

LUÍS GUSTAVO FIGUEIREDO FRANÇA

**EXCREÇÃO DE NITROGÊNIO POR GALINHAS POEDEIRAS SUBMETIDAS A
DIFERENTES TEMPERATURAS E NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL
NA RAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

França, Luís Gustavo, 1987-
F814e Excreção de nitrogênio por galinhas poedeiras submetidas a
2017 diferentes temperaturas e níveis de energia metabolizável na
ração / Luís Gustavo França. – Viçosa, MG, 2017.
xi, 87f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Richard Stephen Gates.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Galinhas poedeiras - Excreção. 2. Nitrogênio. 3. Nutrição animal. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

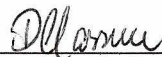
CDD 22 ed. 636.5

LUÍS GUSTAVO FIGUEIREDO FRANÇA

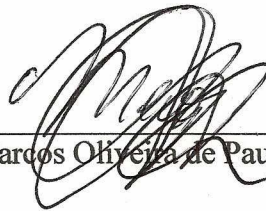
EXCREÇÃO DE NITROGÊNIO POR GALINHAS POEDEIRAS SUBMETIDAS A
DIFERENTES TEMPERATURAS E NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL NA
RAÇÃO

Tese apresentada à Universidade Federal
de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, para obtenção do
título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 18 de agosto de 2017.



Deborah Cunha Cassuce



Marcos Oliveira de Paula



Fernando da Costa Baêta



Ilda de Fátima Ferreira Tinôco
(Coorientadora)



Richard Stephen Gates
(Orientador)

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”

Albert Einstein

Dedico à
Aline por todo o seu carinho e companheirismo. Sua força e apoio possibilitaram
que eu concluísse esta caminhada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre ao meu lado e por toda sua proteção.

A Universidade Federal de Viçosa por ter me acolhido durante minha graduação, mestrado e doutorado, e ao Departamento de Engenharia Agrícola por abrir todas as suas portas fornecendo subsídios para o meu desenvolvimento profissional e pessoal. Agradeço a todos os professores e funcionários do DEA/UFV que estão sempre acessíveis e dispostos a nos ajudar. A CAPES pelo suporte financeiro.

Ao Professor Richard Stephen Gates, por ter me orientado durante este trabalho. As minhas coorientadoras, Professora Ilda de Fátima Ferreira Tinôco e Professora Cecília de Fátima Souza por todo carinho, ajuda e conselhos.

Aos meus pais Meire e Luiz, e, meus irmãos Felipe e Flávio pela torcida, força e apoio.

A Aline, meu amor, muito obrigado por acreditar, por sonhar, por estar ao meu lado, por todo o apoio e dedicação, por permanecer nesta trilha junto a mim, mesmo quando tortuosas. Obrigado por ser esta mulher forte e companheira.

Aos amigos do Izalo, em especial ao Aoa (Liniker) e Daniboy (Dainel), também companheiros de “Prato Fundo”, por todos estes anos juntos, pelo apoio, pelas risadas e por toda nossa amizade.

Aos amigos do AmbiAgro; Carlos, Diogo, Fernanda, Kelle, Letícia, Márcia, Monique, Rafaella, Tatiany e Willian, pela convivência, conversas e auxílio.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT	x
Introdução Geral	1
Referências	6
Capítulo I – Aporte e excreção de nitrogênio na avicultura industrial de postura. ...	9
1. Aporte de nitrogênio para aves de postura:	11
2. Metabolização e excreção de nitrogênio pelas galinhas poedeiras.....	16
3. Fatores que afetam a geração de amônia.	23
Referências:	35
Capítulo II – Artigo I – Avaliação da excreção de nitrogênio, por galinhas poedeiras, durante a fase de recria e submetidas a diferentes ambientes térmicos.	38
1. Introdução	38
2. Objetivos.....	40
3. Material e métodos.....	40
3.1. Fase experimental	40
3.2. Coleta dos dejetos	43
3.3. Análises.....	44
3.3.1. Conteúdo de água.....	44
3.3.2. Sólidos.....	45
3.3.3. Potencial hidrogeniônico (pH).....	46
3.3.4. Nitrogênio Amoniacal.....	46
3.3.5. Nitrogênio Total	47
4. Análise Estatística.....	48
5. Resultados e discussão.....	49
5.1. Conteúdo de água.....	49

5.2. Potencial hidrogeniônico (pH).....	49
5.3. Nitrogênio Total.....	50
5.4. Nitrogênio Amoniacal.....	50
6. Conclusões	52
7. Referências.....	53

Capítulo III – Artigo II – Avaliação da excreção de nitrogênio, por galinhas poedeiras, durante a fase de postura em ambientes com temperaturas controladas e com o fornecimento de rações com diferentes níveis energéticos.	56
--	----

1. Introdução	56
2. Objetivos	58
2.1. Geral.....	58
2.2. Específicos	58
3. Material e métodos.....	58
3.1. Fase experimental	59
3.2. Distribuição dos animais nas unidades experimentais.....	59
3.3. Dieta das aves	61
3.4. Distribuição dos tratamentos	63
3.5. Coleta dos dejetos	64
3.6. Análises Laboratoriais	64
3.6.1. Conteúdo de água	64
3.6.2. Sólidos Totais.....	65
3.6.3. Potencial hidrogeniônico (pH)	65
3.6.4. Nitrogênio Amoniacal.....	66
3.6.5. Nitrogênio Total	66
3.7. Delineamento estatístico	67
4. Resultados e discussão.....	67
4.1. Conteúdo de água.....	67

