFS, Andrade CLT, Alvarenga RC. Utilização de resíduos orgânicos na agricultura. 2007. Disponível em: < <http://www.planetaorganico.com.br/trabJune.htm> >. Acesso em 30 de setembro de 2019.
94. Malavolta E. Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 528p.
95. Fageria NK, Barbosa Filho MP. Phosphorus fixation in oxisol of central Brazil. *Fertilizers and Agriculture*, Paris, 1987; 94; 33-47.
96. Baligar VC, Bennett OL. NPK-fertilizer efficiency - a situation analysis for the tropics. *Fertilizer Research*, Dordrecht. 1986; 10; 147-164.
97. Vitti GC, Priori JC. Calcário e gesso: os corretivos essenciais ao Plantio Direto. Visão agrícola. 2009.
98. Ronquim, CC. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 2010; 30p.
99. Fioreze C, Ceretta CA. Fontes orgânicas de nutrientes em sistemas de produção de batata. *Ciência Rural*. 2006; 36; 1788- 1793.
100. Tedesco MJ, Selbach PA, Gianello C, Camargo FAO. Resíduos orgânicos no solo e os impactos no ambiente. In: Santos GA, Silva LS, Canellas LP, Camargo FAO. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecosistemas tropicais e sub-tropicais. Porto Alegre: Metropole, 2a Ed.rev. atual., 2008; 113-135.
101. Castro CM, Almeida DL, Ribeiro RLD, Carvalho JF. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 2005; 40(5); 495-502.
102. Andreotti M, Nava IA, Wimmer Neto L, Guimarães VF, Furlani Junior E. Fontes de nitrogênio e modos de adubação em cobertura sobre a produtividade de feijão

- (*Phaseolus vulgaris* L.) na “safra das águas”. *Acta Scientiarum Agronomia*, 2005; 27(4); 595-602.
103. Corrêa JC, Miele, MA. A cama de aves e os aspectos agronômicos, ambientais e econômicos. In: Manejo ambiental na avicultura. In: Palhares JCP, Kunz, A, editores. Manejo ambiental na avicultura. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011; 125-152.
 104. Earhart DR, Haby VA, Baker ML, Leonard AT. Cropping system and poultry litter effects on residual soil NO₃-N and P. *HortScience*, 1996; 31; 756.
 105. CONAMA N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
 106. Canellas LP, Velloso ACX, Marciano CR, Ramalho JFGP, Rumjanek VM, Rezende CE, Santos GA. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2003; 27; 935-944.
 107. Blum LEB, Amarante CVT, Güttler G, Macedo AF, Kothe DM, Simmler AO, Prado G, Guimarães LS. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. *Horticultura Brasileira*. 2003; 21; 627-631.
 108. Mello F de A, Brasil Sobrinho M de OC, Arzolla S, Silveira RI, Cobra Neto A, Kiehl J de C. Fertilidade do solo. São Paulo: Nobel. 1983; 400p.
 109. Associação Brasileira das indústrias do milho. Estatísticas. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/estatisticas>>. Acesso em: 21 nov. 2018.
 110. OECD-FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Agricultural Outlook 2016-2025. Special Focus: Sub-Saharan Africa* OECD-FAO, p. 78, item 144.
 111. Santos DH, Silva MA, Tiritan CS, Foloni JSS, Echer FR. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2011; 15; 443- 449.
 112. Contini E, Mota MM, Marra R, Borghi E, Miranda RA, Silva AF, Silva DD, Machado JR de A, Cota LV, Costa RV da, Mendes SM. Milho: Caracterização e desafios tecnológicos. Nota técnica. Embrapa Milho e Sorgo. 2019. 45p.

CAPÍTULO 2 – MICROCLIMA DE GALPÕES DE CRIAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE COM DIFERENTES REUSOS DA CAMA DE FRANGO

Resumo: O índice de entalpia de conforto (IEC) indica a condição ambiental em relação à condição de estresse térmico sofrido pelo animal. Objetivou-se com este trabalho avaliar o microclima dos galpões de frangos de corte com diferentes quantidades de reuso de cama de frango utilizando o IEC. O experimento foi conduzido na Fazenda Santa Terezinha e GRANJA 54 que realiza a criação comercial de frangos de corte (Goiás-Brasil). Dois galpões de frango de corte (tipo túnel de pressão negativa), medindo 1.680 m² e 20.000 aves/galpão foram utilizados neste experimento (densidade populacional de 11,9 aves/m²). Os tratamentos consistiam na quantidade de reusos da cama de frango (Reuso 3/R3 - 3 lotes de reuso cama de frango e Reuso 6/R6 com 6 lotes). O delineamento utilizado foi inteiramente causalizado, com esquema de parcelas subdivididas no tempo e tratamento em esquema fatorial 2x4 (reutilização de cama de frango x horários de coleta), totalizando 8 tratamentos com 12 repetições. O material absorvente usado foi a casca de arroz. Foram coletadas temperatura instantânea, máxima e mínima dos ambientes dos galpões e das camas de frango, além de umidade relativa do ar, níveis de amônia e IEC, dos 7 aos 42 dias de idade das aves. Utilizou-se três termohigrômetros digitais em pontos equidistantes nos galpões e as medições foram realizadas nos seguintes horários: 07:00h, 10:00h, 14:00h e 19:00h. A equação de IEC considera 3 variáveis ambientais: temperatura, umidade relativa e pressão barométrica local (média de Brasília = 890mmHG). Os resultados foram analisados utilizando o software R e comparando as médias pelo teste de Tukey (5% de significância). Foi observada diferença estatística ($P \leq 0,05$) para a variável umidade relativa entre galpões (R6 – 47,32% e R3 – 44,31%) e entre as horas de medição ($P \leq 0,05$), sendo a umidade relativa média superior às 07h – 54,02%, contra 44,01% às 10h, 41,09% às 14h e 44,14% às 19h. Nenhuma interação ($P > 0,05$) foi observada para o IEC, sendo classificado como “zona de conforto” para ambos os galpões. O IEC não diferiu entre os diferentes quantidade de reusos das camas de frango. Este resultado significa que o reuso por até seis lotes consecutivos em relação a três reusos da cama de frango é segura em relação ao conforto dos frangos de corte.

Palavras-chave: Bem-estar, entalpia, conforto térmico, ambiência, amplitude térmica.

CHAPTER 2 - ENTHALPY COMFORT INDEX IN BROILER REARING ENVIRONMENTS WITH DIFFERENT REUSES OF POULTRY LITTER

Abstract: The enthalpy comfort index (ECI) indicates the environmental condition in relation to the heat stress condition by the animal, and the thermal comfort decreases as the ECI increases. The aim of this research was to evaluate the broiler barn microclimate using ECI, considering averages of temperature and relative humidity collected and local average of barometric pressure. The experiment was carried out at commercial broiler farm (Goiás - Brazil). Two broiler sheds (negative pressure tunnel type) measuring 1,680m² and 20,000 birds/shed were used in this experiment (population density of 11.9 birds/m²). The treatments consist of the amount of reuse of poultry litter (Reuse 3/R3 - 3 flocks of reuses of poultry litter and Reuse 6/R6 with 6 flocks). The absorbent material used was a rice husk. No experiment I, of welfare, the design used was completely randomized, with time subdivided plots and the data were analyzed in a factorial scheme 2x4 (poultry litter reuses x schedules), totaling 8 treatments with 12 replicates. Were collected the instantaneous temperature, maximum and minimum of sheds and poultry litter, the relative humidity, ammonia levels and ECI, from 7 to 42 days of age of birds. We used three digital thermo hygrometer at equidistant points in the sheds and as measurements were taken at the following schedules: 07: 00h, 10: 00h, 14: 00h and 19: 00h. ECI equation considers 3 environmental variables: temperature, relative humidity and local barometric pressure (Brasília average = 890 mmHG). The results were statistically analyzed using the R software and comparing as media by the Tukey test (5% significance). A difference ($P \leq 0.05$) was observed in the relative humidity between sheds, G1 with 47.32% and G2 with 44.31%, and between the measurement hours ($P \leq 0.05$), with average humidity higher than 07am with 54.02%, against 44.01% at 10am, 41.09% at 14pm and 44.14% at 19pm. No interaction ($P > 0.05$) was observed for the ECI, being classified as a “comfort zone” for both sheds. The ECI did not differ between the different poultry litter reuse values. This result means that either reuse for six flocks consecutive in relation to three reuse is safe with respect to broiler comfort.

KEYWORDS: welfare, enthalpy, thermal comfort, ambience, thermal amplitude

1. INTRODUÇÃO

O maior desafio da produção avícola com o aumento das criações em galpões de ambiente controlado é o bem-estar animal, sendo esse um dos fatores de suma importância na sustentabilidade da produção que está baseada em três vertentes, a viabilidade econômica, a social e a ambiental¹.

O bem-estar das aves está relacionado a diversos índices capazes de serem detectados dentro do galpão como, temperatura, ventilação, umidade relativa e níveis de gases gerados, principalmente pela reutilização da cama de frango. Dessa forma, quanto mais reutilizada a cama, maior o desafio de criação dessas aves, pois haverá maior cuidado com o manejo devido a maior geração de cama de frango e falta de controle com as unidades de medida^{1,2}.

A criação intensiva em ambiente controlado apresenta índices baixos para o bem-estar animal, porém, apresentam resultados melhores quanto a, qualidade de cama, qualidade do ar (baixos índices de poeira no ambiente), avaliação quantitativa do comportamento e teste de distância de fuga dos animais, tornando o ambiente mais tranquilo para o manejo cotidiano do galpão³.

Os frangos de corte são animais homeotermos, ou seja, possuem a capacidade de manter a temperatura corporal dentro de uma faixa estreita quando sujeitos a variações de temperatura do ambiente, dentro de certo limite. Para isso, podem usar de adaptações comportamentais, como, por exemplo, abertura de asas, troca de temperatura com o ambiente e/ou a cama e dispersão ou agrupamento em relação às outras aves⁴. Essa troca da temperatura corporal com o ar ambiente e/ou com a cama de frango pode ser afetada quanto à qualidade da cama devido à reutilização.

A alta densidade em sistema de criação e a reutilização da cama de frango são alternativas para viabilizar economicamente a produção, pois podem promover aumento da remuneração aos produtores quanto a produção por área e a melhor qualidade da cama de frango para venda como adubo orgânico. Porém, alguns fatores de ambiência quando mal manejados, podem influenciar negativamente a produção de frango principalmente com o aumento dos gases mais comuns nesse sistema de criação, o monóxido de carbono (CO), dióxidos de carbono (CO₂) e a amônia (NH₃), sendo a amônia o gás que traz maior risco a saúde das aves⁵.

O índice mais representativo de qualidade de ar dentro de um galpão para avaliar o bem-estar das aves é o nível de amônia, sendo esse de fácil detecção, pois é um gás

bastante nocivo, com odor aparente e forte, e incolor. Diversas formas podem ser usadas para a medição do nível de amônia nos galpões de produção, desde o uso de aparelhos estacionários a portáteis, uso de métodos que são instantâneos ou que dependem de fórmulas e laboratórios⁶.

A geração da amônia acontece através da decomposição microbiana do ácido úrico oriundo das excretas depositadas em cima da cama. A formação da amônia dá-se principalmente quando a cama apresenta alta umidade e maior quantidade de reutilização (carga microbiana). O pH da cama têm bastante influência na formação do gás, pois juntamente com a alta umidade da cama, o íon amônio (NH_4^+), que é a forma dominante de nitrogênio na excreta das aves é convertido em amônia⁷.

Quando os níveis de amônia se apresentam elevados, a produção zootécnica fica comprometida, causando redução do peso por consequência do baixo consumo, e danos à saúde são percebidos, como problemas oculares (cegueira), pulmonares (ascite) e em piores casos, levando a óbito⁸. O teor de amônia pode ser melhorado nos galpões através do manejo, como cuidado diário da cama (quebra dessa cama), a quantidade de reutilizações da cama, a ventilação necessária principalmente no período do inverno e a correta regulagem da pressão dos bebedouros². Além de apresentar risco à saúde dos animais e funcionários, esse gás pode trazer prejuízos ao meio ambiente, como eutrofização e também acidificação dos solos e águas⁹.

O índice de entalpia de conforto (IEC) é uma predição do conforto térmico das aves nos ambientes de criação. Os dados de IEC pode ser analisados de maneira rápida e direta no campo, porém são necessários os dados de umidade relativa (%) e temperatura em bulbo seco (°C) para a leitura nas tabelas. As tabelas de avaliação prática de entalpia foram criadas a partir do cálculo de entalpia de conforto¹⁰.

Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar o microclima dos galpões de frangos de corte com diferentes quantidades de reuso de cama de frango utilizando o índice de entalpia de conforto.

2. MATERIAL E METODOS

2.1 Local e data do experimento

O experimento foi realizado na Fazenda Santa Terezinha e GRANJA 54 de produção de grãos e frango de corte industrial localizado no Município de Santo Antônio do Descoberto – GO apresentando as coordenadas geográficas do centróide do imóvel rural com Latitude: 16° 8' 4" S e Longitude: 48° 11' 56" O.

O clima da região de Santo Antônio do Descoberto é tropical, com verões chuvosos e invernos secos. A classificação do clima é Aw, segundo Köppen e Geiger. A média de temperatura é de 22°C e a pluviosidade anual é de 1.536mm.

A GRANJA 54, contém um núcleo de três galpões de frango de corte comercial, em sistema intensivo de criação com idade única. Os três galpões instalados apresentam metragem de 1.680m²/cada (140m de comprimento x 12m de largura), e capacidade de máxima de alojamento é de 25.000 aves/lote/galpão, com densidade média de 14,9 aves/m² para essa lotação.

O experimento de bem-estar teve início no dia 12 de agosto de 2016 e foi finalizado no dia 15 de setembro de 2016.

2.2 Manejo dos galpões e avaliação do conforto térmico das aves

Para a avaliação do bem-estar dois galpões da granja foram utilizados. No galpão com 6 reusos (R6), a cama de frango permaneceu em uso pelo período de um ano, ou seja, seis lotes consecutivos e no galpão com 3 reusos (R3), a cama de frango permaneceu pelo período de seis meses, ou seja, três lotes consecutivos e com o mesmo manejo.

Os galpões utilizam sistema de ventilação de pressão negativa com entrada de ar pelas aberturas na face oposta aos exaustores, sendo ao total 8 exaustores por galpão com motor de 1cv cada e apresentam cortinas na cor amarela para controlar a iluminância e atividade das aves. O forro era posicionado na altura do pé direito do mesmo material das cortinas, em toda as laterais são utilizadas telas de aço galvanizado de 1 polegada e protegidos por cortinado do lado de fora, vendando o galpão. O sistema de aquecimento foi realizado por fornos marca Vossler à lenha, posicionados no centro do pinteiro, com

distribuição de ar aquecido por tubos metálicos e acionamento da combustão realizado por controle de temperatura automatizado.

A lotação final de cada galpão durante o experimento foi de 20.000 aves (totalizando 11,9 aves/m²). O manejo inicial das aves de 1 dia realizado na granja consistiu primeiramente, na separação das aves em quatro divisórias, totalizando aproximadamente 5.750 aves por espaço reservado (Figura 1). Esse manejo fez-se importante para evitar a desuniformidade das condições de ambiência dos galpões, fator esse causado principalmente pelo tamanho do galpão e pela perda de eficiência do túnel de vento.

O uso das divisórias evitou também o amontoamento das aves em locais mais frescos, normalmente nas entradas de ar dos galpões, com a intenção de aumentar o bem-estar dos animais. Outro fator que poderia afetar o bem-estar dessas aves é a quantidade de amônia gerada com a reutilização da cama de frango, causando maior adensamento ainda nos locais próximos à entrada de ar¹¹.

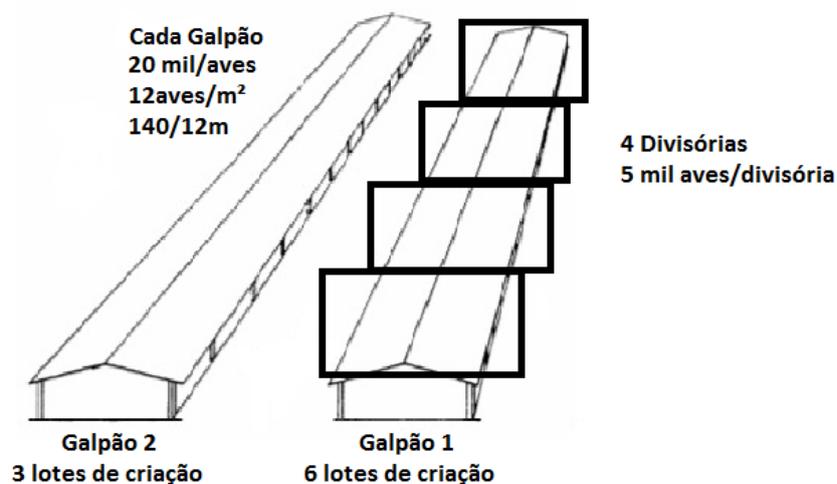


Figura 1. Esquema das divisões dos galpões utilizados para o experimento com a densidade de aves

Os galpões apresentavam estrutura automatizada, com bebedouros tipo nipple, comedouros automatizados e, na fase de pinteiro (até os 14 dias), tiveram o acréscimo de comedouros tubulares infantis e aquecimento via forno a lenha (Imagem 1). O material utilizado como cama para as aves foi a casca de arroz por apresentar características que conferem conforto, secagem rápida, evitando choques mecânicos, características desejadas para um bom material a ser utilizado como cama¹². A automatização dos

galpões incluiu os exaustores da cabeceira sul e o sistema de nebulização longitudinal, que garantiu o resfriamento e melhoria da qualidade do ar dos galpões.



Imagem 1. Vista interna do galpão automatizado. Fonte: Arquivo pessoal.

Foram realizados os manejos rotineiros com a cama de frango e da ambiência nos galpões durante todo o período de criação, como por exemplo, a quebra da cama com o auxílio de equipamentos como a enxada rotativa, quando necessário (dos 10 os 30 dias de idade das aves), regulagens de altura dos comedouros e bebedouros, e regulagem da temperatura ambiente através dos exaustores e nebulizadores. Importante ressaltar que os manejos foram realizados de forma semelhante nos dois galpões, mesmo contendo camas de frango com diferentes níveis de reutilizações.

Foram realizadas medições de alguns dos fatores que afetam a qualidade de vida dos animais nas condições de reaproveitamento de cama. Cada galpão recebeu três termohigrômetros digitais da marca Hikari, modelo HTH-240 (Imagem 2) dispostos em três pontos equidistantes para medição das variáveis ambientais: temperatura instantânea do ambiente do galpão; temperatura máxima do ambiente do galpão; temperatura mínima do ambiente do galpão; temperatura instantânea da cama de frango; temperatura máxima da cama de frango; temperatura mínima da cama de frango, umidade relativa e pressão batométrica do local (média de Brasília = 890mmHG) para realização do cálculo do IEC.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com esquema de parcelas subdivididas no tempo e tratamento em esquema fatorial 2x4 (2 reutilização de cama de frango x 4 horários de coleta), totalizando 8 tratamentos com 12 coletas. A coleta

de dados teve início aos 7 dias de idade, totalizando 42 dias. Durante 35 dias foram realizadas 18 coletas, intercalando um dia sim e um dia não de coletas, sendo 12 leituras por galpão, nos seguintes horários: 07:00h, 10:00h, 14:00h e 19:00h, em três pontos equidistantes nos galpões para minimizar possíveis efeitos de proximidade das entradas de ar, dos exautores, dos bicos de nebulização, dos fornos de aquecimento, dentre outros.



Imagem 2. Termohigrômetro digital localizado no galpão. Fonte: Arquivo pessoal.

2.3 Cálculo do índice de entalpia de conforto

A partir dos dados de ambiência dos galpões foi calculado o IEC, que indica a condição ambiental em relação ao estresse térmico pelo animal, sendo que o conforto térmico diminui à medida que o IEC aumenta¹⁰. O IEC expressa a quantidade de energia térmica, em kJ, contida em 1 kg de ar seco (Equação 1).

Equação 1. Equação do índice de entalpia de conforto:

$$h = 1,006.t + UR .10(7,5.t/237,3+t). (71,28+0,052.t), \text{ em que:}$$

Em que:

h = Índice de entalpia (kJ/Kg de ar seco);

t = Temperatura do bulbo seco (°C);

UR = Umidade relativa (%);

p_b = Pressão barométrica local (mmHg).

Fonte: Adaptada de Rodrigues et al., 2011.

2.4 Medição do nível de amônia

Para a medição do nível do gás amônia nos galpões, foi utilizado o aparelho modelo KT-603 Gas Detector da marca Kingsky Electron (Imagem 3). A coleta de dados iniciou aos 7 dias de idade das aves, finalizando o lote com 42 dias. Durante 35 dias foram realizadas 12 coletas diárias por galpão nos seguintes horários: 07:00h, 10:00h, 14:00h e 19:00 horas. O aparelho de medição do gás foi programado para que o alarme de detecção de amônia disparasse quando houvesse valor igual ou acima de 6ppm do gás no ambiente, valor inicialmente nocivo ao animal e aos trabalhadores. No aparelho havia também a possibilidade de checagem do valor instantâneo da quantidade do gás ambiente, pois níveis abaixo de 6ppm poderiam ser constatados.

O aparelho utilizado era de posse de uma empresa comercial de criação de frango de corte, que era utilizado regularmente para a medição de níveis de amônia em diferentes granjas com diferentes estruturas.

A medição foi realizada a 50 cm de altura da cama de frango e nos mesmos pontos onde os termohigrômetros estavam instalados, sendo que havia somente um detector do gás amônia disponível para o experimento.



Imagem 3. Aparelho KT-603 utilizado para medição do nível de amônia. Fonte: Arquivo pessoal.

3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de temperatura instantânea, máxima e mínima do ambiente dos galpões e das camas de frango, da umidade relativa e índice de entalpia de conforto foram analisado em parcelas subdividas no tempo utilizando o software R, com comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Foram analisados os dois galpões como parcelas e as horas de medição como as subparcelas, além da interação Reuso x Hora.

O modelo linear utilizado para o experimento é dado pela Equação 2.

Equação 2. Modelo linear em parcelas subdividas no tempo em delineamento inteiramente casualizado:

$$y_{ijk} = \mu + G_i + e_{ij} + H_j + (GH)_{jk} + e_{ijk}$$

Onde,

y_{ijk} é o valor observado no galpão i , horário j e repetição k ;

μ é uma constante associada ao modelo;

G_i é o efeito do i -ésimo galpão, $i = 1, 2$;

e_{ik} é o efeito residual das parcelas;

H_j é o efeito do j -ésimo horário medido, $j = 1, 2, 3, 4$;

e_{ijk} é o erro associado à cada medição.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Temperaturas do ambiente dos galpões e da cama de frango, umidade relativa e índice de entalpia de conforto

Na Tabela 1 podem ser observados os resultados das medições realizadas para avaliar a temperatura instantânea do galpão (T.Inst.G), temperatura máxima do galpão (T.Max.G), temperatura mínima do galpão (T.Min.G), temperatura instantânea da cama de frango (T.Inst.CF), temperatura máxima da cama de frango (T.Max.CF), temperatura

mínima da cama de frango (T.Min.CF), umidade relativa (U.R.%) e Índice de Entalpia de Conforto (IEC).

Tabela 1. Resultados de temperatura instantânea, máxima e mínima do ambiente dos galpões (G) e da cama de frango (CF), umidade relativa e índice de entalpia de conforto dos galpões com diferentes níveis de reuso de cama de frango

VARIÁVEIS	REUSOS	HORÁRIOS				MÉDIA	P*	P**	P***
		7h	10h	14h	19h				
T.Inst.G (°C)	6	23,8	26,9	27,6	26,0	26,1	0,953	<0,001	0,408
	3	23,2	26,8	28,1	26,2	26,1			
	Média	23,5 ^c	26,8 ^b	27,8 ^a	26,1 ^b				
T.Max.G (°C)	6	33,1	32,1	33,1	33,0	32,8	0,215	0,303	0,687
	3	31,6	31,6	32,0	32,4	31,9			
	Média	32,4	31,9	32,5	32,7				
T.Min.G (°C)	6	16,9	17,3	17,1	17,4	17,2	0,080	0,308	0,273
	3	18,3	21,0	18,5	18,8	19,2			
	Média	17,6	19,1	18,1	17,8				
T.Inst.CF (°C)	6	29,2	30,2	30,1	29,9	29,9	0,900	0,450	0,545
	3	28,2	28,8	29,2	32,5	29,7			
	Média	28,8	29,6	29,7	31,2				
T.Max.CF (°C)	6	36,0	36,2	35,7	35,5	35,8	0,296	0,327	0,879
	3	37,9	38,0	37,8	36,8	37,6			
	Média	36,9	37,1	36,8	36,1				
T.Min.CF (°C)	6	25,6	25,5	25,6	25,7	25,6	0,114	0,700	0,850
	3	23,4	22,9	23,0	23,5	23,2			
	Média	24,5	24,2	24,3	24,6				
U.R. %	6	54,74 ^a	45,38 ^a	44,27 ^a	44,89 ^a	47,32 ^a	0,024	<0,0001	0,259
	3	53,50 ^a	42,64 ^a	37,92 ^b	43,40 ^a	44,31 ^b			
	Média	54,02 ^a	44,01 ^b	41,09 ^b	44,14 ^b				
I.E.C	6	49,29	53,07	54,50	50,63	51,86	0,402	0,373	0,401
	3	46,51	51,16	51,18	49,67	52,11			
	Média	47,90	49,66	52,84	50,14				

^{a,b,c}Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

*Probabilidade de F para Reuso; **Probabilidade de F para Hora; ***Probabilidade de F para Reuso x Hora

Na Tabela 1, verificou-se diferença estatística ($P < 0,001$) na temperatura instantânea dos galpões em relação ao horário de coleta, sendo as 14 horas (27,8°C) o horário que apresentou maior temperatura em comparação aos demais.

Ambas as temperaturas mínimas dos galpões (Tabela 1) apresentaram-se baixas para a criação de frango de corte. As aves apresentam amplitude térmica muito estreita, variando de 3°C para mais ou para menos. Aves mantidas em temperaturas adequadas

evitam o desperdício de energia metabólica contida na ração fornecida, não havendo assim gastos para a manutenção corporal e para que possam manter suas funções fisiológicas em estado normal¹³. Cordeiro et al.¹⁴ ressalta ainda que as aves em estresse térmico por frio tendem a ingerir menor quantidade de água e conseqüentemente, haverá efeito direto no consumo de ração¹⁵.

A U.R% apresentou diferença estatística ($P \leq 0,05$) entre galpões e horas analisadas. A diferença encontrada entre os galpões mostrou que o galpão com cama de 6 reusos teve a umidade relativa maior (47,32%) na média quando comparado ao galpão com cama de 3 reusos (44,31%). Além disso, houve diferença ($P \leq 0,05$) entre as horas analisadas, sendo que, às 14 horas, o galpão com cama com 6 reusos também apresentou umidade relativa superior (44,27%) ao galpão com a cama com 3 reusos (37,92%).

Porém, os valores de umidade relativa média dos galpões apresentaram-se abaixo da faixa ideal para a criação de frango de corte, entre 50 e 70%¹⁶. Somente os dados médios para a primeira hora analisada (07 horas) para ambos os galpões com cama de 3 e 6 reusos apresentaram-se ideais para criação. Um dos fatores causais desse resultado, é que no galpão com cama de 6 reusos tende a haver maior processo de compostagem, e nesse processo, um dos produtos formados na primeira reação é a liberação de moléculas de água no composto¹⁷.

Além disso, em camas de frango com mais reusos tem maior quantidade de excretas, o que possivelmente causou um aumento na umidade da cama, já que, o acúmulo de excretas era superior a quantidade de material absorvente. Quando a quantidade de excretas é superior a quantidade de material absorvente, haverá liberação de umidade da cama de frango para o ambiente, como foi detectado nos resultados desse trabalho. Corroborando com esse dado, Carvalho et al.¹⁸ afirmam que a cama constituída de casca de café e arroz apresentaram melhor qualidade quando analisados os parâmetros de pH e umidade.

Na Tabela 1, pode-se observar que a T.Ints.CF, a T.Max.CF e T.Min.CF não apresentaram diferença ($P > 0,05$) entre os resultados. Assim como Nascimento et al.¹⁹ não encontraram diferença ($P > 0,05$) na temperatura superficial da cama de frango em galpões de diferentes estruturas, convencional e climatizado.

Aves tendem a trocar calor corporal entrando em contato com a cama de frango, através da troca por condução, onde a cama deve estar a uma temperatura inferior a do corpo do animal, caso contrário, o animal pode entrar em estresse térmico²⁰. Da mesma forma valores altos de temperatura de cama de frango podem ocorrer provavelmente por

uma elevação da temperatura ambiente, e umidade da cama, aumentando a capacidade de fermentação, podendo atingir até temperaturas próximas do 50°C internamente¹⁸. Dessa forma, quanto mais alta a temperatura da cama, maior prejuízo ao conforto térmico das aves.

Em contrapartida, Queiroz et al.²¹ realizaram a medição da temperatura da cama de frango em dois períodos. No período da manhã, os autores encontraram valores variando de 30,4°C a 33,8°C, e no período da tarde, a temperatura variou de 30,7°C a 33,7°C. Em ambos os turnos, os autores encontraram dados de temperaturas distintas ao do presente trabalho. Miles et al.²² encontraram valores de temperatura de cama variando entre 24 a 42°C em galpões com frangos de corte com 2 dias de idade, sendo que, segundo a Cobb, os valores de cama para pintinho devem estar entre 27 e 32°C²³.

Em medições realizadas em galpões que são considerados similares a estrutura dos utilizados nesse trabalho, Carvalho et al.¹⁸ encontraram valores médios de temperaturas em galpões Blue House de 27,2°C e Dark House de 27°C, quando comparados a galpões Convencional (23,7°C).

As médias do índice de entalpia de conforto (IEC) não apresentaram diferença ($P > 0,05$) entre os valores para galpão, hora, nem para a interação galpão x hora. Todos os valores encontrados (Tabela 1) variaram de 46,51 a 54,50 kJ/kg de ar seco, estão dentro do zona de conforto do IEC para aves com até 6 semanas de vida (variando de 37,4 a 88,3kJ/kg de ar seco), segundo Queiroz et al.²¹. Sendo que, a zona de conforto pode ser indicada como a faixa de temperatura ambiente em que a taxa metabólica da ave é mínima e a homeotermia é mantida com menor gasto energético¹⁹. De acordo com a avaliação dos valores de IEC, todas as médias obtidas nesse trabalho encontram-se dentro da faixa de conforto, mantendo as aves em um ambiente termoneutro e favorecendo o desenvolvimento normal.

O IEC é importante para a predição do bem-estar por considerar a interação da temperatura do ar juntamente com a umidade, já que, isoladamente essas variáveis podem não surtir efeito, porém quando analisadas juntas podem se mostrar críticas para a criação. Em países tropicais, as condições de conforto térmico são difíceis de serem atingidas, pois terá muita variação de temperatura, umidade relativa conforme a região e intensidade de radiação solar²⁴.

Em trabalho realizado com frangos de corte em galpão de pressão negativa, Damasceno et al.²⁵ encontraram médias do IEC na 6ª semana de vida das aves de 75,1 kJ/kg de ar seco e temperatura média no galpão de 36,8°C, muito acima do recomendado

para essa fase de vida do animal que deve ter a faixa de temperatura próximo aos 24°C, conforme Macari e Furlan²⁶, mostrando com os resultados que as aves no período do experimento estiveram submetidas a estresse por calor.

Em todas as medições realizadas, o nível de amônia manteve-se abaixo de 6ppm independente do galpão e do horário analisado. Entretanto, o aparelho não tinha sensibilidade para detectar o nível do gás abaixo de 6ppm. Assim, nas medições instantâneas o índice se manteve estável dentro dos valores preconizados pelo manual da linhagem Cobb²³.

Esse resultado sugere que o manejo diário da produção foi suficiente para manter o nível da amônia dos galpões dentro do esperado, sendo que, o reviramento e a quebra de cama e a ventilação foram eficientes para formar um túnel de ar uniforme, assim como o monitoramento da nebulização e a regulagem de pressão dos bebedouros.

A densidade de alojamento (11,9 aves/m²) também pode ter influenciado no resultado. Carvalho et al.¹⁹ utilizaram 17 aves/m², conforme é considerado ideal pelo manual da linhagem Cobb²³, e obtiveram resultados de níveis de amônia em galpão Blue House acima de 39ppm no ambiente, nível esse capaz de causar danos não somente aos animais, mas também aos trabalhadores. Os mesmos autores obtiveram resultado de 3,0 ppm em galpão Blue House e 6,0 ppm em galpão convencional com manejos de cortina, mostrando assim que a ventilação e dispersão do ar de dentro dos galpões influencia na quantidade de amônia produzida. Ainda, os autores notaram que os aviários com cama de reutilizada de casca de arroz e de café obtiveram melhor qualidade de cama do que o aviário com cama reutilizada de maravalha fina.

5. CONCLUSÃO

A reutilização da cama de frango por até seis lotes consecutivos em relação com a cama de três lotes não altera as variáveis de temperatura média, máxima, mínima, a umidade relativa do galpão, a temperatura da cama e o IEC manteve-se dentro da zona de conforto para frango de corte.

6. REFERÊNCIAS

1. Salgado DD, Nääs IA. Avaliação de risco à produção de frango de corte do estado de São Paulo em função da temperatura ambiente. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal. 2010; 30(3); 367-376.
2. Pereira DF, Oliveira SC, Penha NLJ. Logistic regression to estimate the welfare of broiler breeders in relation to environmental and behavioral variables. *Engenharia Agrícola*. 2011; 31; 33-40.
3. Sans EC. Grau de bem-estar de frango de corte: efeitos de enriquecimento ambiental e do sistema de criação. *Dissestarção - Ciências Veterinárias - UFPR*, Curitiba - PR. 2012; 145f.
4. Schiassi L, Yanagi Junior T, Ferraz PFP, Campos AT, Silva GR, Abreu LHP. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. *Revista de Engenharia Agrícola*, Jaboticabal. 2015; 35(3); 390-396.
5. Lima AMC, Nääs IA, Baracho MS, Miragliotta MY. Produção de frangos de corte. *Campinas: FACTA*. 2004; 1; 356.
6. Sousa FC de, Tinôco IFF, Baptista F de JF, Cruz VMF da, Ferreira C de FS, Silva AL da. Quantificação de amônia em instalações de produção de frangos de corte em clima quente. *Rev. Agro. Amb.*. 2018; 11(3); 879-899.
7. Curtis SE. *Environmental management in animal agriculture*. AMES: The Iowa State University Press, 1983; 409.
8. Palhares JCP, Kunz A, Viola ES, Lima GJMM, Mazzuco H, Corrêa JC, Augusto KVZ, Miele M, Avila VS, Silva VS. Manejo ambiental na avicultura. *Embrapa Suínos e Aves*. Concórdia, SC. 2011; 221p.
9. Tinôco IFF, Gates RS. *Ambiência e Construção para matrizes pesadas*. In: *Manejo de Matrizes de corte*. Campinas: FACTA. 2005; 1; 414.
10. Rodrigues VC, Silva IJO, Vieira FMC. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. *International Journal of Biometeorology*. 2011; 55(3); 455-459.
11. Gonzáles E, Saldanha ESPB. Os Primeiros Dias de Vida do Frango e a Produtividade Futura. In: *Congresso Brasileiro de Zootecnia, 11. Anais. AZEG/ABZ*, Goiânia. 2001; 312-313.
12. Avila VS, Mazzuco H, Figueiredo EAP. Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante. *Concórdia: EMBRAPA - CNPSA. Circular Técnica N°16*. 1992; 38p.

13. Ponciano PF, Lopez MA, Yanagi Júnior T, Ferraz GAS. Análise do ambiente para frangos por meio da lógica fuzzy: uma revisão. *Archivos de Zootecnia*. Córdoba. Espanha 2011; 60; 1-13.
14. Cordeiro MB, Tinôco IFF, Silva JN, Vigordeirs RB, Pinto FAC, Cecon PR. Conforto térmico e desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2010; 39(1); 217-224.
15. Silva EG, Santos AC, Ferreira CLS, Sousa JPL, Rocha JML, Silveira Júnior O. Variabilidade espacial das características ambientais e peso de frangos de corte em galpão de ventilação negativa. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2013; 14(1); 132-141.
16. Santos PA, Baêta FC, Tinôco IFF, Albino LFT, Cecon PR. Avaliação dos sistemas de aquecimento a gás e a lenha para frangos de corte. *Revista Ceres*. 2009; 56(2); 9-17.
17. Kiehl EJ. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba, Agronômica Ceres, 1985; 492p.
18. Carvalho TMR De, De Moura DJ, De Souza ZM, De Souza JS, Bueno JL de F. Qualidade da cama e do ar em diferentes condições de alojamento de frangos de corte. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília - DF. 2011; 46(4); 351-361.
19. Nascimento GR, Nääs IA, Baracho MS, Pereira DF, Neves DP. Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 2014; 18(6); 658–663.
20. Barbosa Filho JAD, Silva IJO, Silva MAN, Silva CJM. Avaliação dos comportamentos de aves poedeiras utilizando sequência de imagens. *Engenharia Agrícola*. 2007; 27; 93-99.
21. Queiroz MLV, Barbosa Filho JAD, Vieira FMC. Avaliação do conforto térmico de frangos de corte de forma direta e prática. *Revista Produção Animal – Avicultura*. 2012; 21- 24.
22. Miles DM, Rowe DE, Owens PR. Winter broiler litter gases and nitrogen compounds: Temporal and spatial trends. *Atmospheric Environment*. 2008; 42; 3351-3363.
23. Cobb Vantress Brasil. In: Manual de Manejo de Frangos de Corte Cobb. Guapiaçu, SP, p. 65, 2009.
24. Marchini CFP, Silva PL, Nascimento MRBM, Tavares M. Frequência respiratória e temperatura cloacal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. *Archives of Veterinary Science*, Maringá. 2007; 12(1); 41-46.