4.2. Potencial hidrogeniônico (pH).....	68
4.3. Nitrogênio Total.....	68
4.4. Nitrogênio Amoniacal.....	69
5. Conclusões	72
6. Referências.....	72
Capítulo IV – Artigo III – Aplicação da linguagem Dinâmica de Sistemas (DS) para simulação da emissão de amônia pela avicultura de postura.....	74
1. Introdução	74
2. Objetivo	76
3. Metodologia	76
3.1. Desenvolvimento do modelo	76
4. Resultados e discussões	77
4.1. Modelo proposto para excreção de nitrogênio pelas galinhas poedeiras... 77	
4.1.1. Temperatura do ambiente.....	77
4.1.2. Teor de proteína bruta na ração.....	79
4.1.3. Umidade relativa do ar	80
4.2. Mineralização do ácido úrico.....	80
4.2.1. Temperatura ambiente.....	80
4.2.2. Teor de umidade dos dejetos.....	81
4.2.3. pH.....	81
4.2.4. Combinação dos fatores	82
4.3. Emissão de amônia	82
4.3.1. pH.....	82
4.3.2. Difusão da amônia dos dejetos para o a atmosfera	83
4.4. Diagrama.....	83
5. Conclusões	84
6. Referências.....	85

RESUMO

FRANÇA, Luís Gustavo Figueiredo, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2017. **Excreção de nitrogênio por galinhas poedeiras submetidas a diferentes temperaturas e níveis de energia metabolizável na ração.** Orientador: Richard Stephen Gates. Coorientadoras: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco e Cecília de Fátima Souza.

Um importante setor do agronegócio brasileiro é a avicultura de postura. Em 2016, o segmento produziu 39,5 bilhões de ovos, superando em 6,1% a produção registrada no ano anterior (ABPA, 2017). Relaciona-se este crescimento ao fato de que grande parte das instalações destinadas à criação de aves de postura é realizada em sistemas verticais de criação, os quais podem alojar até 120.000 aves em um único aviário. A tal estimativa atribui-se o melhoramento genético das linhagens de poedeiras, resultando em animais menores e com maiores taxas de postura. Observa-se também que, devido à sobreposição das gaiolas em níveis verticais neste modelo de criação, há maiores densidades de aves por unidade de área. Consequentemente, esse tipo de disposição ocasiona um índice elevado de dejetos por área. Cada galinha poedeira gera por volta de 0,1 kg de dejetos por dia (AUGUSTO, 2007). De acordo com os dados referentes ao ano de 2016, a capacidade de alojamento de galinhas poedeiras no Brasil, chegou a 91,2 milhões de animais (IBGE, 2017), obtendo-se um total de 9,12 mil toneladas de dejetos gerados diariamente pela avicultura de postura brasileira. Pode-se destacar como problemas ambientais associados ao esterco a eutrofização de lagos e rios, a acidificação de solos, além do aumento o efeito estufa, todos agravados devido geração e emissão de amônia a partir dos dejetos da avicultura. Fatores ambientais, como temperatura e umidade relativa do ar, e de manejo, como os níveis de proteína bruta e energia metabolizável da ração podem influenciar na taxa de excreção de nitrogênio pelas poedeiras. Por meio de experimentos práticos, objetivou-se avaliar a excreção de nitrogênio por galinhas poedeiras, durante as fases de recria e postura, quando ocorre variação das condições térmicas do ambiente e de formulação das rações ofertadas às aves. Além de propor um diagrama de fluxo para o nitrogênio desde sua metabolização pelas galinhas poedeiras até a volatilização na forma de amônia para o ambiente. Concluiu-se que a temperatura do ambiente influenciou diretamente a excreção de nitrogênio pelas galinhas poedeiras, tanto na fase de cria como na de postura, sendo a faixa de temperatura máxima diária entre 30 a 35 °C considerada crítica, quanto a excreção de nitrogênio. Já o conteúdo energético da ração não influenciou a perda deste elemento pelas aves. O diagrama de fluxo proposto mostrou-se eficiente no

entendimento da interação entre os fatores relevantes para a geração e emissão de amônia pela avicultura de postura e proporcionou a realização de uma correlação entre eles, através de fórmulas matemáticas.

ABSTRACT

FRANÇA, Luís Gustavo Figueiredo, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2017. **Evaluation of nitrogen excretion by laying hens under different thermal conditions and simulation of nitrogen flow using Dynamic Systems Language.** Adviser: Richard Stephen Gates. Co-advisers: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco and Cecília de Fátima Souza.

An important sector of Brazilian agribusiness is poultry farming. In 2016, the segment produced 39.5 billion eggs, surpassing by 6.1% the production registered in the previous year (ABPA, 2017). This growth is related to the fact that a large part of the poultry breeding facility is carried out in vertical breeding systems, which can house up to 120,000 birds in a single aviary. This estimate is attributed to the genetic improvement of laying strains, resulting in smaller animals with higher laying rates. It is also observed that, due to the overlapping of cages at vertical levels in this breeding model, there are higher bird densities per unit area. Consequently, this type of disposal causes a high rate of detention per area. Each laying hen produces about 0.1 kg of waste per day (AUGUSTO, 2007). According to the data for the year 2016, the housing capacity of laying hens in Brazil reached 91.2 million animals (IBGE, 2017), resulting in a total of 9.12 thousand tons of waste generated daily by poultry of Brazilian posture. It is possible to emphasize as environmental problems associated with manure eutrophication of lakes and rivers, acidification of soils, besides the increase of the greenhouse effect, all aggravated due to the generation and emission of ammonia from poultry waste. Environmental factors, such as temperature and relative air humidity, and handling, such as crude protein levels and metabolizable energy of feed may influence the rate of nitrogen excretion by laying hens. The objective of this experiment was to evaluate the excretion of nitrogen by laying hens during the rearing and laying phases, when the thermal conditions of the environment and the formulation of the feed offered to the birds occurred. In addition to proposing a flow diagram for nitrogen from its metabolization by laying hens to volatilization in the form of ammonia to the environment. It was concluded that the temperature of the environment directly influenced nitrogen excretion by laying hens, both in the breeding and laying phases, and the maximum daily temperature range between 30 and 35 ° C was considered critical for nitrogen excretion. However, the energy content of the feed did not influence the loss of this element by birds. The proposed flow diagram proved to be efficient in understanding the interaction between the factors relevant to the generation and emission

of ammonia by posture poultry and provided a correlation between them, using mathematical formulas.