25. Damasceno FA, Yangi Júnior T, Lima RR, Gomes RCC, Moraes SRP. Avaliação do bem-estar de frangos de corte em dois galpões comerciais climatizados. *Ciência e Agrotecnologia*. 2010; 34(4); 1031-1038.
26. Macari M, Furlan RL. Ambiência na produção de aves de corte. In: SILVA, I. J. O. (Ed.). *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Piracicaba: FUNEP. 2001; 1; 31-87.

CAPÍTULO 3 – ADUBAÇÃO DA CULTURA DO MILHO COM CAMA DE FRANGO COM DIFERENTES REUSOS COM ADIÇÃO OU NÃO DE CALCÁRIO CALCÍTICO E/OU ÁCIDO HÚMICO/MINERALIZADOR

Resumo: A grande geração de cama de frango oriunda da produção de frango de corte tornou-se um problema ambiental com o uso indiscriminado. O objetivo desse trabalho foi avaliar a adição de diferentes produtos em camas de frangos (CF) com diferentes níveis de reuso como adubo na cultura do milho. O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente ao acaso, com três blocos e nove tratamentos, cada unidade experimental apresentava 27m². Os aditivos utilizados para confecção dos tratamentos foram calcário calcítico e mineralizador, adicionados a 40% do peso da CF e 20lts/ton de CF. A cama foi enleirada se mantendo com 55% de umidade para fermentadas aerobicamente por 10 dias, com uma revira ao 5º dia. Os tratamentos aplicados ao solo foram: SC: controle negativo, sem cama de frango; R3: cama de frango com 3 reusos; R3C: R3 + Calcário calcítico (C); R3M: R3 + Mineralizador (M); R3CM: R3 + C + M; R6: cama de frango com 6 reusos; R6C: R6 + C; R6M: R6 + M; R6CM: R6 + C + M. Todos os tratamentos receberam adubação mineral com 220kg/ha NPK 05.25.15. Foram aplicadas 4ton/ha dos tratamentos que haviam CF. O milho plantado foi o híbrido 30F53VYH marca PIONEER®. Os dados foram analisados utilizando o software R, com comparação de médias pelo teste de ScottKnott (5%). Os tratamentos com CF apresentaram valores significativos ($P \leq 0,05$) para as variáveis umidade (R6CM e R3CM), pH (R3CM, R3M e R6M), CTC (R3M, R6, R3 e R6M), cálcio (R3C, R3CM, R6C e R6CM), manganês (R3CM, R3C, R6C, R6CM e R3CM), boro (R3M e R6M) e ferro (R6CM, R3M, R6M e R3CM). Os resultados dos índices produtivos do milho apresentaram diferença ($P \leq 0,05$) para altura de planta (2,92m) e inserção da primeira espiga (1,62m) no tratamento R3. A cama de frango mostrou-se favorável em diversas variáveis para o uso na agricultura quando comparada ao tratamento SC, melhorando variáveis de solo e características morfológicas do milho.

Palavras-chave: dejetos avícolas, gramíneas, sustentabilidade agrícola, solos

CHAPTER 3 - FERTILIZATION IN THE CORN WITH POULTRY LITTER WITH DIFFERENT REUSES WITH ADDITION OR NOT OF CALCITIC LIMESTONE AND/OR HUMIC ACID/MINERALIZER

Abstract: A large generation of poultry litter (PL), arising from the increased production of broiler chicken, has become an environmental problem with indiscriminate use. The aim of this research was to evaluate the effect of the addition or not of two soil chemical conditioners in chicken beds with different amount of reuse in the fertilization of corn crop. The experiment were conducted at Santa Terezinha Farm and GRANJA 54 (Goiás-Brazil), which carries out commercial broiler and grain production. Two broiler sheds (negative pressure tunnel type) measuring 1,680m² and 20,000 birds/shed were used in this experiment (population density of 11.9 birds/m²). The treatments consist of the amount of reuse of poultry litter (R3 - PL with 3 flocks of reuse and R6 - PL with 6 flocks of reuse). The absorbent material used was a rice husk. The adopted statistical design was the completely randomized, with three blocks and nine treatments, each experimental unit media 27m². The conditioners used for the preparation of the treatments were calcitic limestone (40% of the PL weight) and mineralizer (20lts/ton.PL). The treatments were piled up with 55% moisture, fermented aerobically for 10 days and revolved on the 5th day. The treatments applicabled to the soil were: SC: negative control, without PL; R3: PL with 3 reuses; R3C: R3 + Calcitic limestone (C); R3M: R3 + Mineralizer (M); R3CM: R3 + C + M; R6: PL with 6 reuses; R6C: R6 + C; R6M: R6 + M; R6CM: R6 + C + M. All treatments received mineral fertilization with 220kg/ha NPK 05.25.15. 4ton./ha of PL treatments were applied in the soil. The corn planted was the high yield hybrid 30F53VYH (PIONEER®). The results were statistically analyzed using the R software and comparing as media by the ScottKnott test (5% significance). The treatments with PL presented significant ($P \leq 0,05$) values for the variables humidity (R6CM and R3CM), pH (R3CM, R3M and R6M), CTC (R3M, R6, R3 and R6M), calcium (R3C, R3CM, R6C and R6CM), manganese (R3CM, R3C, R6C, R6CM and R3CM), boron (R3M and R6M) and iron (R6CM, R3M, R6M and R3CM). The results of corn yield index showed difference for plant height (2.92m) and first ear insertion (1.62m) in R3M. The PL proved to be favorable in several variables for use in agriculture when compared to the treatment without PL, improving soil variables and morphological characteristics of corn.

Keywords: agricultural sustainability, enthalpy index of comfort, poultry manure, thermal comfort

1. INTRODUÇÃO

O milho é um dos grãos de maior importância na agricultura brasileira cultivado em todas as regiões do país, se destaca pela diversidade de produtos secundários que podem ser produzidos, tanto para a alimentação humana, quanto para a animal. Ao longo dos milhares de anos, a cultura perdeu a característica de ser uma planta de subsistência para ser transformada em grandes lavouras de milho safrão e safrinha. Segundo levantamento estatístico realizado pela FAO (2018)¹, o Brasil é o terceiro maior produtor de milho do mundo, com 8% da produção mundial, estando atrás apenas dos Estados Unidos (31%) e China (24%).

Para que o milho possa expressar todo seu potencial produtivo, todas as exigências nutricionais devem ser atendidas, isso em virtude da grande extração de diversos nutrientes do solo. Alguns nutrientes são exigidos em maior quantidade, por isso são chamados de macronutrientes, sendo eles o nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e o enxofre (S). Sendo que, a extração desses nutrientes aumentam linearmente a medida que a produção da cultura aumenta².

Para viabilizar altas produtividades das culturas anuais considera-se que a fertilidade do solo seja um dos principais fatores impeditivos. Porém, as baixas produtividades podem estar relacionadas também a processos de correção de solos inadequados e deficiência em adubações, principalmente no caso da cultura milho, nutrientes como o N e o K³. As recomendações de adubação nitrogenada para a cultura do milho podem variar muito em consequência do cultivo, onde, em cultura de sequeiro recomenda-se de 50 a 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio e para a cultura irrigada, de 120 a 150 kg/ha⁻¹,⁴.

A grande disponibilidade de cama de frango oriunda principalmente da criação intensiva de frango de corte, tem diferentes modos de reutilização. A estimativa de produção de cama de frango é de duas toneladas para cada um mil frangos⁵. A utilização como fertilizante é a forma que apresenta maior sustentabilidade, trazendo para a agricultura a possibilidade de aumentar o leque de produtos a serem utilizados na adubação de culturas anuais, principalmente do milho, pois promove assim o retorno e/ou a ciclagem dos nutrientes ao solo.

A utilização da cama de frango como fertilizante tem uma limitação para a utilização como adubação de cobertura em pastagens, no qual deve ser respeitada a Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009 do MAPA⁶ sobre fertilizantes

orgânicos. Esta normativa diz que a cama de frango só deve ter seu uso permitido como adubo em pastagens se essa for incorporada ao solo e o pastoreio somente após 40 dias após a aplicação. As implicações não se restringem somente a pastagens mas também as culturas anuais, devendo respeitar a deposição de dejetos nos solos evitando o possível escoamento superficial dos nutrientes para os corpos de água superficiais.

A aplicação de cama de frango como adubo pode substituir parcial ou integral os fertilizantes minerais, mas isso com o conhecimento de fertilidade do solo a ser aplicado para uso do composto orgânico^{7,8}.

Uma das vantagens do uso de cama de frango na adubação é proporcionar a mineralização dos nutrientes mais lentamente do que os adubos minerais solúveis, pois os nutrientes presentes nos adubos minerais estão prontos e disponíveis para as plantas, havendo assim maior perda por volatilização e por lixiviação nos solos, dessa forma, o uso da cama de frango permite maximizar a absorção e favorecer o aproveitamento dos nutrientes pelas plantas ao longo do período vegetativo e também no momento de maior demanda nutricional, no período reprodutivo^{9,10}.

Além disso, melhorias nos atributos químicos são observados com o uso constante desse composto ao solo, elevando a fertilidade, melhorando o nível de matéria orgânica, sendo esse um dos fatores mais importantes no solo pois influencia o aumento da capacidade de troca de cátions, aumenta a disponibilidade e ciclagem dos nutrientes e melhora a complexação de elementos tóxicos¹¹.

A possibilidade da cama de frango ajudar na complexação de elementos tóxicos é de suma importância para os produtores dos solos do Cerrado Brasileiro, pois solos dessa região são tropicais, altamente intemperizados e ácidos, necessitando de correção através do processo de calagem em um prazo máximo de três anos entre correções^{12,13}.

Em solos dessa região, ocorre facilmente um desequilíbrio pela adição de fertilizantes minerais, pois o poder tampão é reduzido. O poder tampão é a capacidade de resistência do solo as mudanças bruscas de pH, exigindo maiores doses de calcário para atingir valores desejados de pH ou saturação por base (V%), sendo que, em solos ricos em matéria orgânica ou que têm maior CTC (capacidade de troca catiônica) diminuem os riscos de desequilíbrios minerais por consequência de excesso de adubação e apresentam maior poder de tamponamento¹⁴.

Além das melhorias na parte química do solo, podem ser observadas melhorias nas características físicas, como aumento na porosidade, melhora na capacidade de armazenamento de água nos colóides do solo, diminuição da densidade do solo e evitando

a compactação, podendo apresentar efeitos indiretos na melhora do sistema radicular, e consequentemente estimulando o desenvolvimento das plantas^{15,16}.

Acredita-se que a adição do mineralizador a cama de frango, faz com que os ácidos húmicos, ácido fúlvico e ácidos graxos do mineralizador favorecem a complexação dos nutrientes, disponibilizando-os de forma gradativa as plantas, evitando a fixação do P aos sesquióxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al) presentes no solo, bem como a liberação gradativa do N às plantas, uma vez que este tem que sofrer a mineralização através dos microrganismos do solo para que possa ser aproveitado¹⁷.

Dessa forma, o uso da cama de frango como fertilizante orgânico na cultura do milho pode ser interessante, principalmente considerando nos benefícios que esse composto agrega ao solo, incrementar a produção da cultura e tornar o sistema mais sustentável.

Nesse contexto, objetivou-se com este estudo avaliar camas de frangos com diferentes quantidades de reuso com adição ou não de condicionadores químicos de solo como adubo na cultura do milho.

1. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e data do experimento

O experimento foi realizado na Fazenda Santa Terezinha e GRANJA 54 de produção de grãos e frango de corte industrial localizado no Município de Santo Antônio do Descoberto – GO, apresentando as coordenadas geográficas do centróide do imóvel rural com Latitude: 16° 8' 4" S e Longitude: 48° 11' 56" O.

O clima da região de Santo Antônio do Descoberto é tropical, com verões chuvosos e invernos secos. A classificação do clima é Aw, segundo Köppen e Geiger. A média de temperatura é de 22°C e a pluviosidade anual é de 1.536mm.

A GRANJA 54 contém um núcleo de três galpões de frango de corte comercial, em sistema intensivo de criação com idade única. Os três galpões instalados apresentam metragem de 1.680m²/cada (140m de comprimento x 12m de largura), e capacidade de máxima de alojamento de 25.000 aves, com densidade média de 14,9 aves/m².

2.2 Obtenção da cama de frango

O experimento de obtenção de cama de frango teve início no dia 04 de agosto de 2015 e foi finalizado no dia 15 de setembro de 2016. O experimento do reuso 6 (R6) teve início no mês de setembro de 2015 e terminou em setembro de 2016, finalizando seis lotes de criação sem retirada da cama de frango. O experimento do reuso 3 (R3) teve início em março de 2016, com três lotes de criação, sendo assim, o R3 teve início no quarto lote de criação do R6 para que chegassem ao final dessa etapa do experimento juntos, em setembro de 2016.

A lotação no período do experimento foi de 20.000 aves/galpão, com densidade de 11,9 aves/m². Os galpões estão no sentido Norte-Sul por causa da inclinação do terreno, são totalmente automatizados, com controle de ambiência, comedouros automáticos, bebedouros tipo Nipple e apresentam sistema de ventilação do tipo pressão negativa.

O material utilizado como cama para as aves foi a casca de arroz. Esse material apresenta características que conferem conforto, secagem rápida e evita choques mecânicos, características desejadas para um bom material a ser utilizado como cama (Avila et al., 1992), além de ser um produto acessível para compra na região. Por galpão,

foi utilizado aproximadamente 10 toneladas de casca de arroz para cobertura total do piso. A quantidade produzida de cama de frango (casca de arroz + excretas) foi de 30 ton/galpão/ciclo, considerando a densidade de aves citada anteriormente e a duração média de um lote de aproximadamente 45 dias.

Durante os lotes de criação, foram realizados manejos diários na granja, como, catação dos animais mortos, quebra da cama de frango, principalmente em locais compactados com ajuda de equipamentos específico com enxada rotativa até os 30 dias de vida das aves, regulagem de bebedouros e equipamentos de nebulização para que não haja molhamento da cama. A quebra da cama é realizada até um mês de vida das aves pois após esse período a passagem da máquina entre os animais causa desconforto e diminui o bem-estar das aves.

Para obtenção da quantidade necessária de cama de frango do experimento foi necessário até um ano de criação de frango de corte, o que representa seis lotes de aproximadamente sessenta dias, sendo quarenta e cinco dias com aves e mais quinze dias de vazio sanitário. Ao final de cada período de criação das aves, a cama de frango recebeu o tratamento comumente aplicado na granja durante o período de vazio sanitário, que se resume no amontoamento em leiras com aproximadamente um metro de altura, seguido do umedecimento atingiu 55% umidade, com vedação completa dos galpões, fermentação e viragem para a secagem da cama.

Ao final da etapa do período de coleta, um total de 4 toneladas de cama de frango foi obtido de cada um dos galpões (R6 e R3) para confecção dos tratamentos e posterior adubação do solo, sendo que a cama de frango foi armazenada em local coberto até a preparação das formulações e incorporação ao solo.

2.3 Preparação dos tratamentos

O material de cama retirado dos galpões foi 4 ton/galpão e ensacadas em sacos de 50 kg de ráfia e armazenado em local seco e protegido da chuva. Posteriormente, a cama de frango de cada galpão foi dividida em oito porções de quinhentos quilos cada, distribuídas sobre uma lona para evitar perdas durante a manipulação.

A confecção dos tratamentos consistiu da adição ou não de calcário calcítico e/ou ácido húmico/mineralizador. Para o tratamento com mineralizador com nome comercial SUPER da marca FERTAGRO – BIOSON ORGANICS, foram utilizados 20 litros do substrato líquido para cada tonelada de cama de frango, diluído em água, sendo esta a

concentração recomendada pelo fabricante. A quantidade de calcário calcítico aplicado nos tratamentos foi de aproximadamente 40% do peso da cama de frango utilizada. Após a aplicação dos produtos, as leiras dos tratamentos foram deixados durante 10 dias descobertos para fermentação aeróbica, realizando apenas uma revira da leira ao quinto dia de fermentação.

O mineralizador utilizado foi um produto obtido através de extração enzimática de bactérias e fungos, tendo assim, alta taxa de carbono. O produto atua como um condicionador de solo por fornecer matéria orgânica líquida na forma de ácidos húmicos de fúlvicos, sendo ideal para promover o equilíbrio físico-químico-biológico dos solos cultivados.

Segundo o fabricante, o mineralizador pode atuar também na estruturação física do solo, induzindo o desenvolvimento radicular quando adicionado a cama de frango. Além disso, aumenta a atividade biológica do solo, promovendo a liberação dos nutrientes fixados que estavam indisponíveis para a planta e diminui as perdas por lixiviação.

O produto utilizado é um fertilizante organomineral classe A cuja fórmula é enriquecida com NPK ligado aos ácidos húmicos, fúlvicos e carbono orgânico, sendo totalmente solúvel em água. As matérias primas utilizadas para fabricação são: turfa; cloreto de potássio; água; fosfato monoamônico cristal (MAP); uréia; e sulfato de amônio. As garantias de concentração no produto são: densidade = 1,20; N solúvel H₂O = 6,57% (78,84g/l); P₂O₅ solúvel H₂O = 1% (12g/l); K₂O solúvel H₂O = 1% (12g/l); e carbono orgânico = 3,00% (36g/l) (Imagem 1).

O outro produto utilizado para a confecção dos tratamentos foi o calcário calcítico (relação Ca:Mg de 30:1), recomendado para corrigir a acidez do solo, além disso, fornece cálcio e magnésio, macronutrientes indispensáveis para a nutrição das plantas. A aplicação do calcário visou aumentar a disponibilidade de elementos nutrientes para as plantas e permitir a maximização dos efeitos dos fertilizantes, e conseqüentemente, o aumento substancial da capacidade produtiva do solo¹⁸.



Imagem 1. Embalagem do mineralizador contendo a composição e produto na fase líquida.
Fonte: Arquivo pessoal

Os tratamentos confeccionados receberam as seguintes nomações:

- TRAT. R3: Cama de frango com três reusos (sem aditivos)
- TRAT. R3C: Cama de frango R3 + Calcário calcítico (C)
- TRAT. R3M: Cama de frango R3 + Mineralizador (M)
- TRAT. R3CM: Cama de frango R3 + C + M
- TRAT. R6: Cama de frango com seis reusos (sem aditivos)
- TRAT. R6C: Cama de frango R6 + C
- TRAT. R6M: Cama de frango R6 + M
- TRAT. R6CM: Cama de frango R6 + C+ M
- TRAT. SC: Aplicação de adubação mineral no momento do plantio (Tratamento aplicado somente ao solo)

Nos tratamentos que receberam o mineralizador, foram utilizados 20 l/ton de cama de frango mais água até que o composto atingisse 55% de umidade. Foi aplicada uma maneira prática e rápida de determinar a umidade aproximadamente desejada, apertando na mão uma quantidade do composto até que formasse um bolo em que as partículas se mantivessem unidas e sem gotejar (Imagem 2). A mistura foi feita usando uma betoneira e enleirada (1,20m de larura x 1,20m de altura).



Imagem 2. Adição de ingredientes para preparo do tratamento em betoneira e aferição da umidade da mistura através da prensa do composto na mão. Fonte: Arquivo pessoal

Para os tratamentos que receberam somente calcário na cama de frango com 6 ou 3 reusos (separadamente), o calcário foi adicionado na percentagem de 40%. Após a mistura do calcário na cama, o composto foi enleirado na mesma condição dos outros tratamentos.

Nos tratamentos que receberam calcário + mineralizador na cama de frango com 6 ou 3 reusos (separadamente), o calcário foi adicionado também na percentagem de 40%, além dos 20 litros de mineralizador por tonelada de cama de frango. Posteriormente, a homogeneização foi realizada na betoneira. Após a mistura e aferição da umidade através da prensa manual, o composto foi enleirado (1,2m largura x 1,2m altura) para que houvesse a fermentação necessária e medida a umidade com termohigrômetro da marca Hikari, modelo HTH-240 (Imagem 3).

Após 10 dias, foi retirada uma amostra (500gr) e enviada para um laboratório de análises de compostos orgânicos, onde foram realizadas as análises de composição orgânica e teores de macro e micronutrientes em duplicata através das determinações de fósforo solúvel em água (P), nitrogênio, fósforo solúvel em citrato neutro de amônio e água (CNA + H₂O), fósforo solúvel em ácido cítrico (CNA + H₂O), fósforo Total (P₂O₅), de potássio (K₂O), cálcio e magnésio em ICP (Ca e Mg), micronutrientes em ICP (Cu, Mn, Fe e Zn), cálcio, magnésio em AAS (Ca²⁺, Mg²⁺), micronutrientes em AAS (Cu, Mn, Fe e Zn), boro (B), enxofre (S), pH em CaCl₂ (pH/CaCl₂), umidade (H₂O) – composto orgânico (estufa elétrica à 65°C), umidade (H₂O) – composto orgânico (estufa elétrica à 105°C), digestão – fertilizante mineral, matéria orgânica (MO).

Foram realizadas análises de compostos orgânicos em todos os tratamentos para quantificação de pH (CaCl₂), CTC, umidade à 60-65°C, matéria orgânica total e carbono

orgânico. Os macronutrientes quantificados foram: nitrogênio total (N total), fósforo (P_2O_5), potássio (K_2O), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Os micronutrientes quantificados foram: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn).

O valor do nitrogênio total foi obtido através de digestão sulfúrica. Os nutrientes Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn foram quantificados através de digestão nítrico perclórica e determinação por ICP-OES.



Imagem 3. Betoneira para mistura dos tratamentos e enleiramento da cama de frango tratada com controle de temperatura e umidade. Fonte: Arquivo pessoal

2.4 Aplicação dos tratamentos ao solo e plantio do milho

As últimas etapas a campo foram a aplicação dos tratamentos no solo e o plantio do milho. Essa etapa foi realizada em uma área uniforme com solo de textura argilosa, utilizada para o plantio comercial com adoção do método de plantio direto de culturas anuais por mais de uma década.

A área experimental foi dividida em três blocos com os 9 tratamentos cada, totalizando 27 unidades experimentais (parcelas) em um delineamento em blocos inteiramente ao acaso. Cada parcela tinha dimensão de 5,4m de largura x 5m de comprimento, medindo 27 m².

Para caracterizar o solo utilizado foram realizadas coletas de solo para análise utilizando um trado holandês. Foram coletadas amostras compostas em triplicata, por se tratar de uma área que realiza SPD, de cada bloco antes do início da aplicação dos tratamentos. As análises foram realizadas no laboratório de agricultura de precisão utilizando os métodos de determinação de pH em $CaCl_2$, fósforo assimilável, fósforo remanescente (P rem), fósforo em resina (P res), potássio assimilável, cálcio, magnésio e

alumínio em ICP (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+}), acidez total do solo ($\text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$), matéria orgânica do solo (MO), enxofre (S), boro (B), micronutrientes/ICP (Cu, Fe, Mn e Zn) e textura (granulometria).

A análise de composição do solo foi realizada para quantificação dos macros, microminerais e os teores de qualidade química presentes em cada bloco antes de receber os tratamentos e o plantio do milho. A Tabela 1 apresenta os resultados de pH CaCl_2 , H + AL - solução tampão a pH 7,5 (cmolc dm^{-3}), MO - matéria orgânica (dag kg^{-1}), carbono total (CT) e os principais macronutrientes, P - fósforo (cmolc dm^{-3}), K - potássio (mg dm^{-3}), Ca - cálcio (cmolc dm^{-3}), S - enxofre (mg dm^{-3}) e Mg - magnésio (cmolc dm^{-3}).

Tabela 1. Resultados das análises em triplicata de solo inicial de pH, matéria orgânica (MO), carbono total % (CT), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), H+AL, saturação por alumínio % (m) dos blocos experimentais

BLOCOS	VARIÁVEIS									
	pH	MO	CT	P	K	S	Ca	Mg	H+Al	m
1	5,8	3,0	1,74	6,43	83	3	4,05	1,42	1,42	0,2
2	5,5	3,0	1,74	13,22	89	5	2,58	0,92	4,5	0,5
3	5,4	3,4	1,97	8,39	86	4	2,38	0,90	4,6	0,6

Nutrientes expressos em: P, Ca, Mg, H+AL - cmolc.dm^{-3} ; K, S - mg.dm^{-3} ; MO expressa em dag.kg^{-1} ; CT%; pH CaCl_2 ; H+AL - solução tampão pH a 7,5

Os valores encontrados nos blocos para pH estão dentro da normalidade para a fertilidade do solo, pois a melhor faixa de pH para produção das principais culturas anuais (soja, milho, feijão, sorgo, algodão e trigo) varia entre 5,5 – 6,5¹⁹. Solos que apresentam pH abaixo de 5,0 tendem a haver deficiência de elementos como Ca, Mn, Zn e aumento de materiais pesados. O pH entre 8,0 e 8,5 pode indicar ocorrência de carbonatos de cálcio e/ou magnésio livres e também baixa disponibilidade de P, Mn, Zn e Cu²⁰.

Os teores de MO estão dentro do esperado (entre 2,1 – 4,5 dag kg^{-1}) para um solo produtivo segundo Ribeiro¹⁹, que publicaram o Boletim de Recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais.

Analisando o S quanto a fertilidade do solo, todos os blocos encontraram-se abaixo do nível adequado ($>10 \text{ mg/dm}^{-3}$) para a produção de culturas anuais, dessa forma têm-se a necessidade de suplementar para a safra seguinte, pois ele faz parte de cada célula viva das plantas e é constituinte dos 21 aminoácidos que formam as proteínas, além disso,

ajuda a desenvolver enzimas e vitaminas, aumenta a resistência da planta ao estresse hídrico, controla doenças transmitidas através do solo, entre outros benefícios²¹.

Tabela 2. Resultados das análises em triplicata de solo inicial de alumínio (Al), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), soma das bases (SB), CTC efetiva (t), CTC pH 7,0 (T) e saturação por bases (V%) dos blocos experimentais

BLOCOS	VARIÁVEIS									
	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	SB	t	T	V%
1	0,01	0,26	0,44	31	15,1	2,49	5,68	5,69	9,2	61,7
2	0,02	0,20	3,75	44	16,3	2,15	3,73	3,75	8,2	45,5
3	0,02	0,26	0,71	41	18,4	2,31	3,60	3,47	8,1	42,6

Nutriente expressos em: Al - cmolc.dm^{-3} ; B, Cu, Fe, Mn, Zn - mg.dm^{-3} .

Os resultados de todos os tratamentos analisados para Al, apresentam-se dentro dos níveis esperados ($\text{Al} < 0,2$) para um solo apto para produção. Os resultados de B estão em níveis baixos, havendo a necessidade de complementar através de adubação mineral, de preferência no momento do plantio ou através de adubação foliar nas próximas safras.

A SB representa a soma das bases presentes no solo, ou seja, dos elementos K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} . A interpretação desse dado não tem aplicação prática, pois ela é estimada para auxiliar nos cálculos da CTC total (T), CTC efetiva e da saturação por bases (V%). Porém os resultados encontrados para SB dos tratamentos encontram-se dentro da média (entre 3,6 – 6,0 cmolc/dm^3) para um solo produtivo¹⁹.

A saturação por bases (V%) é a soma das bases trocáveis expressas em porcentagem da capacidade de troca de cátions. A V% é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo. Solos com $\text{V\%} \geq 50$ são considerados solos eutróficos (férteis), solos com $\text{V\%} < 50$ são solos distróficos (pouco férteis)¹⁴. No caso dos dois resultados dos blocos (blocos 2 e 3) que a apresentaram $\text{V\%} < 50$, pode ser indicativo de que há pequenas quantidades de cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) saturando as cargas negativas dos colóides e que a maioria delas está sendo neutralizada por H^+ e Al^{3+} , indicando assim uma necessidade de calagem do solo para a próxima safra.

Assim, os nove tratamentos aplicados ao solo foram os oito tratamentos que tinham como base a cama de frango com diferentes reusos mais o controle negativo: TRAT. SC - Controle negativo, sem cama de frango - somente adubação mineral.

A quantidade de cada tratamento que continha cama de frango aplicado ao solo foi de 4 toneladas por hectare, sendo que cada parcela tinha dimensão de 27 m^2 , as unidades

experimentais receberam a aplicação de 10,8kg do respectivo tratamento. Os tratamentos foram aplicados a lanço sem incorporação ao solo quinze dias antes do plantio da cultura do milho.

O plantio do milho foi realizado no dia 18 de dezembro de 2016 com o uso de plantadeira de plantio direto de grãos graúdos (Modelo PSM 112, Marca SEMEATO) com nove caixas para reservatório de sementes e espaçamento de 60 cm entre linhas.

O milho utilizado foi um híbrido cultivar 30F53VYH, da marca PIONEER[®]. A semente utilizada de alta tecnologia e com transgenia Leptra[®], que é a combinação das tecnologias Agrisure Viptera, YieldGard, Herculex1 e Liberty Link, que auxiliam no controle das principais pragas que atacam a cultura do milho, sendo eles insetos da ordem *Lepdoptera*. A semente contém tratamento industrial com inseticida Dermacor[®] (DuPont Pioneer[®]), fato importante quando se trata principalmente de semente de alto potencial produtivo, pois reduz o possível desafio para a cultura logo após o plantio.

A densidade utilizada foi de 4 plantas/m linear, com espaçamento de 60 cm entre linhas de plantio e totalizando 66.400 plantas/ha, como normalmente empregado no cultivo do milho na região.

No momento do plantio, foi utilizada adubação mineral basal em todos os tratamentos, com 220 kg/ha do adubo formulado misto NPK 05.25.15, da marca Adubos HERINGER. A adubação de cobertura foi realizada em todos os tratamentos com aproximadamente 40 dias após o plantio com uréia (NPK 45.00.00) na concentração de 150 kg/ha. Ao todo, a adubação basal forneceu os seguintes nutrientes: 11 kg de N/ha; 55 kg de P₂O₅/ha e 33 kg de K₂O/ha. A adubação de cobertura forneceu somente N na quantidade de 67,5 kg de N/ha.

Todos os tratos culturais realizados no manejo da lavoura comercial em área anexa foram aplicados também no experimento, incluindo os tratamentos fitossanitários: pulverizações com pulverizador de arrasto da marca JACTO 2.000L até os 50 dias da cultura, além de mais duas pulverizações aéreas em datas distintas com os defensivos fungicidas e inseticidas.

Quando o milho se encontrava com 120 dias após o plantio, no estágio de maturidade fisiológica (R6) apresentando grãos com umidade ideal para a colheita (15% umidade), foram coletadas 10 espigas de cada unidade experimental, totalizando 270 espigas, para debulha manual e realização do cálculo de produtividade utilizando uma balança de precisão de 0,01g (Marca Bel) no LNA²².

2.5 Avaliação nos grãos e espiga

As amostras de parte aérea e espigas foram transportadas para o Laboratório de Nutrição Animal (LNA) da Universidade de Brasília (UnB) na Fazenda Água Limpa (FAL). Antes da debulha, as espigas separadas da parte aérea foram pesadas com o sabugo e, posteriormente à debulha, foi realizado o peso unitário que foi utilizado para o cálculo de produtividade. O cálculo da produtividade foi realizado calculando a média dos pesos das espigas de cada tratamento por bloco.

Na sequência foi realizada a debulha manual em batedor marca Botini e, posteriormente, amostras dos grãos de milho foram pré-secas em estufa de circulação de ar (65°C por 72 horas), e posteriormente secas em estufa a temperatura de 105° graus por 3 horas para obtenção do peso definitivo para o cálculo da massa seca²² (Imagem 4).



Imagem 5. Debulha manual do milho no LNA. Fonte: Arquivo pessoal.

Para a realização das análises bromatológicas e do perfil aminoacídico dos grãos foi realizado um pool de todas as espigas de cada unidade experimental, as amostras homogêneas e moídas. A moagem dos grãos foi realizada usando um moinho de bancada modelo TE – 631, da marca Tecnal. Uma contra-prova dos grãos foi armazenada separadamente por espiga, embalados à vácuo e armazenados em congelador a temperatura de -18°C.

Parte das amostras moídas de grãos foram enviadas para a empresa EVONIK INDUSTRIES na Alemanha responsável pela realização das análises bromatológicas e perfil de aminoácidos, por meio de espectroscopia NIR, que determina os teores nutricionais e o perfil aminoacídico do milho em comparação com curva padrão. As análises bromatológicas realizadas nas amostras de milho foram, proteína bruta, perfil

amonoacídico, extrato etéreo, cinzas, fibra bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, matéria seca, nível de amônia, teor de açúcar e teor de amido.

O perfil aminoacídico do milho quantificou os aminoácidos metionina (Met), cistina (Cis), metionina + cistina (Met+Cis), lisina (Lis), treonina (Tre), triptofano (Trp), arginina (Arg), isoleucina (Ile), leucina (Leu), valina (Val), histidina (His), fenilalanina (Phe), glicina (Gli), serina (Ser), prolina (Pro), alanina (Ala), ácido aspártico (Asp) e ácido glutâmico (Glu).

As análises brotatólogicas realizadas nas amostras de milho como, matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nível de amônia (NH_3), teor de açúcar (ACU), teor de amido (AMD), e fósforo (P) foram realizadas pela empresa EVONIK[®] por meio da tecnologia NIR (Near-Infrared Reflectance) pela ferramenta analítica AMINOProx[®].

3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos nas análises de solo, nos tratamentos à base de cama de frango, altura de planta (m), inserção da primeira espiga (m), massa seca (g), produtividade em kg, produtividade em sacas/ha e composição bromatólogicas do milho foram analisados utilizando o software R, com comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição química dos tratamentos à base de cama de frango

Tabela 3. Resultados médios de duplicatas dos tratamentos a base de cama de frango para composição química, de macronutrientes e micronutrientes

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS								CV%	P value
	R3	R3C	R3M	R3CM	R6	R6C	R6M	R6CM		
UMID	7,52 ^b	4,87 ^b	18,29 ^a	12,49 ^a	5,70 ^b	4,69 ^b	9,51 ^b	16,15 ^a	46,74	0,012
pH	7,33 ^b	7,63 ^b	8,12 ^a	8,22 ^a	7,42 ^b	7,52 ^b	8,10 ^a	7,80 ^b	3,87	0,011
CTC	551,0 ^a	325,3 ^b	641,3 ^a	365,3 ^b	609,7 ^a	238,0 ^b	466,0 ^a	384,7 ^b	31,69	0,030
MO	59,88	61,05	61,02	61,60	59,72	61,60	61,26	62,05	2,19	0,496
CO	34,69	35,41	35,39	35,78	34,71	35,73	35,53	36,00	2,21	0,472
N	3,35 ^a	2,00 ^b	3,49 ^a	2,89 ^a	2,86 ^a	1,92 ^b	1,88 ^b	2,23 ^b	24,20	0,024
C/N	30	30	30	30	30	30	30	30	0	/
P	2,14	0,87	2,94	0,80	1,07	4,34	2,69	0,97	68,06	0,046
K	3,32	0,16	3,84	0,46	3,66	0,57	3,87	1,28	106,94	0,208
Ca	2,18 ^b	21,98 ^a	2,95 ^b	21,72 ^a	2,64 ^b	20,06 ^a	10,97 ^b	15,59 ^a	49,41	0,001
Mg	0,49 ^b	1,83 ^a	0,56 ^b	1,84 ^a	0,59 ^b	1,75 ^a	1,22 ^a	1,53 ^a	34,28	0,001
S	0,17	0,11	0,27	0,29	0,27	0,08	0,32	0,19	11,11	0,714
B	0,02 ^b	0,02 ^b	0,06 ^a	0,02 ^b	0,02 ^b	0,01 ^b	0,04 ^a	0,03 ^b	43,30	0,006
Cu	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	84,47	0,466
Fe	0,07 ^b	0,05 ^b	0,14 ^a	0,13 ^a	0,13 ^a	0,07 ^b	0,14 ^a	0,16 ^a	34,16	0,022
Mn	0,03	0,01	0,04	0,03	0,04	0,01	0,04	0,05	46,64	0,069
Zn	0,04	0,05	0,06	0,04	0,07	0,03	0,06	0,06	54,62	0,534

CV: Coeficiente de variação (%). ^{a,b}Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (5%). UMID. = umidade à 60-65°C; pH = CaCl₂ 0,01M (Ref. 1:5); CTC mmol L⁻¹; MO = matéria orgânica; CO = carbono orgânico; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; B = boro; Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; Zn = zinco; C/N = Relação carbono/nitrogênio. Tratamentos - R3 = cama com 3 reusos; R3C = cama com 3 reusos + calcário calcítico; R3M = cama com 3 reusos + mineralizador; R3CM = cama com 3 reusos + calcário calcítico + mineralizador; R6- cama com 6 reusos; R6C = cama com 6 reusos + calcário calcítico; R6M = cama com 6 reusos + mineralizador; R6CM = cama com 6 reusos + calcário calcítico + mineralizador.

Resultados estatísticos significativos ($P \leq 0,05$) para umidade foram encontrados nos tratamentos R3CM e R6CM, esses resultados podem ter sido influenciados principalmente pela adição do mineralizador aos tratamentos, mantendo assim, a cama mais úmida através do processo de decomposição. Com base nisso, os resultados dos

tratamentos que receberam somente calcário calcítico em pó se justificam. Sugerindo ainda que, a alta capacidade de absorção de umidade do calcário calcítico reduziu a atividade das bactérias produtoras de amônia e reduzindo o pH da cama, como pode ser vista na Tabela 1.

Dados contrários a este estudo foram encontrado por diversos autores, que afirmam que o uso de condicionadores químicos, geralmente não afetam o teor de matéria seca, como a adição de sulfato de alumínio²³, de cal hidratada²⁴, de gesso agrícola²⁵ e superfosfato²⁶.