Introdução Geral

O Brasil é um dos maiores produtores de alimentos de origem animal do mundo. Concomitante a isso, nota-se que a produção de ovos de galinhas tem se destacado cada vez mais no setor agropecuário por conterem proteína de excelente qualidade e por possuírem baixo custo agregado. Segundo dados da FAO (2015), a produção brasileira de ovos é a maior da América Latina. Em 2016, por exemplo, valores recorde foram registrados quando se atingiu a marca de 3,10 bilhões de dúzias coletadas, valor este 5,8% superior ao obtido no ano de 2015 (IBGE, 2017). Já os dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2017), apontam que o consumo per capita em 2016 foi de 190 unidades de ovos, representando 5% a mais em relação ao ano anterior. Esses resultados tiveram a contribuição da intensificação de campanhas pró-consumo e a demanda por proteínas de origem animal mais saudáveis.

Ainda sob a ótica estatística, a capacidade de alojamento de galinhas poedeiras, no Brasil, chegou à marca de 91,2 milhões de cabeças em 2015 (ABPA, 2017), representando um aumento de 2,5%, comparado a 2014. Tal crescimento tem sido atribuído, entre outros fatores, à adoção do sistema vertical de criação. Neste modelo de criação, há uma verticalização dos andares de gaiolas, em que os resíduos de cada andar são retirados via esteiras coletoras automatizadas, instaladas em espaços reduzidos. Com a estruturação vertical das colunas de gaiolas, elevando-se o número de andares e, conseqüentemente, de unidades de alojamento de poedeiras por instalação (AUGUSTO, 2007) observa-se que a capacidade de criação varia de 50.000 a 120.000 aves em apenas um aviário; no caso do Brasil, configura-se aí um valor muito superior ao praticado nos sistemas de gaiolas convencionais. Além da retirada mecânica dos dejetos, este sistema de produção possui a coleta e o transporte de ovos, também realizados de forma mecanizada.

A representatividade deste setor produtivo no agronegócio faz com que o país tenha maior compromisso com questões relativas à sustentabilidade da atividade, buscando, assim, mecanismos capazes de atender as crescentes exigências dos mercados interno e externo em relação à quantidade e qualidade do alimento.

Nesse sentido, é possível notar a permanente preocupação do setor produtivo em relação aos poluentes gerados, principalmente, durante a fase de recria e postura das galinhas poedeiras – período este compreendido da sétima semana de vida do animal ao

final do ciclo de produção, no qual a geração de resíduos e, por conseguinte, da emissão de gases poluentes, intensifica-se.

Além do aspecto citado, vale destacar um fator ambiental capaz de influenciar o processo de produção de ovos. Isso porque o Brasil é um país de clima predominantemente tropical e subtropical, caracterizado por elevadas temperaturas médias na maior parte do ano, demandando para sua avicultura industrial de postura cuidados especiais quanto ao estresse térmico, principalmente causado por altas temperaturas.

Quando as aves são expostas a ambientes estressantes, podem ocorrer alterações fisiológicas, como aumento de corticosterona plasmática, alteração de algumas concentrações de hormônios, como os tireoideanos triiodotironina (T₃) e tiroxina (T₄), além de imunossupressão, elevação da frequência cardíaca e respiratória (Donkoh, 1989; Junqueira *et al.*, 2000; Macari *et al.*, 2002; Mack *et al.*, 2013; Sahin *et al.*, 2002).

Assim, ao afetar a fisiologia das aves, o ambiente térmico também afeta diretamente na característica do esterco excretado, o qual é a fonte principal das emissões de gases associados ao sistema intensivo de produção animal. Desse modo, tem-se como poluente gasoso de maior expressão, a amônia (NH₃). Estudos realizados na Europa no decorrer da última década têm reportado que cerca de 70 – 90% de toda a NH₃ antropogênica emitida para atmosfera advém dos sistemas intensivos de produção animal (Battye *et al.*, 1994; Hutchings *et al.*, 2001; Liu, Lingjuan e David, 2006; Pain *et al.*, 1998).

Uma vez lançada na atmosfera, a NH₃ possui efeitos altamente deletérios ao meio ambiente uma vez que a presença de amônia no ar tem sido considerada causadora e potencializadora de chuvas ácidas, além de provocar descarga excessiva de nitrogênio (N) em ecossistemas que podem ser sensíveis a tal nutriente (Sutton *et al.*, 2008).

Segundo Demmers *et al.* (1998), o excesso de N pode levar ainda a eutrofização de lagos e rios e a acidificação de solos. Baek e Aneja (2004), relataram que a formação de aerossóis inorgânicos na atmosfera pode ser relacionada à liberação de NH₃ proveniente das criações avícolas. Reações entre gases naturalmente presentes na atmosfera e a amônia volatilizada podem levar a formação destes aerossóis, os quais, Pilewskie (2007) relata serem potencializadores do efeito estufa, estando diretamente relacionados às mudanças climáticas.

Nessa esteira, a magnitude das emissões de NH₃ para a atmosfera e sua direta correlação com a produção intensiva de proteína animal têm preocupado a comunidade

científica e os órgãos reguladores de poluentes em países como os Estados Unidos, Canadá e parte da comunidade Europeia. Em 2002 o Conselho Nacional de Pesquisa Americano (*National Research Council - NRC*), publicou um relatório intitulado “Emissões gasosas oriundas de sistemas intensivos de produção animal: conhecimento atual, necessidades futuras” (*Air emissions from animal feeding operations: current knowledge, future needs*), o qual apontou a geração e emissão de NH_3 provenientes das produções intensivas de animais como um fator preocupante em escala regional, nacional e global.