Corroborando com os autores citados acima, Oliveira²⁷ não encontraram diferença significativa na umidade dos tratamentos que receberam adição de condicionadores a cama de frango com um, dois e três lotes de reutilização. Em contra-partida, Santos²⁸ encontraram resultados de umidade em cama de frango com dois lotes com valores 21,33% superiores ao presente estudo, com densidade de 10 aves/m².

Verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,05$) para a variável pH para os tratamentos R3CM, R3M e R6M, variando de 8,22 - 8,10, sendo esses valores um indicativo de uma boa compostagem do tratamento, fator esse, que pode ter sido favorecido pela adição do mineralizador, que tende a acelerar o processo de decomposição. Segundo Kiehl²⁹ o pH mais alcalino ($pH > 7$) é favorável para a decomposição, pois é uma faixa ótima para o desenvolvimento das bactérias e fungos no composto, sendo assim, indicativo de que ácidos foram decompostos e completamente oxidados, estabilizando o composto final.

Seguindo a linha de raciocínio, Jeffrey³⁰ afirma que o pH da cama de frango pode variar de fracamente alcalino (pH 9,0) decaindo para levemente ácido (pH 6,0), sendo que essa variação pode abranger uma amplitude que permite a multiplicação da maioria das bactérias na cama de frango. Porém uma forma de reduzir o impacto bacteriano na cama de frango reutilizada é a diminuição do pH, que conseqüentemente reduz a volatilização da amônia, evitando danos ao aparelho respiratório dos animais³¹.

Os altos valores de pH encontrados nesse trabalho podem ter sido influenciados por diversos fatores, incluindo a dissociação de produtos alcalinos que estão presentes na composição da dieta das aves, a transformação do ácido úrico em uréia e os produtos usados no momentos do vazão sanitário como desinfetantes da cama de frango^{32,33}.

Os resultados desse trabalho corroboram com Oliveira²⁷, que trabalharam como cama nova e reutilizada avaliando teor de umidade, pH e amônia volatilizada. Os valores de pH obtidos pelos autores foram similares em 4 tratamentos utilizando cama de frango,

sendo eles, cama de frango com adição de cal hidratada (pH 7,85), cama reutilizada por dois lotes sem adição de produto (8,04), cama de frango com adição de sulfato de alumínio (pH 7,04) e cama nova (pH 7,66), porém, os autores constataram menor pH com a adição de gesso agrícola (pH 6,97), comparado à adição de sulfato de alumínio e cal hidratada.

Valores similares desse trabalho foram encontrados quando analisados diferentes tipos de camas de frango na adubação do milho (cama crua e cama decomposta)³⁴. Analisando as duas camas de frango, o pH encontrado foi 8,0 na cama crua e 8,8 na cama decomposta. Guerra-Rodriguez³⁵ relatam resultados similares na composição química da cama de frango para pH (8,8).

Dados similares foram encontrados em 165 amostras de cama de frango de diferentes granjas produtoras de frango de corte, onde obtiveram valor de pH alcalino, com média de 7,8 e matéria seca na média de 64,3%³⁶. Silva³⁷ avaliaram a velocidade de decomposição de cama de frango comparado com esterco bovino e esterco misto (cama de frango + esterco bovino), sendo que a cama decompôs em menos tempo comparado aos outros tratamentos por consequência do pH dos compostos.

Em estudo que realizou a adição de calcário dolomítico a cama de frango com capim elefante, foi realizada a medição do pH da cama em dois momentos da vida do frango, aos 21 e aos 42 dias, e em cinco lotes consecutivos. Nas 10 medições realizadas ao total do experimento o pH manteve-se entre 8,33 e 9,56, valores esse desejados para que haja uma boa fermentação da cama de frango³⁸.

Independente dos resultados estatisticamente superiores nos tratamentos R3CM, R3M e R6M, todos os demais tratamentos tiveram uma decomposição bem efetuada (pH 7,33 – 8,10), pois resultados de pH < 5,5 são indicativos de processos anaeróbicos no interior da leira de compostagem ou falta de maturação devido à curta duração do processo.

Verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,05$) para a variável CTC nos tratamentos R3, R6, R3M, R6M (Tabela 3). Os valores encontrados mostram-se interessantes pois a CTC representa a quantidade total de cátions retidos a superfície em condições permutáveis ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), ou seja, o tratamento mostrou-se com maior capacidade de substituição de nutrientes presos aos colóides de solo para liberação para absorção pelas plantas. Podendo dessa forma, diminuir a quantidade de adubo e calagem nas próximas safras com o constante uso de cama de frango¹⁴.

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre as médias dos tratamentos para os teores de MOT, porém, os valores encontrados são coerentes para o uso como adubo orgânico e condicionador do solo. Müller³⁹ encontrou valor próximo ao desse trabalho para MOT em esterco de aves puro (65%). Valor superior foi encontrado por, que analisaram cama de frango e obtiveram 82% de MOT, porém o autor não cita qual o produto foi utilizado como material absorvente da cama de frango.

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre as médias dos tratamentos com relação ao teor de CO. Guimarães et al. (2016) encontraram o mesmo resultado para CO na análise de cama de frango utilizada para a produção de cana-de-açúcar.

A relação C/N encontrada nos tratamentos está de acordo com a literatura para uma boa decomposição (30:1), pois caso essa relação estivesse muito baixa, o composto iria se deteriorar com facilidade e haveria a criação de chorume, sendo um sinal de que a umidade estaria muito superior ao limite, e caso esse valor estivesse muito alto, a decomposição demoraria mais tempo para acontecer.

Além disso, essa relação é um índice fundamental para o crescimento dos microorganismos presentes no composto, pois eles necessitam de carbono para o fornecimento de energia e o nitrogênio para a síntese de proteína, podendo assim haver uma boa decomposição⁴¹. Valor similar foi encontrado por Zhu⁴², que afirma ser essa a relação mais favorável para a decomposição da cama de frango.

Comparando o uso de casca de arroz e palhada de soja na compostagem de cama de frango, Abreu⁴³ encontraram melhores valores C/N na palhada de soja, atingindo os níveis que a legislação recomenda como produto de melhor qualidade para essa finalidade. Porém, quando analisados os dados zootécnicos da criação de frango com palhada de soja X casca de arroz, Abreu⁴⁴, constataram que houve melhor interação de cama X idade (peso final e conversão alimentar) nas aves criadas na casca de arroz como material absorvente.

Na cama com três lotes a proporção de casca de arroz/excreta é diferente do que na cama com seis lotes. A reposição de casca de arroz em um lote com cama de frango reutilizada é somente no pinteiro, portanto diminui essa relação ao longo do reuso da cama de frango em outros lotes. Porém, para que haja uma boa decomposição da matéria orgânica tem que haver uma relação entre o balanço de parte seca e parte úmida (casca de arroz/excreta), sendo que essa relação está em melhor proporção quando se tem camas com menos reuso.

Fato esse que não foi observado na relação C/N, pois todos os tratamentos apresentaram o mesmo valor. Porém alguns fatores devem ser levados em consideração quanto ao reaproveitamento da cama de frango, como por exemplo, acúmulo não somente de excretas como de ração que é desperdiçada na cama, quantidade de produtos utilizados ao longo dos lotes (cloro, vitaminas, medicamentos), uso de produtos para controlar insetos, produtos aplicados no manejo do vazão sanitário, entre outros. Todos esses fatores podem influenciar na forma como a decomposição da cama reage ao longo do tempo.

Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) para os macronutrientes P, K e S entre os compostos. Corroborando com o resultado, Palhares (2012) analisou camas de frango com diferentes reusos, com um, três e seis lotes, e também não encontrou diferença significativa ($P > 0,05$) para os teores de P e K.

Os tratamentos que receberam calcário calcítico + mineralizador e somente calcário, (R3C, R6C, R3CM, R6CM), com exceção do tratamento R6M que apresentou valor significativo para Mg, apresentaram resultados superiores ($P \leq 0,05$) aos demais tratamentos para os macronutrientes Ca e Mg. Os resultados desses tratamentos podem ter sofrido influência da adição de calcário calcítico, que contém Ca e Mg em sua composição, que pode ser visto ao comparar com os demais tratamentos que não receberam a adição do produto.

Porém, esses valores podem demonstrar que cada tratamento constituem-se de estruturas distintas, que influenciam diferentemente a atividade microbiana. Essa observação é confirmada por Petersen⁴⁵, que afirmaram que a estrutura dos diferentes compostos orgânicos influenciam a magnitude e a direção das atividades microbianas e consequentemente a característica nutricional do produto.

Valores estatisticamente superiores ($P \leq 0,05$) para N foram observados no tratamentos R3, R6, R3M, R3CM em relação aos demais. Valores próximos aos encontrado nesse trabalho foram observados por Rogeri³⁶ ao analisarem a caracterização química de 165 amostras de camas de frango de diferentes granjas de criação de frangos de corte na Região Sul do Brasil, e encontraram teores médios de N de 2,2% (variando de 1,1 a 4,4%), P_2O (3,0%) e K_2O (2,9%) e relação C/N de 11,2 (variando de 9,2 a 18,1). Esse resultado sugere a liberação imediata de N no solo, sem que ocorra a imobilização microbiana.

Dados convergentes foram encontrados em trabalho onde perceberam um aumento proporcional de nutrientes em camas de frango reutilizadas, principalmente de P e K que não são perdidos para o ambiente por volatilização⁴⁶. Todavia, conforme o

resultado do presente trabalho e estudos na literatura, a quantidade absoluta de nutrientes existentes em diferentes camas de frangos podem variar ou não, sugerindo assim, que a quantidade de reutilizações da cama de frango não pode ser um critério para estimar a composição química dos compostos⁴⁷.

Contrapondo com os dados encontrados, resultados de estudo mostrou que a característica de adubos orgânicos em diferentes dias de decomposição e observou-se que o Ca ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) sofreu um decréscimo do longo do período de incubação da cama de frango pura (dia 0 – 5,3; dia 60 – 3,3; dia 160 – 2,1) e do composto de esterco de aves (dia 0 – 7,6; dia 60 – 2,5; dia 160 – 2,4). E o mesmo decréscimo foi valorado para o teor de Mg ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) no esterco de aves ao longo dos dias de incubação (dia 0 – 9,5; dia 60 – 9,7; dia 160 – 7,1) e redução também no composto de esterco de aves (dia 0 – 7,8; dia 60 – 4,8; dia 160 – 4,1)³⁹.

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para os valores de Cu, Mn e Zn. Como os produtos adicionados para confecção dos tratamentos não apresentavam adição desses micronutrientes as suas fórmulas, não esperava-se grande alteração nos valores.

Houve diferença significativa ($P\leq 0,05$) nos resultados dos tratamentos R3M, R6M, R3CM, R6CM em relação aos demais tratamentos para o micronutriente Fe. Ambos os tratamentos receberam o mineralizador, podendo ser esse um fator que sugere o aumento desse nutriente, pois há presença de ácidos fúlvicos no composto, podendo ter influenciado os valores superiores encontrados.

Houve diferença significativa ($P\leq 0,05$) nos resultados dos tratamentos R3M e R6M em relação aos demais tratamentos para o micronutriente B. O valor encontrado foi superior a maioria dos trabalhos realizados com cama de frango presentes na literatura. Carvalho et al. (2011) ao analisarem a cama de frango encontrou valor de B de 0,046%, sendo esse, abaixo do valor significativo encontrado nesse trabalho.

Em comparação aos outros tratamentos deste trabalho, pode-se sugerir que o mineralizador tenha agido na matéria orgânica no momento da decomposição e possa haver disponibilizado o micronutriente em maior quantidade nos tratamentos R3M e R6M. Pois sabe-se que no processo de maturação do composto orgânico, a matéria orgânica se complexa e as substâncias húmicas presentes são sintetizadas, sendo o processo final da evolução dos compostos de carbono⁴⁸. A maturação completa do material orgânico é importante pois frações de baixo peso molecular podem estar em quantidades desproporcionais no composto, principalmente de ácidos fúlvicos, que deve ser o primeiro ácido a ser sintetizado, formando assim novos produtos⁴⁹.

4.2 Composição final do solo

Tabela 4. Resultados médios em triplicatas após a colheita do milho para composição química, de macronutrientes e micronutrientes do solo

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS									CV%	P value
	SC	R3	R3C	R3M	R3CM	R6	R6C	R6M	R6CM		
pH	5,57	5,57	5,57	5,50	5,50	5,53	5,47	5,70	5,73	2,18	0,227
MO	2,70 ^b	3,27 ^a	3,33 ^a	3,33 ^a	3,23 ^a	3,30 ^a	3,27 ^a	3,27 ^a	3,23 ^a	7,07	0,025
CT	1,57	1,90	1,93	1,93	1,87	1,91	1,90	1,90	1,87	7,07	0,897
P	8,94	9,57	8,24	10,68	11,86	12,03	15,79	12,56	16,12	24,48	0,269
K	35,33	37,33	31,67	36,67	45,33	49,67	45,33	37,33	36,33	25,40	0,356
S	5,3 ^b	7,00 ^b	6,33 ^b	6,00 ^b	9,00 ^a	7,33 ^a	7,33 ^a	7,00 ^a	7,67 ^a	15,86	0,001
Ca	3,14	3,05	3,10	2,78	2,85	3,04	2,60	3,62	3,79	17,03	0,253
Mg	1,03	1,01	0,99	0,96	0,97	1,00	0,93	1,22	1,30	17,41	0,309
H+Al	3,67	3,83	3,83	3,87	3,80	3,97	4,03	3,53	3,43	14,70	0,915
m%	0,43	0,40	0,50	0,43	0,43	0,47	0,53	0,33	0,27	10,10	0,569
Al	0,017	0,017	0,020	0,017	0,017	0,020	0,020	0,013	0,013	10,40	0,482
B	0,09 ^b	0,12 ^b	0,13 ^b	0,10 ^b	0,09 ^b	0,17 ^a	0,19 ^a	0,16 ^a	0,20 ^a	27,88	0,002
Cu	0,56	0,64	0,53	0,67	0,60	0,74	0,66	0,65	0,50	82,25	0,520
Fe	29,67 ^b	28,00 ^b	29,00 ^b	27,00 ^b	29,33 ^b	27,67 ^b	35,00 ^a	25,67 ^b	26,00 ^b	15,38	0,038
Mn	7,87 ^b	7,93 ^b	6,13 ^b	6,83 ^b	6,27 ^b	9,17 ^a	7,77 ^b	9,37 ^a	10,10 ^a	15,50	<0,001
Zn	1,45 ^c	2,66 ^b	1,61 ^c	2,35 ^b	3,12 ^a	3,95 ^a	2,86 ^a	3,22 ^a	2,53 ^b	19,90	<0,001
SB	4,26	4,16	4,17	3,83	3,94	4,17	3,64	4,93	5,19	18,90	0,265
t	4,28	4,17	4,19	3,84	3,95	4,19	3,66	4,94	5,20	15,60	0,270
T	7,93	8,00	8,03	7,70	7,73	8,10	7,67	8,47	8,63	12,20	0,125
V%	53,40	51,87	51,90	49,43	50,53	51,40	47,17	56,23	59,10	24,4	0,238

CV: Coeficiente de variação (%). ^{a,b} Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (5%). pH = potencial hidrogeniônico; MO = matéria orgânica; CT = carbono total; P = fósforo; K = potássio; S = enxofre; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+AL = hidrogênio + alumínio; m% = saturação por alumínio; Al = alumínio; B = boro; Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; Zn = zinco; SB = soma das bases; t = CTC efetiva; T = CTC pH 7,0; V% saturação de base. Nutriente expresso em cmolc.dm⁻³: Al. Nutrientes expressos em mg.dm⁻³: B, Cu, Fe, Mn e Zn. Tratamentos - R3 = cama com 3 reusos; R3C = cama com 3 reusos + calcário calcítico; R3M = cama com 3 reusos + mineralizador; R3CM = cama com 3 reusos + calcário calcítico + mineralizador; R6 = cama com 6 reusos; R6C = cama com 6 reusos + calcário calcítico; R6M = cama com 6 reusos + mineralizador; R6CM = cama com 6 reusos + calcário calcítico + mineralizador;

Não foi observada diferença estatística ($P > 0,05$) nos valores de pH e V entre os tratamentos analisados. Essas duas variáveis estão relacionados a acidez do solo, o pH e V, e esses dois apresentam correlação estreita entre si. Os valores encontrados nos tratamentos para pH estão dentro da normalidade para a fertilidade do solo, pois a melhor faixa de pH para produção das principais culturas anuais (soja, milho, feijão, sorgo, algodão e trigo) varia entre 5,5 – 6,5.

O pH mede a acidez ativa do solo, que é a atividade de H^+ presente na solução, e pode variar ao longo do tempo conforme o manejo do solo, cultivos sucessivos e adubações. As plantas absorvem nutrientes de carga positiva (K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , etc.) e liberam H^+ das raízes para a solução do solo, o que reduz o pH¹⁹. Além disso, solos que apresentam pH abaixo de 5,0 tendem a haver deficiência de elementos como Ca, Mn, Zn e outros materiais pesados. O pH entre 8,0 e 8,5 pode indicar ocorrência de carbonatos de cálcio e/ou magnésio livres e também baixa disponibilidade de P, Mn, Zn e Cu^{20} .

Os resultados encontrados para V% (saturação de bases) dos tratamentos é um excelente indicativo das condições gerais da fertilidade do solo. Pois os solos podem ser divididos de acordo com a V%, onde solos que apresentam $V\% \geq 50\%$ são considerados solos eutróficos (férteis) e solos com $V\% < 50\%$ são solos distróficos (pouco férteis). Sendo que a maioria dos tratamentos apresentaram uma classificação como solos eutróficos, mesmo após a colheita da cultura do milho.

Os resultados encontrados na Tabela 2 para V% das análises de solo inicial, mostrava que dois dos blocos (2 e 3) necessitavam de correção através da calagem por apresentarem V% abaixo de 50. Dessa forma, analisando os dados das análises de solo após a colheita da cultura (Tabela 4), o V% pode-se tornar um bom indicativo de que mesmo após a produção de uma safra de plantio da cultura de milho, o solo apresentou-se mais fértil que anteriormente a produção.

Embora esses resultados de V% mostrem-se promissores para o uso dos compostos orgânicos na adubação de culturas anuais, pouco se conhece sobre a influência desses fertilizantes sobre os atributos do solo ao longo dos anos.

Verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,05$) nos valores de MO em todos os tratamentos que receberam cama de frango quando comparados ao tratamento que não recebeu cama de frango. Os valores de MO dos tratamentos que receberam cama de frango variou entre 3,23 – 3,33 $dag\ kg^{-1}$, enquanto o tratamentos SC obteve resultado de 2,70 $dag\ kg^{-1}$. Mesmo apresentando diferença estatística entre os tratamentos, os teores de MO estão dentro do esperado (entre 2,1 – 4,5 $dag\ kg^{-1}$)¹⁹.

Os níveis encontrados nas análises de solo dos blocos antes da implementação da cultura (Tabela 1) e nas análises de solo após a colheita do milho (Tabela 4), mostraram valores muito próximos para MO, sugerindo que a quantidade de cama de frango utilizada no experimento como adubo orgânico conseguiu manter o nível de MO dentro do esperado para um solo produtivo e que realiza plantio direto. Canellas⁵⁰ pereberam alterações químicas e melhoria na fertilidade, aumento e qualidade da matéria orgânica no solo de lavoura de plantio de cana-de-açúcar com adubação de composto orgânico.