Desta forma, podemos notar que as preocupações quanto à emissão de gases provenientes da atividade de produção animal não são recentes. A gênese de tais inquietações ocorreu no início da década de 80, na Europa, quando monitoramentos intensos de emissões de NH_3 começaram a ser realizados. Já em 1990, a *Directive on National Emission Ceilings for Certain Atmospheric Pollutants (NEC Directive)* determinou que até o ano de 2010 os níveis de emissão de NH_3 na União Europeia (UE) deveriam ser reduzidos em 20%, com relação aos níveis de referência medidos até 1990 (Grimm, 2009).

Assim, inúmeras têm sido as tentativas de se estimar o total global da emissão de NH_3 , no entanto, o principal limitante para a melhora dos modelos de estimativa é a falta de uma base de dados confiável, suficientemente extensa e capaz de discriminar o maior número possível de fontes emissoras e seus respectivos fatores de emissão. Estas informações certamente possibilitariam a melhoria dos inventários, a partir dos quais seria possível originar modelos mais confiáveis.

Não diferente do contexto mundial, O Brasil também enfrenta dificuldades. Segundo Tinôco (2001), as instalações para criação de galinhas poedeiras apresentam, em sua maioria, uma tipologia completamente aberta, tendo apenas suas extremidades fechadas. Este fato dificulta imensamente a medição, com precisão, do fluxo de ar que passa dentro do galpão de aves.

A partir do que foi discutido anteriormente, é possível compreender as razões para o aumento do interesse pela qualidade do ar e fatores de emissão de poluentes, por meio de incessantes pesquisas que já vêm sendo desenvolvidas há mais de 30 anos na comunidade científica acerca das emissões de NH_3 . Emissões estas, oriundas dos sistemas de produção intensivo de animais.

Todavia, mesmo com a magnitude da produção animal brasileira, e, sobretudo da produção avícola, tal preocupação relativa aos efeitos ambientais provocados pela geração

e emissão da NH_3 parece não existir para legisladores nacionais. Como consequências disto, não existem metodologias adaptadas às condições brasileiras, ou bases de dados de emissão consistentes, tampouco políticas reguladoras para a emissão deste poluente, e, não se espera que isto ocorra num futuro muito próximo.

Ainda assim, é necessário ressaltar alguns esforços que vêm surgindo por iniciativa de pesquisadores brasileiros – como os trabalhos publicados por Owada *et al.* (2007), Nääs *et al.* (2007), Vigoderis *et al.* (2010) – no sentido de se monitorar ou estimar as concentrações de NH_3 no interior de galpões avícolas. Além dos estudiosos mencionados, cabe salientar que Saraz (2010) adaptou e testou uma cápsula de fluxo passivo (CFP) para a aferição de fluxos de NH_3 da cama de aves; se por um lado, tal metodologia mostrou-se eficiente na estimativa dos fluxos, apesar de não levar em consideração a taxa de ventilação (G) dos galpões monitorados, por outro, tornou o cálculo da taxa de emissão de NH_3 uma tarefa difícil, sobretudo para galpões ventilados com pressão positiva em vista da estimativa da G ser mais complexa do que para sistemas ventilados sob pressão negativa (Baptista *et al.*, 1999).

Pelo fato de existirem diversas causas que influenciam diretamente na geração e emissão de amônia, é interessante ressaltar que um maior conhecimento de cada etapa do processo de criação de animais, bem como os fatores ambientais e de manejo nele implicados, se faz necessário ao procedimento. Desse modo, será possível a identificação de pontos chave, que poderão ser alterados visando à redução da geração e emissão de NH_3 .

Quando se tem um conjunto de partes e observa-se uma interação entre as mesmas, formando-se um corpo, entende-se que esta estrutura corresponde a um sistema (Bellinger, Horton e Gorsuch, 1996). Assim, sob esse viés, não se deve resumir um sistema apenas pelos seus componentes, tornando-se primordial o entendimento das suas inter-relações.

Segundo Gavira (2003), existem inúmeras formas de estudar um sistema e suas relações. Dentre elas, a experimentação com sistema real, lançando-se mão de modelos físicos e matemáticos (analíticos e simulações). Por meio do uso de simulações (a partir da elaboração de um modelo) torna-se possível realizar a interpretação de fenômenos de forma analítica. De acordo com certos parâmetros de entrada e suas magnitudes (Xu e Li, 2011), tais simulacros podem ser utilizados para prever o comportamento futuro de determinado grupo de elementos.

Uma ferramenta indicada para esta análise é a Dinâmica de Sistemas (DS), a qual pode ser definida como uma linguagem capaz de expressar, mais adequadamente, cadeias de eventos existentes na natureza (Villela, 2005). Utilizando-se diagramas (causais ou de fluxo e estoque) é possível descrever graficamente e realizar o equacionamento de um sistema produtivo, possibilitando, assim, uma análise clara de sua complexidade dinâmica (ao longo do tempo), e das inter-relações entre cada etapa.

Neste sentido, a proposta do presente trabalho é aplicar a Dinâmica de Sistemas para equacionar e descrever o processo de excreção de nitrogênio por galinhas poedeiras submetidas às condições de contorno relacionadas a variáveis do ambiente térmico e de dieta. Seguindo esta metodologia, seria possível gerar equações que possibilitem quantificar o teor de nitrogênio presente em dejetos de galinhas poedeiras, com base nas variáveis temperatura ambiental e nível energético da ração ofertada às aves, de forma a definir, assim, o potencial máximo de geração e emissão de amônia.

Pretende-se ainda verificar o potencial máximo de excreção de nitrogênio, pelas galinhas poedeiras submetidas a diferentes condições climáticas extremas, que podem ser encontradas no Brasil, para as várias temperaturas em áreas de produção de ovos. Além desse objetivo, busca-se mensurar a excreção de nitrogênio por galinhas poedeiras em função de diferentes níveis energéticos das rações e diferentes ambientes térmicos para a fase de recria e postura.