A melhoria no solo com a utilização de cama de frango na adubação, será possivelmente vista a medida que o reuso do composto como adubo seja realizado, pois embora certa fração do composto seja decomposta e liberada em curto período após a aplicação, outra fração é transformada em húmus, sendo esse um produto mais estável, e dessa forma, os nutrientes e elementos presentes nessa porção de solo serão liberados mais lentamente⁵¹. Por isso a importância do uso a longo prazo desse tipo de adubo.

Quando comparados esterco de ovino com cama de frango aplicados ao solo para avaliação de resíduo de matéria orgânica, o esterco de ovino foi o resíduo que proporcionou os maiores teores ao longo das avaliações ($P < 0,05$)⁵². Resultados semelhantes foram observados por Ernani e Gianello⁵³, que verificaram que os teores de matéria orgânica não foram alterados pela adição de esterco de galinha e esterco de bovino.

Em trabalho realizado com o intuito de verificar a estrutura física do solo, foram aplicados 3 tratamentos (cama de frango peletizada; 134 kg ha^{-1} de N; sem fertilizante) em lavoura de algodão por quatro anos consecutivos para analisarem as propriedades físicas e hidráulicas em solo argiloso. As medições foram realizadas na profundidade de 0 – 15 cm e constataram que a cama de frango peletizada melhorou as características físicas do solo, entre elas, reduziu a densidade aparente, a resistência a penetração, melhorou a estabilidade dos agregados, a condutividade, a infiltração hidráulica saturada, a capacidade de campo e a água disponível para as plantas. Sendo essas todas características que o alto teor de MO agregam ao solo⁵⁴.

Houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) nos valores de S para os tratamentos R3CM, R6, R6C, R6M, e R6CM em comparação com os demais (Tabela 4). Com exceção do R3CM, todos os demais tratamentos que apresentaram valores significativos são com cama de frango com 6 resusos, sugerindo maior acúmulo do S a medida que se reutiliza mais vezes a cama de frango.

Além disso, observa-se que nos tratamentos que receberam calcário calcítico + mineralizador (R3CM, R6M e R6CM) esse aumento no S pode-se dar através do mineralizador, onde diferentes modificações ocorrem no composto, principalmente pela presença de ácidos fúlvicos e maior teor de microorganismos no mesmo. Segundo Bettany⁵⁵ as frações ou componente da matéria orgânica apresentam proporções das diversas formas de enxofre. O ácidos fúlvicos são componentes de baixo peso molecular e contêm maior porcentagem de enxofre reduzível. Fato esse que pode ter influenciado o tratamento R3CM a apresentar maior teor de S em sua composição.

Analisando o S quanto a fertilidade do solo, todos os tratamentos encontraram-se abaixo do nível ($>10 \text{ mg/dm}^{-3}$) adequado para a produção de culturas anuais (entre $5,3 - 9,0 \text{ mg/dm}^{-3}$). Necessitando dessa forma, uma reposição do nutriente na safra seguinte, pois a maior parte do S elementar é encontrado na matéria orgânica do solo e é a principal fonte de íon sulfato (SO_4^{-2}). O S é um macronutriente que está associado com a síntese do metabolismo do nitrogênio, atuando como controlador hormonal para o crescimento e desenvolvimento, e auxiliando a planta na defesa contra pragas e doenças⁵⁶.

Ao valores de CT não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos (Tabela 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Camilotti⁵⁷ que trabalharam com lodo de esgoto e vinhaça, e por Costa⁵⁸ que utilizaram na adubação cama de peru, e ambos não verificaram aumento no CT, mesmo com a adição de material orgânico, atribuindo-se isso ao processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica do solo.

Corroborando com os dados, Frossard⁵⁹ aplicaram cama de frango na adubação de culturas anuais e analisando o solo, não encontraram impactos nas concentrações e nas relações C/N/P. Segundo Andreola⁶⁰, a adição de material orgânico ao solo, em especial aqueles com baixa relação C/N, tende inicialmente interferir na ação dos microorganismos decompositores, que além do material adicionado, decompõem o carbono (C) de baixa qualidade preexistente.

Em contrapartida, o C contido no composto orgânico é de difícil degradação e mais estável, uma vez que parte desse composto encontrasse humificada. Dessa forma, aplicações sucessivas de compostos orgânicos ao solo contribuem para a elevação gradual dos teores de CT. Em SPD naturalmente haverá maior teor de CT no perfil mais superficial (camada de $0 - 20\text{cm}$), basicamente pelo acúmulo de resíduos orgânicos e menor decomposição, pois não há revolvimento de solo⁶¹.

Analisando diferentes compostos orgânicos, Zhang⁶² aplicaram em área com plantio de capim a cama de frango, 3 tipos de esterco de vacas leiteiras e esterco de cavalo nas concentrações de 25 ou 50 mg MS ha⁻¹ para analisar a quantidade de nutrientes que esses compostos agregam ao solo e a lixiviação aos corpos d'água. A cama de frango forneceu mais que o dobro do total de N (nitratos -NO₃- e amônia - NH₄+) e P em comparação aos demais tratamentos e a captação de N pelo capim reduziu as concentrações de NO₃- no solo. Porém, a cama de frango apresentou maior risco de lixiviação de NO₃- e carga de P do que os demais tratamentos.

Corroborando com os dados acima citados, Smith⁶³ estudaram a aplicação de cama de frango em área de plantio frequente e em área de pastagem para analisar o escoamento de C, N e P para cursos d'água. Após análises do solo onde foram aplicados esse composto, puderam observar maior incremento desses nutrientes em ambas as áreas e também o aumento desses nutrientes nos cursos d'água analisados.

Conforme interpretação do Boletim Técnico 100 do IAC⁶⁴, os teores de P dos tratamentos (Tabela 4) apresentaram valores baixos para culturas anuais (entre 7 – 15 mg/dm⁻³), com exceção do tratamento R6CM, que apresentou valor de P considerado médio (entre 16 – 40 mg/dm⁻³). De acordo com esse resultado, e sabendo da capacidade dos solos do cerrado em reter o nutriente P nos colóides do solo, a adubação fosfatada deverá ser realizada na próxima safra, em conjunto com outros nutrientes.

Analisando a produção de milho e a disponibilidade de P sob adubação com cama de frango, Silva⁶⁵ concluíram que para as variáveis altura de planta, teores de P no solo antes do plantio e 45 dias após o plantio, a cama de frango é capaz de substituir a adubação química fosfatada.

Em solos cultivados a mais de 62 anos, Schmitt⁶⁶ analisaram dois vinhedos com adubação fosfatada e adubação adicional com cama de frango em comparação com uma área de floresta. Foi realizada a aplicação de cama de frango durante 62 anos de 6 a 8 lotes de reuso na concentração de 78 e 52 mg ha⁻¹ em todas as áreas, aplicados nas fileiras e entre as fileiras sem incorporação, e observaram que a adição da cama de frango aumentou o P inorgânico (Pi) em todas as profundidades estudadas (0-10, 10-20, 20-30 e 30-40cm), sendo mais expressiva na camada de 0 - 10cm, em comparação a área de floresta.

O P inorgânico (Pi) é mais importante que o P orgânico (Po) em solos cultivados, pois esse encontra-se nas formas lábeis e moderadamente lábeis, que fazem parte de um

conjunto de compostos fosfatados capazes de repor rapidamente a solução do solo quando absorvido pelas plantas ou por microorganismos⁶⁷.

É importante o uso contínuo dos compostos orgânicos como adubos, uma vez que o P incluso nesses compostos não é imediatamente aproveitável pela planta, podendo inclusive limitar a produção das culturas⁶⁸. Além disso, o uso constante infere que parte desse P poderá ser mineralizado durante o período de cultivo, e assim ficar disponível para as plantas, pois segundo Gatiboni⁶⁹, a parte do solo que seria capaz de imobilizar esse P, a biomassa microbiana, não tem grandes capacidades para isso, não interferindo assim, sobre a disponibilidade de P no solo.

Os resultados de K não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ($P > 0,05$) (Tabela 4). Para questão de fertilidade do solo, o teor de K é um índice para avaliar a disponibilidade do nutriente para as plantas, e não para avaliar a relação dele com outros cátions ou a porcentagem da CTC, já que ele faz parte da saturação de base (V%). Conforme o CFSEMG¹⁹, os teores desejados de K no solo devem estar acima de 80 mg/dm^{-3} .

Trabalhando com a eficiência da adubação com cama de frango em comparação com a cama de suíno, Fioreze⁷⁰ concluíram que a cama de frango apresentou teores mais elevados de N (112%), P (24%) e K (87%) do que a cama de suíno.

Os resultados de Ca e Mg não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ($P > 0,05$) (Tabela 4). Analisando a questão de fertilidade do solo, os dois nutrientes apresentam-se com altos teores conforme o CFSEMG¹⁹ para todos os tratamentos. Os níveis ideais para Ca é de $2,4 - 4,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$ e para Mg é de $0,9 - 1,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$.

Os valores para H+AL encontrados nos tratamentos (entre $3,43 - 4,03 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) são valores médios (entre $2,5 - 5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) aceitos para uma boa fertilidade, e infere que os teores de matéria orgânica e pH dos tratamentos são satisfatório, pois há a correlação entre os dados.

Os resultados para m% (saturação por alumínio) não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Os resultados obtidos são satisfatórios para a fertilidade do solo conforme o CFSEMG¹⁹. Os dados corroboram com Osaki⁷¹, que preconiza que o teor de m $< 5\%$ não é prejudicial para as plantas.

Todos os dados analisados da Tabela 4, mostram que a fertilidade do solo dessa área deve haver correção dos nutrientes para a próxima safra, porém, os dados mostram também que teve manutenção dos nutrientes, pois a análise de solo antes do plantio

(Tabelas 1 e 2) manteve-se estável na análise de solo dos mesmos componentes depois da colheita. Fator esse que pode estar relacionado a matéria orgânica que mantém o solo mais estável ao longo do tempo, e essa matéria orgânica pode estar relacionado ao uso de cama de frango na adubação.

As valores das variáveis Al e Cu não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos. Porém, os resultados de todos os tratamentos analisados para Al e Cu, apresentam-se dentro dos níveis esperados (Al $<0,2$ e Cu – $0,3$ a $0,8$) para um solo apto para produção, apesar de não mostrarem diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Verificou-se diferença estatística ($P\leq 0,05$) para valores de B nos tratamentos R6, R6C, R6M e R6CM quando comparados com os demais tratamentos (Tabela 4). Porém, os resultados de B estão em níveis baixos ($0,09 - 0,20 \text{ mg/dm}^{-3}$), conforme o Boletim Técnico IAC, havendo a necessidade de complementar através de adubação mineral, de preferência no momento do plantio.

Verificou-se diferença estatística ($P\leq 0,05$) para valores de Mn nos tratamentos R6, R6M, e R6CM em relação aos demais tratamentos. Esse resultado infere que a cama com maior reutilização tem maior capacidade de acúmulo de Mn. Porém, todos os resultados para Mn encontrados nesse trabalho apresentam-se com teores elevados ($>5,0 \text{ mg/dm}^{-3}$) para a fertilidade do solo.

Verificou-se diferença estatística ($P\leq 0,05$) para valores de Zn nos tratamentos R3CM, R6, R6C, e R6M em relação aos demais tratamentos (Tabela 4). Porém, todos os resultados para Zn encontrados nesse trabalho apresentam-se com teores elevados ($>1,2 \text{ mg/dm}^{-3}$) do nutriente, sendo considerado um bom nível para um solo fértil.

Os resultados dos tratamentos para SB não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$). Porém os resultados encontrados dos tratamentos encontram-se dentro da média da SB (entre $3,6 - 6,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) para um solo produtivo¹⁹.

Não houve diferença ($P>0,05$) nos valores de t e T para nenhum dos tratamentos, porém, ambos os parâmetros encontram-se de acordo com os níveis ideais de fertilidade do solo segundo o Boletim de recomendação para um solo com boa capacidade produtiva¹⁹. Esses dois parâmetros são muito importantes estarem dentro dos níveis aceitáveis, pois de forma indireta eles representam a fertilidade total do solo, além de ter direta relação com a estruturação e consistência do solo.

A CTC representa a graduação da capacidade de liberação de vários nutrientes, favorecendo a manutenção da fertilidade por um prolongado período de tempo e evitando

ou reduzindo a ocorrência de efeitos tóxicos por consequência da aplicação de fertilizantes. A CTC total (T) considera todos os cátions permutáveis do solo ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$). No entanto, o H^+ só é retirado da superfície de absorção por reação direta com hidroxilas (OH^-) que vai originar água ($\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$). Quando a CTC é expressa sem considerar o íon H^+ , é considerada a CTC efetiva (t)¹⁴. Por esse motivo os valores das análises de solo para T são maiores que t.

Corroborando com os dados de macro e micronutrientes desse trabalho, Goulart⁷² aplicaram cama de peru como adubo orgânico na quantidade de 4 t ha⁻¹ em lavoura de milho, e não observaram incrementos nos teores de macronutrientes (P, K, S, Ca, Mg) e micronutrientes (Cu, Fe, Zn) no solo, com exceção para B e Mn, que podem estar relacionados com os teores desses elementos nos adubos orgânicos e com os teores presentes no solo.

Respalhando os dados encontrados, Scherer⁷³ fizeram o uso como adubo orgânico o esterco de suínos nas concentrações de 40 e 115 m³ ha⁻¹ em lavoura de milho com SPD durante 4 anos consecutivos e sem acréscimo de adubação com P e K mineral. Os autores não constataram efeito positivo sobre os fatores de acidez do solo, alguns macronutrientes (Ca, Mg, K), CTC e teor de MO do solo, porém encontraram efeito positivo ($P < 0,05$) para P. Contrapondo o trabalho anterior, Ceretta⁷⁴ aplicaram esterco de suíno em pastagens nas doses de 20 e 40 m³ ha⁻¹ em intervalos de 45 e 60 dias, e observaram o elevado incremento de macronutrientes (P, Ca e Mg) ao solo.

4.3 Índices de produtividade do milho

Verifica-se na tabela 5 a diferença significativa ($P \leq 0,05$) para altura de planta e inserção da primeira espiga nos tratamentos R3, R3C, R3M, R6C e R6M em comparação com os demais tratamentos.

O milho plantado foi um híbrido cultivar 30F53VYH, da marca PIONEER®, esse híbrido tem como característica a dupla aptidão, sendo recomendado tanto para produção de grãos como para produção de silagem. Os resultados obtido no presente trabalho para AP seria importante nos milhos para silagem, e não um requisito específico para produção de grãos.

Tabela 5. Resultados médios de altura de planta (AP) (m), inserção da primeira espiga (IPE) (m) e massa seca (MS) da planta (g), produtividade de grãos (kg) (PG) e produtividade em sacas/ha (Scs/ha) em função dos diferentes tratamentos aplicados ao solo

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS									CV%	P value
	SC	R3	R3C	R3M	R3CM	R6	R6C	R6M	R6CM		
AP (m)	2,86 ^b	2,91 ^a	2,91 ^a	2,92 ^a	2,87 ^b	2,80 ^c	2,91 ^a	2,91 ^a	2,85 ^b	0,8	<0,001
IPE (m)	1,51 ^b	1,57 ^a	1,57 ^a	1,62 ^a	1,52 ^b	1,46 ^c	1,55 ^a	1,56 ^a	1,50 ^b	0,8	<0,001
MS (g)	123,37	150,52	135,06	144,79	137,53	145,67	133,89	139,39	134,21	6,3	0,0532
PG (kg/ha)	11.277	12.728	13.597	13.322	12.888	12.427	12.756	13.179	11.991	6,62	0,218
Scs/ha	188	212	227	222	215	207	213	220	200	6,62	0,218

CV: Coeficiente de variação (%). ^{a,b} Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (5%). Tratamentos - R3 = cama com 3 reusos; R3C = cama com 3 reusos + calcário calcítico; R3M = cama com 3 reusos + mineralizador; R3CM = cama com 3 reusos + calcário calcítico + mineralizador; R6 = cama com 6 reusos; R6C = cama com 6 reusos + calcário calcítico; R6M = cama com 6 reusos + mineralizador; R6CM = cama com 6 reusos + calcário calcítico + mineralizador; Scs = 60kg.

Confirmando os dados encontrados, Roth⁷⁵ trabalharam com diferentes híbridos de milho e também não encontraram relação entre a produção total de matéria seca e a proporção de grãos. Os autores afirmam que a maximização da produção está associada a todas as estruturas da planta, sendo que, a altura e o diâmetro do colmo estão fortemente relacionados com a produção de matéria seca.

Os resultados significativos obtidos para AP e IPE são caracteres de natureza quantitativa importantes, pois estão relacionados diretamente com o acamamento do milho. Isso pode ocorrer porque têm alta relação entre inserção/estrutura, podendo diminuir o centro de gravidade da planta e conseqüentemente haver o tombamento dessas plantas, ocasionando o acamamento⁷⁶. Porém, esse fato não foi analisado no experimento, apesar da altura das plantas.

O híbrido utilizado no trabalho apresentou altura muito superior aos trabalhos apresentados na literatura. Repke⁷⁷ estudaram a altura de planta, inserção de espiga e número de plantas acamadas em cinco híbridos de milho, com médias de alturas variando da menor para a maior, do híbrido DKB350 com 1,69m, da marca DEKALB[®], para o híbrido P3862H com 2,20m, da marca PIONEER[®]. Sendo que, no presente trabalho, a menor altura encontrada foi no tratamento C6 com 2,80m.

Analisando híbridos com característica parecida ao utilizado nesse trabalho, Beleze⁷⁸ analisaram cinco híbridos em relação as características morfológicas e produtividade. Todas cultivares eram da mesma marca (PIONEER[®]), sendo um supercoce, três precoces e um semiproce. O híbrido superprecoce (P32R21) apresentou a maior altura de planta com 2,56m, enquanto a menor altura foi o precoce (P30F33) com 2,23m. Esses dados de altura de plantas encontrados corroboram com o presente trabalho, do qual também fez uso de cultivar precoce.

Esses resultados encontrados contrariam algumas pesquisas, como a de Flaresso et al. (2000), que observaram maior tendência na altura de plantas nas cultivares de milho mais tardias, em relação a cultivares mais precoces. Porém, a tecnologia utilizada em alguns híbridos de milho é que podem fazer com essas diferenças sejam observadas.

Em trabalho comparando doses de cama de frango por hectare, foi encontrada resposta superior na aplicação de 21 t ha⁻¹ de cama de frango para altura média de plantas de milho quando comparados a aplicação de 28 t ha⁻¹ e adubação mineral. Sendo que, no presente trabalho a aplicação de 4 t ha⁻¹ mostrou-se superior ao tratamento sem o uso de cama de frango, somente com adubação mineral⁶⁵.