Para isto, este trabalho será dividido em quatro capítulos, assim intitulados:

- Capítulo I – Aporte e excreção de nitrogênio na avicultura industrial de postura.
- Capítulo II – Artigo I – Avaliação da excreção de nitrogênio, por galinhas poedeiras, durante a fase de recria e submetidas a diferentes ambientes térmicos.
- Capítulo III – Artigo II – Avaliação da excreção de nitrogênio, por galinhas poedeiras, durante a fase de postura em ambientes com temperaturas controladas e com o fornecimento de rações com diferentes níveis energéticos.

Capítulo IV – Artigo III – Aplicação da linguagem Dinâmica de Sistemas (DS) para simulação da emissão de amônia pela avicultura de postura.

Referências

- ABPA. **Relatório Anual - 2016**. São Paulo. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais/2016>>. Acesso em: 03 de abril de 2017.
- AUGUSTO, K. V. Z. Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos em sistemas de produção de ovos: compostagem e biodigestão anaeróbia. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, 2007.
- BAEK, B. H.; ANEJA, V. P. Measurement and Analysis of the Relationship between Ammonia, Acid Gases and Fine Particles in Eastern North Carolina. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 54, n. May, p. 623–633, 2004.
- BAPTISTA, F. J., BAILEY, B. J., RANDALL, J. M., & MENESES, J. F. Greenhouse Ventilation Rate: Theory and Measurement with Tracer Gas Techniques. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 72, n. 4, p. 363–374, 1999.
- BATTYE, R., BATTYE, W., OVERCASH, C., & FUDGE, S. Development and selection of ammonia emission factors: Final report. n. February, 1994.
- BELLINGER, R. G.; HORTON, P. M.; GORSUCH, C. S. **Reduce pesticide drift** Clemson, Clemson University. PIP-35, 1996.
- DEMMERS, T. G. M., BURGESS, L. R., SHORT, J. L., PHILLIPS, V. R., CLARK, J. A., & WATHES, C. M. First experiences with methods to measure ammonia emissions from naturally ventilated cattle buildings in the U.K. **Atmospheric Environment**, v. 32, n. 3, p. 285–293, 1998.
- DONKOH, A. Ambient temperature: a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens. **Int J Biometeorol**, v. 33, p. 259–265, 1989.
- FAO. **FAO Statistical Pocketbook 2015**. [s.l: s.n.].
- GAVIRA, M. DE O. **Simulação Computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. Escola de Engenharia de São Carlos, 2003.
- HUTCHINGS, N. J., SOMMER, S. G., ANDERSEN, J. M., & ASMAN, W. A. H. A detailed ammonia emission inventory for Denmark. **Atmospheric Environment**, v. 35, n. 11, p. 1959–1968, 2001.
- IBGE. Indicadores IBGE. p. 47, 2017.
- JUNQUEIRA, O. M., FILHO, B. D. C., ARAÚJO, L. F., SOARES, C., & SAKOMURA, N. K. Efeitos das Fontes e Níveis de Sódio, Cloro e Potássio e da Relação (Na+K)/Cl, sobre o Desempenho e Características do Plasma Sangüíneo de Poedeiras Comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 1110–1116,

2000.

- LIU, Z.; LINGJUAN, W.; DAVID, B. A Review of Emission Models of Ammonia Released from Broiler Houses. **ASABE Technical Paper 06-4101**, n. January 2006, p. 17, 2006.
- MACARI, M.; FIRLAN, R. L.; SILVA, I. J. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 2002.
- MACK, L. A, FELVER-GANT, J. N., DENNIS, R. L., & CHENG, H. W. Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. **Poultry science**, v. 92, p. 285–94, 2013.
- NÄÄS, I. A., MIRAGLIOTTA, M. Y., BARACHO, M. S., & MOURA, D. J. Ambiente aérea em alojamento de frangos de corte: poeira e gases. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 326–335, 2007.
- OWADA, A. N., NÄÄS, I. DE A., MOURA, D. J. DE, & BARACHO, M. D. S. Estimativa de bem-estar de frango de corte em função da concentração de amônia e grau de luminosidade no galpão de produção. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 611–618, 2007.
- PAIN, B. F., VAN DER WEERDEN, T. J., CHAMBERS, B. J., PHILLIPS, V. R., & JARVIS, S. C. A new inventory for ammonia emissions from U.K. Agriculture. **Atmospheric Environment**, v. 32, n. 3, p. 309–313, 1998.
- PILEWSKIE, P. Climate change: Aerosols heat up. v. 448, n. August, p. 541–542, 2007.
- SAHIN, K., SAHIN, N., ONDERCI, M., GURSU, F., & CIKIM, G. Optimal dietary concentration of chromium for alleviating the effect of heat stress on growth, carcass qualities, and some serum metabolites of broiler chickens. **Biol Trace Elem Res**, v. 89, n. 1, p. 53–64, 2002.
- SARAZ, J. A. O. Determinação experimental e modelagem em CFD das taxas de emissões de amônia de camas de aviários e distribuições de concentrações, temperatura e velocidade do ar no interior de galpões avícolas. Tese de Doutorado. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, 2010.
- SUTTON, M. A., ERISMAN, J. W., DENTENER, F., & MÖLLER, D. Ammonia in the environment: From ancient times to the present. **Environmental Pollution**, v. 156, n. 3, p. 583–604, 2008.
- TINÔCO, I. DE F. F. **Avicultura Industrial : Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros**. **Revista**

Brasileira de Ciência Avícola, v. 3, p. 1–26, 2001.

VIGODERIS, R. B., CORDEIRO, M. B., DE FÁTIMA FERREIRA TINÔCO, I., MENEGALI, I., DE SOUZA, J. P., & DE HOLANDA, M. C. R. Avaliação do uso de ventilação mínima em galpões avícolas e de sua influência no desempenho de aves de corte no período de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1381–1386, 2010.

VILLELA, P. R. C. Introdução à dinâmica de sistemas. n. 32, p. 59, 2005.

XU, J.; LI, X. Using system dynamics for simulation and optimization of one coal industry system under fuzzy environment. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 9, p. 11552–11559, 2011.

Capítulo I – Aporte e excreção de nitrogênio na avicultura industrial de postura.

O nitrogênio (N) é um elemento essencial à vida, faz parte de moléculas como proteínas, enzimas e ácidos nucleicos. Sua presença na atmosfera terrestre é expressiva, cerca de 78 % de seu volume, corresponde a este elemento na sua forma gasosa livre (N₂); no entanto, esta molécula é incapaz de ser aproveitada pela imensa maioria dos seres vivos.

Esta incapacidade de boa parte dos seres vivos, de não absorverem diretamente o N₂, se deve ao fato de que para quebrar a tripla ligação entre seus átomos é necessária uma enorme quantidade de energia. Para que este nutriente seja aproveitado biologicamente, deve haver uma transformação do N₂ em moléculas mais reativas, como a amônia, amônio e o nitrato. Este processo é denominado de mecanismo de fixação de nitrogênio (Aduan, Vilela e Júnior, 2004).

No ambiente, além de ser encontrado em sua fórmula molecular (N₂), também observa-se sua presença nas formas de óxidos; N₂O, NO, NO₂ e compostos; NH, NH₃, HNO₂ e HNO₃, mesmo sendo um elemento pouco reativo (Botkin e Keller, 2014).

A fixação do nitrogênio pode acontecer naturalmente pela ação de descargas elétricas na atmosfera (escala reduzida). Através de raios, os quais proporcionam condições momentâneas, adequadas a este processo, de altas pressões e temperaturas, fazendo com que o oxigênio (O₂) e o nitrogênio gasosos (N₂) se combinem principalmente na forma de NO_x, que são óxidos de nitrogênio (Schlesinger e Andrews, 2000).

A principal forma de assimilação deste nutriente era basicamente através de microrganismos simbiontes com plantas, ou de vida livre (Figura 1). Aproximadamente 60% do nitrogênio fixado advém de ações de uma enzima complexa e notável chamada nitrogenase, a qual não está presente nos homens nem é encontrada em outros animais; mais é observada em bactérias que vivem em nódulos de raízes de determinadas plantas, como, por exemplo, em leguminosas, trevo e alfafa (White, 2005).

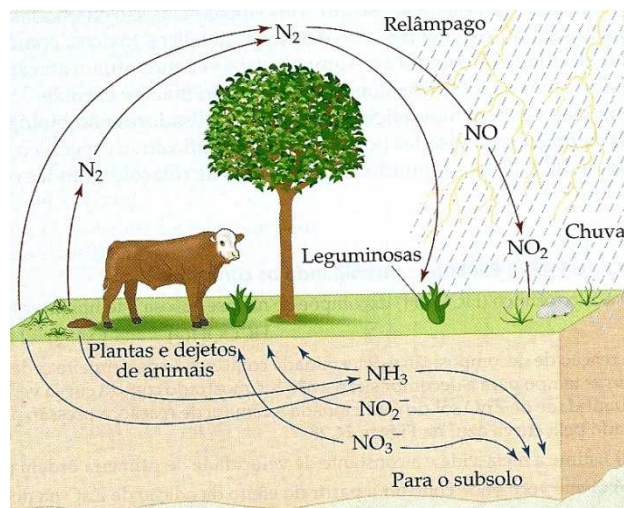


Figura 1: Figura simplificada do ciclo do nitrogênio.
Fonte: White, 2005.

Os compostos de nitrogênio no solo (NH_3 , NO_2^- e NO_3^-), na maioria das vezes, são solúveis em água. Esses compostos nitrogenados são convertidos em biomoléculas pelas plantas e são incorporados aos animais que as comem (White, 2005). Os animais mortos, seus dejetos quanto ainda vivos, bem como restos de plantas são atacados por determinadas bactérias que liberam N_2 para a atmosfera. O N_2 atmosférico é fixado no solo principalmente pela ação de determinadas plantas que contêm enzima nitrogenase, conseqüentemente, completando o ciclo.

Hoje em dia, a atuação do homem tem um papel fundamental na produção de nitrogênio disponível na biosfera, grande parte é produzida através de processos industriais e depositada em áreas agrícolas, na forma de fertilizantes. A queima de combustíveis fósseis pode ser considerada como sendo outra forma de liberação antropogênica de N, pois esta libera nitrogênio de fontes antes indisponíveis para a biota terrestre (Aduan, Vilela e Júnior, 2004).

Os sistemas de criação de animais, sobretudo quando utilizados confinamentos, também são exemplos nos quais o nitrogênio é inserido em altas quantidades no ambiente. Esta entrada se deve a rações ricas em aminoácidos, as quais têm o intuito de melhorar o desempenho produtivo dos animais (Yang, Lorimor e Xin, 2000). A indústria avícola tem se destacado a nível mundial por vários motivos, dentre os quais podem ser citados: a qualidade dos produtos gerados (ovos e carne, que são fontes proteicas de ótima qualidade

para a dieta humana, e, de baixo custo), ciclos curtos de produção (no caso dos frangos de corte) e um alto nível de tecnologia, o que torna a produção mais homogênea eficiente.

1. Aporte de nitrogênio para aves de postura:

Após serem ingeridas pelas galinhas poedeiras, as proteínas (ou aminoácidos após sua digestão) são absorvidas pelo sistema digestivo e encaminhadas para as células onde podem ser utilizados para síntese de outros aminoácidos e, subsequentemente, formarem novas proteínas. Estas serão utilizadas pelo organismo das aves na construção e produção de diversos tecidos, em especial o muscular e na composição dos ovos. Outro caminho que o aminoácido pode seguir é a sua degradação catabólica, neste caso, ele é utilizado para a liberação de energia a ser aproveitada na síntese de biomoléculas (Mendes, Xin e Li, 2012).