Corroborando com os resultados, Rodrigues⁷⁹, utilizaram duas doses de compostos orgânico mais a testemunha (0, 80 e 160 t ha⁻¹) na adubação de milho em diferentes solos, e observaram que a aplicação de 80 t ha⁻¹ ao solo acrescentou 100% no aumento da biomassa seca da parte aérea do milho. Esse reflexo no maior crescimento da planta, possivelmente pode ter sido em virtude da quantidade de fósforo e nitrogênio presentes no composto, pois esse fazem parte da síntese de proteína e conseqüentemente houve aumento na altura das plantas e na produção de biomassa seca⁸⁰.

Para os valores médios de produtividade do milho (kg/ha) e sacas/ha não houve efeito significativo dos tratamentos (P>0,05). Entretanto, isso pode estar relacionada ao fato de que a área é utilizada a mais de 20 anos para a produção de grãos, e apresenta fertilidade já construída com os cultivos e adubações anteriores, além de ter sido feita a adubação mineral nas parcelas, conforme a recomendação da cultura.

Apesar dos valores encontrados na Tabela 5 não apresentarem diferença estatística, mostram valores muito representativos numericamente para a agricultura. O tratamento R3C produziu cerca de 25% a mais (26,74 scs/ha) do que o tratamento com cama de frango que apresentou a menor produtividade (R6CM), e produziu cerca de 30% a mais (38,09 scs/ha) quando comparado com o tratamento SC.

Essa produtividade de 30% a mais no tratamento R3C em relação ao tratamento SC, representa nos valores atuais, com relação a cotação da Bolsa de Chicago do preço do milho (30,00 reais/sc), um ganho de 1.258,60 reais a mais por hectare⁸¹. Um valor muito expressivo, podendo ser mais rentável ainda com a diminuição da adubação mineral ao longo do tempo. Os resultados desse trabalho na produção de milho com adubação com cama de frango + condicionadores, apesar de ter sido conduzido em apenas uma safra, mostram o quão promissor é o uso, além de ser uma demanda crescente.

Os resultados médios alcançados de produtividade nesse trabalho (média: 12.684,85kg/ha dos tratamentos), estão 138% acima da média de produtividade Brasileira (média: 5.328kg/ha) para milho safra⁸². Quando comparados os dados com a produção média dos Estados Unidos (média: 11.070kg/ha), os resultados apresentam-se apenas 15% superior⁸³.

Contrapondo os dados obtidos, Rodrigues⁷⁹ afirmaram que os compostos orgânicos, em doses adequadas, exercem efeito positivo sobre o rendimento das culturas, devido principalmente ao complexo de nutrientes contidos. Fato esse, que leva ao aumento da disponibilidade de nutrientes na fase solúvel do solos para as plantas, podendo assim, aumentar o potencial produtivo das plantas.

Foram avaliadas crescentes doses de cama de frango como adubação na cultura do milho, obtiveram resultados similares em relação ao rendimento de grão e produtividade⁸⁴. Woodruff⁸⁵ compararam durante três anos os resultados do plantio de milho doce (*Zea mays* L. var. *Saccharata*) em áreas adubadas com cama de frango, sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄) em 2 concentrações (112 e 224 kg N ha⁻¹) e controle negativo (sem N), verificando que o rendimento médio dos 3 anos da cultura foi igual para os tratamentos com o fertilizante sintético e com cama de frango, sendo superiores apenas ao controle negativo.

Efeito positivo na produtividade de milho foram relatados com o uso de cama de frango como abubo quando comparado com outros tratamentos, cama de frango com aplicação de uréia natural, consórcio com mucuna cinza, urina de vaca e testemunha⁸⁶. Bayer⁸⁷ explicaram a produtividade do milho em função da adubação com cama de frango através de uma função quadrática, sendo a dose máxima da eficiência econômica estimada em 9,8 Mg ha⁻¹.

Novakowski⁸⁸ avaliaram o efeito sobre a cultura do milho em sistema de integração lavoura-pecuária com adubação de cama de frango em pastagens no inverno e no milho no verão. O uso da cama de frango apresentou efeito significativo sobre a massa

de mil grãos e houve aumento quadrático na produção do milho no verão pelo aumento das doses de cama de frango (0, 2, 4, 6, 8 Mg ha⁻¹).

Fertilizantes orgânicos e inorgânicos (tratamentos: 50% de cama de frango + 50% de N inorgânico; 100% de N inorgânico; 0 N inorgânico; 50% esterco de vaca + 50% de N inorgânico) foram avaliados no crescimento e na produção de duas variedades de arroz⁸⁹. Os autores observaram maior disponibilidade de N para as plantas, aumento na MS e na produção final das duas cultivares com a aplicação do tratamento com 50% de cama de frango + 50% de N inorgânico em relação aos demais.

Quinn & Steinke⁹⁰, em estudo realizado durante três anos com aplicação de cama de frango em lavoura de soja (*Glicine max*) não observaram aumento na produção desse grão⁹⁰. Corroborando com o trabalho citado, Lin⁹¹, analisaram a produção de trigo e soja com a aplicação de 3 tratamentos (cama de frango; cama de frango + N inorgânico; sem fertilização) e observaram que a aplicação somente de cama de frango não melhorou o rendimento de ambas as culturas. Porém, o rendimento do trigo melhorou quando comparado o tratamento cama de frango + N inorgânico com os demais.

Em contrapartida, Adeli⁹², aplicando cama de frango em lavoura de soja obtiveram aumento de 8 – 10% na produção dos grãos, quando comparado com aplicação de adubo mineral. Em estudo com duração de 6 anos, Adeli⁹³, estudando lavoura com rotação de culturas entre soja e milho em áreas de plantio direto, obtiveram resultados significativos em aumento de produtividade no milho em 15% em 2016 e maior captação de N e P no tratamento com aplicação de cama de frango + gesso de dessulfuração de gases de combustão em comparação aos demais tratamentos (sem fertilização, cama de frango, fertilizante inorgânico de N).

Santos⁹⁴ aplicaram cama de frango em comparação com fertilizante inorgânico nitrogenado em lavoura de trigo. A aplicação de cama de frango não resultou em maior teor de N no grão e não alterou a produção do trigo, porém os autores sugerem que com a aplicação do composto orgânico no outono, os produtores podem subtrair de 30 a 40% na taxa de fertilizantes no final do inverno.

4.4 Análises bromatológicas e perfil aminoacídico do milho

Tabela 6. Composição química dos tratamentos em duplicata para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM), amido (AMD), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), nitrogênio (N), açúcar (ACU) em porcentagem e fósforo (P) em mg/kg

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS									CV%	P value
	SC	R3	R3C	R3M	R3CM	R6	R6C	R6M	R6CM		
MS %	92,14	92,56	91,95	92,48	92,54	92,04	92,90	91,93	92,41	0,51	0,267
PB %	8,01	9,02	8,97	8,92	8,54	8,81	9,12	8,69	8,16	5,73	0,158
EE %	4,02	4,03	4,25	4,15	4,25	4,00	2,82	4,07	4,18	21,69	0,618
FB %	2,07	2,08	2,17	2,17	2,20	2,13	1,42	2,12	2,10	21,15	0,521
MM %	1,13	1,22	1,21	1,20	1,22	1,18	0,82	1,17	1,15	22,23	0,660
AMD %	68,87	68,18	68,83	68,12	67,95	67,83	45,53	67,82	68,58	20,72	0,520
FDA %	2,92	2,93	3,10	2,95	2,88	3,02	1,90	3,05	2,80	20,29	0,374
FDN %	10,33	9,98	10,28	10,08	10,60	9,97	6,95	10,15	10,27	21,46	0,608
N %	0,19	0,22	0,22	0,22	0,21	0,22	0,22	0,21	0,20	7,28	0,654
ACU %	0,97	0,83	1,01	0,90	0,93	0,83	0,57	0,90	0,98	23,42	0,355
P (mg/kg)	1984	2187	2187	2184	2113	2162	1459	2117	2028	22,14	0,627

CV: Coeficiente de variação (%). ^{a,b} Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (5%). Tratamentos - SC = sem cama de frango; R3 = cama com 3 reusos; R3C = cama com 3 reusos + calcário calcítico; R3M = cama com 3 reusos + mineralizador; R3CM = cama com 3 reusos + calcário calcítico + mineralizador; R6 = cama com 6 reusos; R6C = cama com 6 reusos + calcário calcítico; R6M = cama com 6 reusos + mineralizador; R6CM = cama com 6 reusos + calcário calcítico + mineralizador; MS = Matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FB = fibra bruta; MM = matéria mineral; AMD = amido; FDA = fibra em detergente ácido; FDN = fibra em detergente neutro; N = amônia; AÇU = teor de açúcar; P = fósforo.

As características de qualidade bromatológicas do milho variam muito conforme diversos fatores, entre eles, tipo de solo, características do híbrido (principalmente precocidade), adubação mineral basal, adubação nitrogenada, regime pluviométrico do local e manejos culturais.

Segundo Rostagno⁹⁵, o teor de MS de um milho com PB de 8,80% apresenta valor médio de 92,6%, o teor de EE médio de 4,08%, o teor de FB médio de 1,48% e o teor de MM médio de 1,35%. Todos os valores para esses parâmetros encontrados nesse trabalho estão em conformidade com a literatura⁹⁶.

Zeoula⁹⁷ trabalharam com 5 diferentes híbridos de milho com adubação nitrogenada e verificaram pequenos descrescimentos nos teores de PB e praticamente não

alteraram os teores de AMD na fração grão. Entre os 5 híbridos estudados, um deles foi o P30F33 (PIONEER®), com características muito similares ao que foi plantado nesse trabalho.

Analisando os resultados quanto a qualidade do milho, segundo Rostagno⁹⁵, o teor de AMD de um milho com PB de 8,80% apresenta valor médio de 66,1%, o teor de FDA médio de 2,64%, o teor de FDN médio de 11,2%. Quando comparados os dados da literatura com os dados encontrados nos tratamentos, todos os parâmetros encontram-se adjacentes. Os resultados para P encontram-se muito próximos aos valores do P total recomendados para um milho de boa qualidade.

Os valores de N não apresentaram diferença entre os tratamentos. O N presente nos grãos é oriundo do fertilizante nitrogenado utilizado na cultura. Dessa forma, Silva⁹⁸ avaliaram doses crescente de N-uréia (0, 30, 80, 130 e 180 kg ha⁻¹) em milho e verificaram que todas as doses influenciam a quantidade de N do solo absorvido pelo milho. Em trabalho similar Duete⁹⁹ aplicaram 120 kg ha⁻¹ em condições parecidas de mineralização do N orgânico do solo e desenvolvimento radicular, e em ambos os trabalhos, os autores não observaram discrepâncias mensuráveis de acúmulo de N nos grãos de milho.

A quantidade de N acumulado nos grãos pode variar conforme a quantidade de N absorvido pelo milho durante o ciclo de desenvolvimento da planta, em função da taxa de absorção por unidade de raízes e automaticamente pela quantidade de raízes, sendo assim, a absorção de N pela planta aumenta progressivamente durante a fase vegetativa, atingindo o máximo da absorção no início do estágio reprodutivo e iniciando a queda na fase do enchimento de grãos, por consequência dessa dinâmica de absorção, a quantidade de N presente nos grãos torna-se baixa¹⁰⁰.

Conhecer a composição do milho que será utilizado na ração de aves é importante porque esse alimento representa cerca de 70% do custo das dietas, e apesar de ser classificados como um alimento energético, ele contribui para o suprimento de aminoácidos por estar presente em grande quantidade (cerca de 60%)¹⁰¹.

Tabela 7. Resultados médios em duplicata para aminoácidos em porcentagem (%) dos tratamentos

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS									CV%	P value
	SC	R3	R3C	R3M	R3CM	R6	R6C	R6M	R6CM		
Met	0,17	0,18	0,19	0,18	0,18	0,18	0,19	0,18	0,17	5,98	0,286
Cis	0,18	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20	0,19	0,19	4,28	0,331
Met+Cis	0,35	0,38	0,38	0,38	0,37	0,38	0,39	0,37	0,36	4,23	0,146
Lis	0,23	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24	4,23	0,416
Thr	0,29	0,32	0,32	0,32	0,30	0,31	0,32	0,31	0,29	5,58	0,219
Trp	0,06	0,07	0,06	0,07	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06	7,86	0,387
Arg	0,38	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,43	0,41	0,39	4,58	0,141
Ile	0,27	0,31	0,31	0,30	0,29	0,30	0,31	0,30	0,27	6,95	0,182
Leu	0,99	1,16	1,14	1,13	1,05	1,13	1,16	1,10	1,00	7,57	0,155
Ala	0,59	0,68	0,68	0,67	0,63	0,66	0,68	0,65	0,60	6,79	0,193
Asp	0,51	0,58	0,57	0,57	0,55	0,56	0,58	0,56	0,53	5,68	0,190
Glu	1,47	1,69	1,68	1,66	1,56	1,65	1,70	1,62	1,49	6,97	0,168
Val	0,38	0,42	0,42	0,41	0,40	0,41	0,42	0,41	0,38	5,10	0,152
His	0,24	0,26	0,26	0,26	0,25	0,26	0,26	0,25	0,24	4,97	0,230
Phe	0,39	0,45	0,45	0,45	0,42	0,44	0,46	0,43	0,40	7,49	0,206
Gli	0,31	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,34	0,33	0,32	4,09	0,271
Ser	0,39	0,44	0,44	0,44	0,41	0,43	0,45	0,42	0,39	5,93	0,118
Pro	0,74	0,84	0,83	0,82	0,78	0,82	0,84	0,81	0,75	5,79	0,145

CV: Coeficiente de variação (%). ^{a,b}Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (5%). Tratamentos - SC = sem cama de frango; R3 = cama com 3 reusos; R3C = cama com 3 reusos + calcário calcítico; R3M = cama com 3 reusos + mineralizador; R3CM = cama com 3 reusos + calcário calcítico + mineralizador; R6 = cama com 6 reusos; R6C = cama com 6 reusos + calcário calcítico; R6M = cama com 6 reusos + mineralizador; R6CM = cama com 6 reusos + calcário calcítico + mineralizador. Met = metionina; Cis = cistina; Met+Cis = metonina + cistina; Lis = lisina; Thr = treonina; Trp = triptofano; Arg = arginina; Ile = isoleucina; Leu = leucina; Ala = alanina; Asp = ácido aspártico; Glu = ácido gultâmico; Val = valina; His = histidina; Phe = fenilalanina; Gli = glicina; Ser = serina; Pro = prolina. CV% = coeficiente de variação. P value – valor de P.

Analisando os resultados quanto a qualidade do milho em relação aos aminoácidos em comparação com a literatura, Rostagno⁹⁵ estipulou que os teores médios de aminoácidos em milho com 8,80% de PB para Met, Met + Cis, Lis, Thr e Trp são de 0,18%, 0,37%, 0,26%, 0,34% e 0,06%, respectivamente. O valores encontrados no presente trabalho estão de acordo com o parâmetro de qualidade de Rostagno (2017), alguns tratamentos apresentando valores iguais ou muito próximos.

O conhecimento dos teores de aminoácidos essenciais presentes no grãos é de suma importância, ainda mais de Met, Lis e Thr, que atualmente são considerados como o primeiro, segundo e terceiro aminoácido mais limitantes nas dietas de aves¹⁰².

Dentre os aminoácidos apenas a Cis não é considerada essencial, porém a Met serve também como fonte de cistina em um processo não-reversível, desempenhando função especial na estrutura de muitas proteínas (imunoglobulinas, hormônio, insulina) e interligando cadeias polipeptídicas por meio de pontes dissulfeto¹⁰³.

O conhecimento da composição do grão, permite o emprego de uma metodologia de formulação mais adequada, onde os aminoácidos digestíveis e as relações ideais entre a lisina e os demais aminoácidos são levando em consideração, além de chegar a proteína ideal das dietas, auxiliando na redução das excreções de nitrogênio para o ambiente e diminuindo o custo final das rações¹⁰⁴.

Analisando os resultados quanto a qualidade do milho em relação aos aminoácidos em comparação com a literatura, Rostagno⁹⁵ estipulou que os teores médios de aminoácidos em milho com 8,80% de PB para Arg - 0,42%, Ile - 0,29%, Leu - 1,06%, Ala - 0,68%, Val - 0,41%, His - 0,26%, Phe - 0,42%, Gli - 0,36%, Ser - 0,45% e Pro - 0,90%. Os valores encontrados no presente trabalho estão de acordo com o parâmetro de qualidade.

Li⁷⁶ estipularam que os teores médios de aminoácidos em milho com 8,80% de PB para Asp é de 0,33% e para Glu é de 0,67%. Os valores encontrados no presente trabalho mostram-se muito superiores a literatura, sendo para Asp – 60% e Glu – 140% superiores. Esses valores diferenciados podem ser por consequência do tipo de milho utilizado nas análises, uma vez que, vários fatores interferem na qualidade do grão.

5 CONCLUSÃO

A cama de frango independente da quantidade de reusos (3 ou 6 reusos), com ou sem adição de condicionadores de solo, mostraram-se mais favoráveis em diversas variáveis para o uso na agricultura como adubo quando comparada ao tratamento SC, melhorando variáveis de solo e características morfológicas do milho.

6 REFERÊNCIAS

1. OECD-FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agricultural Outlook 2016-2025. Special Focus: Sub-Saharan Africa OECD-FAO, p. 78, item 144.
2. Malavolta E. Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 528p.
3. Faquin V. Nutrição Mineral de Plantas. Lavras: UFLA/FAEPE. p.: il. Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente. 2005; 186p.
4. Souza LCF, Fedatto E, Gonçalves MC, Sobrinho TA, Hoogerheide HC, Vieira VV. Produtividade de grãos de milho irrigado em função da cultura antecessora e de doses de nitrogênio. Revista Brasileira de Milho e Sorgo. 2003; 2; 44-51.
5. Mitchell Junior CC. 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.
6. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes. Disponível em: [file:///C:/Users/DELL/Downloads/IN%2025%20de%2023-7-2009%20fertilizantes%20organicos%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/IN%2025%20de%2023-7-2009%20fertilizantes%20organicos%20(1).pdf)
7. Melo WJ, Marques MO. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: Bettiol W, Camargo OA. (eds). Impacto ambiental do uso do lodo de esgoto. Jaguariúna, Embrapa. 2000; 109-141.
8. Hirzel J, Walter I, Undurraga P, Cartagena M. Residual effects of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) growth and soil properties derived from volcanic ash. Soil Sci. Plant Nutr. 2007; 53; 480-488.
9. Brink GE, Rowe DE, Sistani KR. Broiler litter application effects on yield and nutrient uptake of ‘Alicia’ bermudagrass. Agronomy Journal. 2002; 94; 911-916.
10. Seganfredo MA. O impacto ambiental na utilização da cama de aves como fertilizante do solo. 2000. Embrapa Suínos e Aves. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/920818/1/acamadeaveseosaspt eos.pdf> Acesso em: 5 abril 2019.

11. Machado POLA, Silva CA. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2011; 61; 119-130.
12. Malavolta E, Kliemann HD. *Desordens nutricionais no Cerrado*. Piracicaba: Potafos, 1985. 136 p.
13. Malavolta E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. Piracicaba: Ceres, 2006. 631.
14. Ronquim, CC. *Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 2010; 30p
15. Kiehl EJ. *Fertilizantes orgânicos*. Piracicaba, Agronômica Ceres, 1985; 492p.
16. Raij BV. *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo, Piracicaba: Ceres, POTAFOS. 1991; 343p.
17. Corrêa JC, Miele, MA. A cama de aves e os aspectos agronômicos, ambientais e econômicos. In: *Manejo ambiental na avicultura*. In: Palhares JCP, Kunz, A, editores. *Manejo ambiental na avicultura*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p. 125-152. (Documentos/Embrapa Suínos e Aves, 149).
18. Werner JC. *Calagem para plantas forrageiras*. In: *Simpósio sobre manejo de pastagens*. Anais. Piracicaba, FEALQ. 1986; 191- 198.
19. Ribeiro AC, Guimarães PTG, Alvarez VH. *Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais: Recomendação para o uso de corretivo e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação*. Viçosa, MG. 1999; 359p.
20. Kiehl, E. J. *Manual de edafologia*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.
21. Sfredo GJ, Lantmann AF. *Enxofre, Nutriente necessário para maiores rendimentos da soja*. Circular técnico nº 53. Embrapa SOJA. 2007.
22. AOAC - *Official methods of analysis of AOAC International*. Horowitz, H. editor. 18th edition. Washington. 2005; 02.
23. Mc Ward GW, Talor DR. *Acidified clay litter amendment*. *Journal of Applied Poultry Research*. 2000; 9(4); 518-529.
24. Oliveira MC de, Almeida CV, Andrade DO, Rodrigues SMM. *Teor de matéria seca, pH e amônia volatilizada da cama de frango tratada ou não com diferentes aditivo*. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2003; 32(4); 951 - 954.
25. Neme R, Sakomura NK, Oliveira MDS de, Longo FA, Figueiredo NA. *Adição de gesso agrícola em três tipos de cama de aviário na fixação de nitrogênio e no desempenho de frango de corte*. *Ciência Rural*. 2000; 30(4); 687-692.

26. Ali MM, Moubarak ST, Badawy MF. Effect of litter treatment on broiler performance and litter quality. *Vet. Med. J.* 2000; 48; 309-318.
27. Oliveira MC, Ferreira HA, Cancherini LC. Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade da cama de frango. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia.* 2004; 56(4); 536-541.
28. Santos TMB, Lucas Jr. J, Sakomura MK. Efeitos de densidade populacional e da reutilização da cama sobre o desempenho de frangos de corte e produção de cama. *Revista Portuguesa de Ciência Veterinária.* 2005; 100; 45-52.
29. Kiehl EJ. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. São Paulo, 1998; 171p.
30. Jeffrey JS. Inactivation of bacteria in stacked poultry litter. Davis: University of Califórnia. Final report. 2001; 8p.
31. Fiorentin L. Reutilização da cama na criação de frangos de corte e as implicações de ordem bacteriológica na saúde humana e animal. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, Documento nº 94. 2005; 23p.
32. Nahm KH. Current pollution and odour control technologies for poultry production. *World's Poultry Science Journal*, 2005; 14: 131-155.
33. Wolf J, Gouvea AD, Silva ERLD, Potrich M, Appel A. Physical methods and hydrated lime for management of lesser mealworm. *Ciência Rural.* 2014; 44:161-6.
34. Valadão FC de A, Maas KDB, Weber OL de S, Valadão Júnior DD, Silva TJ da. Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. *Revista Brasileira de Ciências do Solo.* 2011; 35; 2073-2082.
35. Guerra-Rodriguez E, Diaz-Ravina M, Vazquez M. Co-composting of chestnut burr and leaf litter with solid poultry manure. *Bioresource Technology.* 2001; 78; 107–109.
36. Rogeri DA, Ernani PR, Mantovani A, Lourenço KS. Composition of poultry litter in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo.* 2016; 7p.
37. Silva VB, Silva AP, Dias B de O, Araujo JL, Santos D, Franco RP. Decomposição e liberação de n, p e k de esterco bovino e de cama de frango isolados ou misturados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo.* 2014; 38; 1537-1546.
38. Loch FC, Oliveira MC de, Silva D da, Gonçalves BN, Faria BF de, Menezes JFS. Quality of poultry litter submitted to different treatments in five consecutive flocks. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 2011; 40(5); 1025-1030.

39. Müller, DH. Características de adubos orgânicos, efeitos no solo e no desempenho da bananeira / Danielle Helena Müller. – 2012. 83 f. : il. color. Dissertação.
40. Passos AMA, Rezende PM, Carvalho ER. Cama de frango, esterco de curral e pó de carvão no estado nutricional da soja, *Enciclopédia Biosfera*. 2014; 10(19); 100- 110.
41. Valente BS, Xavier EG, Morselli TBGA, Jahnke DS, Brum Jr B de S, Cabrera BR, Moraes P de O, Lopes DCN. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Arch. Zootec*. 2009; 58 (R); 59-85.
42. Zhu N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. *Bioresource Technology*. 2005; 98; 9-13.
43. Abreu PG de, Paiva DP de, Abreu VMN, Coldebella A, Cestonaro T. Casca de arroz e palhada da soja como substrato para compostagem de carcaças de frangos de corte. *Acta Scientiarum. Animal Sciences, Maringá*. 2011; 33(1); 51-57.
44. Abreu VMN, Abreu PG de, Coldebella A, Paiva DP de, Jaenisch FRF, Silva VS, Mayumi M. Avaliação de sistemas de ventilação (fixo e oscilante) e materiais de cama (casca de arroz e palhada de soja) na produção de frangos de corte. *Embrapa Suínos e Aves, Circular técnica nº52*. 2008; 24p.
45. Peterson TA, Blakmer TM, Francis DD, Schepers JS. Using a chlorophyll meter to improve N management. University of Nebraska-Lincoln. *NebGuide*. 1993; 93; 1171-A.
46. Ávila VS, Oliveira U, Figueiredo EAP, Costa CAF, Abreu VMN, Rosa PS. Avaliação de materiais alternativos em substituição à maravalha como cama de aviário. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2008; 37;273-7.
47. Scherer EE, Nesi CN. Características químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. *Bragantia*. 2009; 68; 715-21.
48. Stevenson FJ. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. 2. ed. New York: J. Wiley & Sons. 1994; 496p.
49. Tomati U, Belardinelli M, Andreu M, Galli E. Evaluation of Commercial Compost Quality. *Waste Management & Reserch*. 2002; 20; 389-397.
50. Canellas LP, Velloso ACX, Marciano CR, Ramalho JFGP, Rumjanek VM, Rezende CE, Santos GA. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhicho e adição de vinhaça por longo tempo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2003; 27; 935-944.
51. Brady NC. *Natureza e propriedades dos solos*. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 1989; 879p.

52. Brito O. R.; Vendrame, P. R. S.; Brito, R. M. Alterações das propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distroférico submetido a tratamentos com resíduos orgânicos. *Semina: Ciências Agrárias*, v.26, p.33-40, 2005.
53. Ernani PR, Gianello, C. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco de bovinos e camas de aviário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas. 1983; 7; 161-165.
54. Feng G, Adeli A, Read J, McCarty J, Jenkins J. Consequences of pelletized poultry litter applications on soil physical and hydraulic properties in reduced tillage, continuous cotton system. *Soil and Tillage Research*. 2019; 194.
55. Bettany JR, Stewart JWB, Haste AD. Sulfur fractions and carbon, nitrogen, and sulfur relationships in grassland, forest, and associated transitional soils. *Soil Science Society of America Proceedings, Madison*. 1973; 37(6); 915-918.
56. Paiva PJR, Nicodemo HLF. Enxofre no sistema solo-planta-animal. Campo Grande: EMBRAPA CNPQC. Documento nº56. 1994; 45p.
57. Camilotti F, Andrioli I, Marques MO, Silva AR, Tasso Junior LC, Nobiles FO. Atributos físicos de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar após aplicações de lodo de esgoto e vinhaça. *Revista Engenharia Agrícola*. 2006; 26; 738-747.
58. Costa AM, Ribeiro BT, Silva AA, Borges EN. Estabilidade de agregados de um latossolo vermelho tratado com cama de peru. *Revista Ciência Agrotecnica*. 2008; 32; 73-79.
59. Frossard E, Buchmann N, Bunemann EK, Kiba DI, Lompo F, Oberson A. Soil properties and not inputs control carbon/nitrogen/phosphorus ratios in cropped soils in the long term. *SOIL*. 2016; 2; 83-99.
60. Andreola F, Costa LM, Olszewski N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. 2000; 24; 857-865.
61. Tormena CA, Friedrich R, Pintro JC, Costa ACS, Fidalski J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2004; 28; 1023-1031.
62. Zhang H, Hunt DE, Bittman S. Animal-Based Organic Amendments and Their Potential for Excessive Nitrogen Leaching and Phosphorus Loading. *Agronomy Journal Abstract - Agronomy, Soils, and Environmental Quality*. 2019; 111(5); 2207-2217.

63. Smith DR, Jarvie HP, Harmel RD, Haney RL. The role of field-scale management on soil and surface runoff c/n/p stoichiometry. *Journal of Environmental Quality*. Technical notes & Preliminary communications. 2019; 6p.
64. Raij BV, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: IAC. Boletim Técnico,100. 1997; 285p.
65. Silva TR, Menezes JFS, Simon GA, Assis LA, Santos CJL, Gomes VG. *Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2011; 15(9); 903– 910.
66. Schmitt DE, Gatiboni LC, Heidemann JC, Dall’Orsoletta DJ, Boitt G, Brunetto G. Phosphorus fractions in soil cultivated with vineyards after 62 years of poultry litter addition. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2019; 54.
67. Walker TW, Syers JK. The fate of phosphorus during pedogenesis. *Geoderma*. 1976; 15; 01-19.
68. Diniz ER, Santos RHS, Urquiaga SS, Peternelli LA, Barrela TP, Freitas GB. Crescimento e produção de brócolis em sistema orgânico em função de doses de composto. *Ciência e Agrotecnologia*. 2008; 32; 1428-1434.
69. Gatiboni LC, Kaminski J, Rheinheimer DS, Brunetto G. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2008; 43; 1085-1091.
70. Fioreze C, Ceretta CA. Fontes orgânicas de nutrientes em sistemas de produção de batata. *Ciência Rural*. 2006; 36; 1788- 1793.
71. Osaki F. *Calagem e adubação*. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola. 1991; 503p.
72. Goulart EC, Ribeiro MC, Lima LM de, Rodrigues BMA. Uso de cama de aves na adubação da cultura do milho. *Enciclopédia biosfera*. Centro Científico Conhecer – Goiânia. 2015; 11(22).
73. Scherer EE, Nesi CN. Características químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. *Bragantia*. 2009; 68; 715-21.
74. Ceretta CA, Durigon R, Basso CJ, Barcellos LAR, Vieira FCB. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2003; 38; 729-735.
75. Roth LS, Marten GC, Compton WA, Stuthman DD. Genetic variation of quality traits in maize (*Zea mays* L.) forage. *Crop Science*. 1970; 10; 365-367.

76. Li X, Rezaei R, Li P, Wu G. Composition of amino acids in feed ingredients for animal diets, *Amino Acids*. 2011; 40; 1159–1168.
77. Repke RA, Cruz SJS, Silva CJ, Figueiredo PG, Bicudo SJ. Eficiência do *Azospirillum brasiliense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. *R Bras Milho Sorgo*. 2013;12:214-26
78. Zeoula LM, Beleze JRF, Cecato U, Jobim CC, Geron LJV, Maeda EM, Falcão AJ da S. Avaliação de Cinco Híbridos de Milho (*Zea mays*, L.) em Diferentes Estádios de Maturação. Composição Químico-Bromatológica. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2003; 32(3); 556-566.
79. Rodrigues PNF, Rolim MM, Bezerra Neto E, Pedrosa EMR, Oliveira VS. Crescimento e composição mineral do milho em função da compactação do solo e da aplicação de composto orgânico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2009; 13; 94-99.
80. David MA, Mendonça V, Reis LL, Silva EA, Tosta MS, Freire PA. Efeito de doses de superfosfato simples e de matéria orgânica sobre o crescimento de mudas de maracujazeiro ‘amarelo’. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2008; 38; 147-152.
81. CME GROUP. Corn futures quotes. Globex. Acessado em 11/09/2019. <https://www.cmegroup.com/trading/agricultural/grain-and-oilseed/corn.html>.
82. CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira observatório agrícola. V. 5 - Safra 2017/18 - N. 7. Monitoramento agrícola. Brasília. 2018; 1-139.
83. USDA - United States Department of Agriculture. World agricultural supply and demand estimates. Acesso em: set/2018. <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/wasde0919.pdf>
84. Sbardelotto GA, Cassol LC. Desempenho da cultura do milho submetida a níveis crescentes de cama de aviário. *Synergismus Scyentifica*, UTFPR, Pato Branco. 2009; 4(1).
85. Woodruff LK, Habteselassie MY, Norton JM, Boyhan GE, Cabrera ML. Yield and Nutrient Dynamics in Conventional and Organic Sweet Corn Production Systems.
86. Hanish AL, Fonseca JA, Almeida E. de. Efeito do uso de diferentes estratégias de manejo agroecológico no desempenho produtivo da cultura do milho. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Bahia. 2009; 4(2); 1631-1634.

87. Bayer C, Ceretta CA, Schneider NG. Viabilidade da utilização de cama de aviário como fertilizante na cultura do milho. *Revista Científica Rural*, Santa Maria. 1999; 2(1); 10-14.
88. Novakowiski JH, Sandini IE, Falbo MK, Moraes A de, Novakowiski JH. Adubação com cama de aviário na produção de milho orgânico em sistema de integração lavoura-pecuária; *Ciências Agrárias*, Londrina. 2013; 34(4); 1663-1672.
89. Moe K, Moh SM, Htwe AZ, Kajihara Y, Yamakawa T. Effects of Integrated Organic and Inorganic Fertilizers on Yield and Growth Parameters of Rice Varieties. *Rice Science*. 2019; 26(5): 309 - 318.
90. Quinn D, Steinke K. Comparing high and low-input management on soybean yield and profitability in Michigan. *Crop, forage & turfgrass management*, 2019; 1-8.
91. Lin Y, Watts DB, Torbert HA, Howe JA. Double-Crop Wheat and Soybean Yield Response to Poultry Litter Application. *Crop, Forage and Turfgrass Management Abstract - Crop Management*. 2019; 5(1).
92. Adeli A, Sistani KR, Rowe DE, Tewolde H. Effects of broiler litter on soybean production and soil nitrogen and phosphorus concentrations. *Agronomy Journal*. 2005; 97; 314-321.
93. Adeli A, Brooks JP, Read JJ, Feng G, Miles D, Shankle MW, Jenkins JN. Corn and soybean grain yield responses. To soil amendments and cover crop in upland soils. 2019; 2484-2497.
94. Santos LB, Castagnara DD, Bulegon LG, Zoz T; Oliveira PSR, Gonçalves Júnior AC, Neres MA. Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango na sucessão aveia/milho. *Biosci. J.*, Uberlândia. 2014; 30(1); 272-281.
95. Rostagno HS. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos exigências nutricionais. 4. Ed. – Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, 2017; 488p.
96. National research council - NRC. Nutrient requeriments of dairy cattle. 7.rev.ed. Washinton, D.C.: 2001; 381p.
97. Zeoula LM, Beleze JRF, Cecato U, Jobim CC, Geron LJV, Maeda EM, Falcão AJ da S. Avaliação de Cinco Híbridos de Milho (*Zea mays*, L.) em Diferentes Estádios de Maturação. *Composição Químico-Bromatológica. Revista Brasileira de Zootecnia*. 2003; 32(3); 556-566.
98. Silva EC da, Buzetti S, Guimarães GL, Lazarini E, Sá ME. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG. 2005; 29(3); 353-362.

99. Duete RRC, Muraoka T, Silva EC da, Ambrosano EJ, Trivelin PCO. Acúmulo de nitrogênio (15n) pelos grãos de milho em função da fonte nitrogenada em latossolo vermelho. *Bragantia*, Campinas. 2009; 68(2); 463-472.
100. Mengel, D.B. and Barber, S.A. (1974) Development and Distribution of the Corn Root System under Field Conditions. *Agronomy Journal*, 66, 341-344.
101. Cantarelli V de S, Fialho ET, Souza RV de, Freitas RTF de, Lima JAF de. Composição química, vitreosidade e digestibilidade de diferentes híbridos de milho para suínos. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras. 2007; 31(3); 860-864.
102. Campos AM de A, Rostagno HS, Nogueira ET, Albino LFT, Pereira JPL, Maia RC. Atualização da proteína ideal para frangos de corte: arginina, isoleucina, valina e triptofano. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2012; 41(2); 326-332.
103. Lenninger AL. *Princípios de bioquímica*. 2.ed. São Paulo: Sarvier. 1996; 839p.
104. Oliveira Neto AR de, Oliveira WP de. Aminoácidos para frangos de corte. (supl. Especial). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2009; 38; 205-208.

CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o avanço da avicultura, novos desafios foram aparecendo, como por exemplo, o destino certo para a quantidade de dejetos gerados através da criação intensiva de frango de corte. Esse resíduo da avicultura, se descartado de forma indiscriminada pode se tornar um poluente para o solo e águas subterrâneas.

Alternativas viáveis para o reuso da cama de frango foram pesquisadas nesse trabalho envolvendo a parte animal, através do bem-estar das aves, e a parte de solo e produção vegetal, como adubo.

A base central dessa tese, tem como objetivo avaliar duas camas de frango com diferentes quantidades de reusos (com 3 e 6 lotes) sendo produzidas ao mesmo tempo, com condições iguais (manejo, estrutura de galpão, quantidade de aves, condições climáticas) para avaliar qual seria a mais viável sem causar prejuízo para as aves e qual compensaria mais em questão nutricional para o uso como adubo.

No capítulo 2, foi pesquisado o bem-estar animal através do índice de entalpia de conforto, o chegou-se a uma conclusão que, mesmo com a cama de frango sendo reutilizada pela sexta vez consecutiva, ela não interferiu no bem-estar animal quando comparado com a cama com 3 reusos.

Esse é um resultado extremamente importante para a avicultura, mas vale salientar que o manejo de ambiência, da cama de frango e o devido cuidado com os equipamentos, principalmente bebedouros e nebulizadores, faz a diferença para que a cama reutilizada não influencie no bem-estar animal.

No capítulo 3, foi pesquisado a adição ou não de condicionadores químicos de solo (calcário calcítico e mineralizador), nas camas de frango com diferentes quantidades de reusos para uso como adubo na cultura do milho.

Os resultados mostraram que ambas as camas são favoráveis a produção vegetal e que os tratamentos realizados nas camas com diferentes reusos aumentam a possibilidade de usar um produto final de melhor qualidade.

Estudos posteriores devem ser realizados para ver os efeitos a longo prazo com o uso contínuo, pois por ser um adubo orgânico, efeitos posteriores podem ser analisados através do maior acúmulo no solo. Além da capacidade de redução do uso da adubação química ao longo do tempo após o uso, trazendo benefícios financeiros e ao solo.