Proteínas são encontradas em todas as partes das células, sendo as moléculas orgânicas em maior quantidade (cerca de 50% do peso seco total celular). Estas moléculas têm sido exaustivamente estudadas, em virtude de sua tamanha importância, no processo de síntese de outras moléculas e seu aproveitamento metabólico. Os aminoácidos são metabolizados no fígado, onde ocorre à produção de amônia (NH_3) a qual é empregada em uma grande variedade de processo biossintéticos.

Sendo assim, a ingestão do nitrogênio pelas galinhas poedeiras, se dá por meio de proteínas presentes na ração ofertada a elas. Para a formulação deste alimento, no Brasil, é utilizado como base, pela grande maioria dos produtores de ovos de galinhas, as “Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos” compostas por Rostagno *et al.* em 2017, nas quais se recomenda que as rações fornecidas às galinhas de postura durante o ciclo produtivo, apresentem um teor de proteína bruta quem varie entre 16,0% e 18,0%, dependendo da linhagem padrão de produção e idade do animal.

Após serem metabolizados, derivados destas proteínas, serão os promotores para a formação do ácido úrico, o qual, quando excretado, dará origem às moléculas de NH_3 , que poderão ser emitidas ao meio ambiente. Devido a este fenômeno, diversos pesquisadores concentram esforços em maneiras de reduzir a proteína bruta das rações substituindo por aminoácidos específicos a serem utilizados em processos biomoleculares, sem que os animais tenham perdas nutricionais.

O desempenho das aves está diretamente relacionado às rações ingeridas. Assim, de modo a manter a massa corporal específica, e, no intuito de alcançar o desempenho produtivo máximo de ovos, são administradas dietas com alto teor de proteína bruta e elevados níveis energéticos. Nas Tabela 1 e Tabela 2 estão apresentadas, por Rostagno *et al.*, (2017), os resultados de diversas pesquisas que objetivaram determinar as exigências nutricionais para galinhas poedeiras, sendo norteadoras para a formulação de ração em aviários comerciais no Brasil. Os autores apresentam, também, a Equação 1, a qual, visa como resultado a determinação da quantidade de energia metabolizável (EM) necessária para manter a demanda fisiológica das aves.

$$EM = 1155P^{0,75} + 7,62G + 2,4 Ovo + 3P^{0,75}(21 - T) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

P = Peso corporal em kg;

G = Ganho de peso g /ave/ dia

Ovo = g de ovo/ ave/ dia = $\frac{\% \text{ de postura} \times \text{Peso do ovo}}{100}$

T = Temperatura média em, °C.

Tabela 1: Exigências Nutricionais (%) de Galinhas Poedeiras Leves de Acordo com a Produtividade, a Energia Metabolizável e o Consumo de Ração.

Peso Corporal, kg		1,470	1,600	1,650		
Ganho, g/dia		1,5	0,5	0		
Massa de Ovo, g/dia		55	50	45		
Exigência de EM, kcal/dia		304	303	297		
EM da Ração, kcal/kg		2900	2800	2700		
Consumo de Ração, g/dia		105	108	110		
Proteína Bruta	%	15,71	15,28	15,0		
Cálcio	%	3,83	3,72	3,66		
Fósforo Disponível	%	0,357	0,347	0,341		
Potássio	%	0,552	0,537	0,527		
Sódio	%	0,214	0,208	0,205		
Cloro	%	0,191	0,185	0,182		
Ácido Linoleico	%	1,152	1,120	1,100		
Aminoácido		Dig.	Total	Dig.	Total	Dig.
Lisina ³	%	0,758	0,851	0,673	0,756	0,603
Metionina	%	0,379	0,417	0,337	0,370	0,302
Metionina + Cistina	%	0,690	0,766	0,612	0,680	0,549
Triptofano	%	0,174	0,196	0,155	0,174	0,139
Treonina	%	0,500	0,579	0,444	0,514	0,398
Arginina	%	0,758	0,817	0,673	0,726	0,603
Glicina + Serina	%	-	0,681	-	0,605	-
Valina	%	0,682	0,766	0,606	0,680	0,543
Isoleucina	%	0,629	0,706	0,559	0,627	0,500
Leucina	%	0,925	1,013	0,821	0,900	0,736
Histidina	%	0,220	0,238	0,195	0,212	0,175
Fenilalanina	%	0,493	0,536	0,437	0,476	0,392
Fenilalanina + Tirosina	%	0,894	0,979	0,794	0,869	0,779

Tabela 2: Exigências Nutricionais de Galinhas Poedeiras Semipesadas de Acordo com a Produtividade, a Energia Metabolizável e o consumo de Ração.

Peso Corporal, kg		1,600	1,800	1,900		
Ganho, g/dia		2	1	0		
Massa de Ovo, g/dia		55	50	45		
Exigência EM, kcal/dia		319	323	320		
EM Ração, kcal/kg		2900	2800	2700		
Consumo, g/dia		110	115	118		
Proteína Bruta	%	15,45	14,78	14,41		
Cálcio	%	3,82	3,65	3,56		
Fósforo Disponível	%	0,341	0,326	0,318		
Potássio	%	0,536	0,513	0,500		
Sódio	%	0,209	0,200	0,195		
Cloro	%	0,191	0,183	0,178		
Ácido Linoleico	%	1,100	1,052	1,026		
Aminoácido		Dig.	Total	Dig.	Total	Dig.
Lisina ³	%	0,741	0,833	0,652	0,733	0,590
Metionina	%	0,371	0,408	0,326	0,359	0,295
Metionina + Cistina	%	0,674	0,750	0,593	0,660	0,537
Triptofano	%	0,170	0,192	0,150	0,168	0,134
Treonina	%	0,489	0,566	0,430	0,498	0,389
Arginina	%	0,741	0,800	0,652	0,704	0,590
Glicina + Serina	%	-	0,666	-	0,586	-
Valina	%	0,667	0,750	0,587	0,660	0,531
Isoleucina	%	0,615	0,691	0,541	0,608	0,490
Leucina	%	0,904	0,991	0,795	0,872	0,720
Histidina	%	0,215	0,233	0,189	0,205	0,171
Fenilalanina	%	0,482	0,525	0,424	0,462	0,384
Fenilalanina + Tirosina	%	0,874	0,958	0,769	0,843	0,696

O Guia de Manejo Hy Line W-36 (2016) sugere que, aves estando a partir do início do pico de postura, sejam alimentadas com rações que tenham índice de proteína bruta igual a 16,5% e energia metabolizável entre 29550 e 29911 kcal/kg. Na Figura 2 é observado que o consumo diário de ração aumenta com a idade, para suprir as necessidades crescentes de nutrientes dos animais até se estabilizar por volta da 35 semanas de idade.

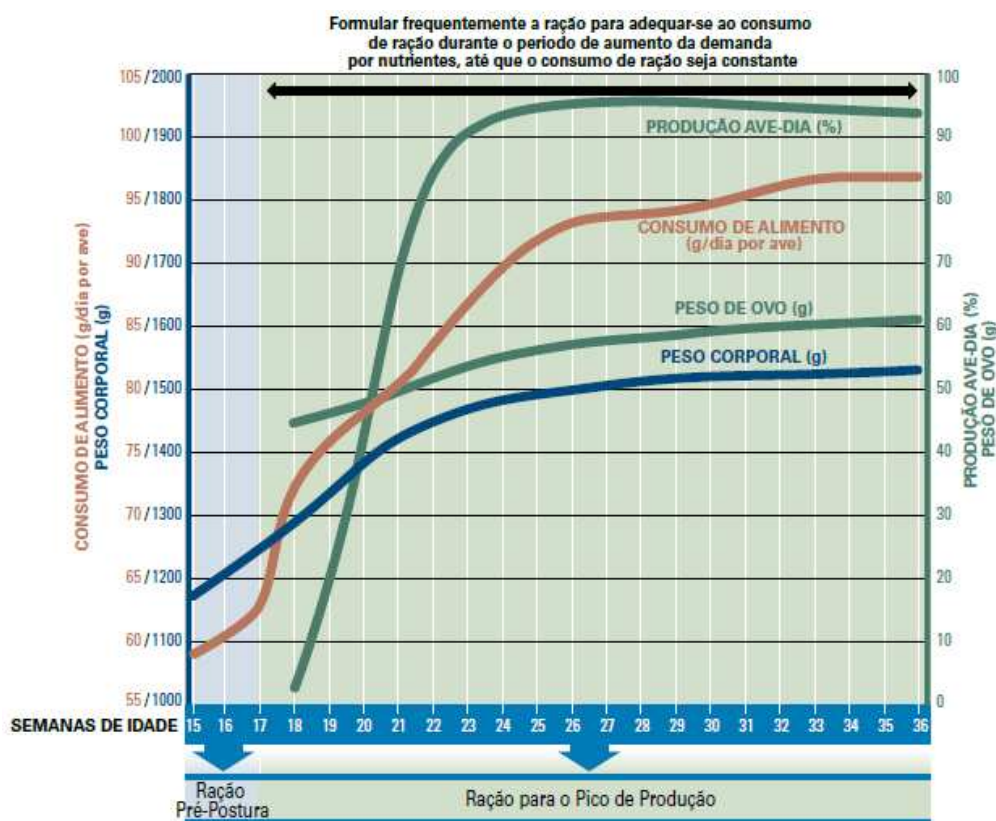


Figura 2: Consumo de ração, peso médio de ovos, peso corpora e produção diária de ovos por galinhas poedeiras.
Fonte: Hy-line, 2016.

Segundo Patterson *et al.* (1998) do total de N presente na ração animal, o percentual que ficará retido nas aves varia com a idade (devido às alterações naturais no índice de conversão alimentar) e com o tipo de manejo e ambiente. Patterson *et al.* (1998), quando realizaram estudos em granjas de frangos de corte, nos Estados Unidos, observou que aproximadamente 51% do total de nitrogênio que entrou no galpão na forma de ração, foi incorporado pela ave e passou a fazer parte da constituição da carcaça dos animais. Já Malone *et al.* (1997), observaram que a carcaça fresca de um frango de corte contém aproximadamente 51,8% de proteína.

Ao realizar o balanço de N em galpões de galinhas poedeiras nos Estados Unidos, Yang, Lorimor e Xin (2000) utilizaram o valor sugerido por Haque, Lyons e Vandepopuliere (1991), de 58% como teor médio de proteína bruta na carcaça das aves. É percebido que estes resultados concordam razoavelmente com o índice de conversão alimentar médio de linhagens comerciais, em torno de 2,0, sugerindo assim, que cerca de 50% da ração utilizada para alimentação das aves não será assimilada por elas.

Hartung (1991), afirma que 37% do nitrogênio total (N_T) ingerido é perdido para a atmosfera como amônia (NH_3). Sendo assim, é na busca por reduzir estas perdas de nitrogênio nos dejetos, que estão concentradas as pesquisas científicas, visando a substituição de parte da proteína bruta em rações por aminoácido específicos ao metabolismo das aves, buscando assim, maximizar a absorção de nitrogênio pelas aves.

A amônia nas condições normais de temperatura ($25^\circ C$) e pressão (1 atm) encontra-se no estado gasoso, sendo incolor e possuindo odor pungente (Slack e James, 1974). A molécula de amônia é formada por um átomo de nitrogênio e três de hidrogênio cuja fórmula molecular é NH_3 . O átomo de nitrogênio central possui cinco valências ou elétrons livres, três dos quais se ligam com os respectivos elétrons livres dos três átomos de hidrogênio, restando um par de elétrons (Slack e James, 1974).

A geometria da molécula, portanto, possui formato piramidal-trigonal (Figura 3). No caso da molécula de NH_3 , os ângulos entre as ligações H-N-H são de $107,8^\circ$. Este desvio é resultado da repulsão existente entre o par de elétrons não ligantes e os pares de elétrons das ligações N-H. O fato de o átomo de nitrogênio na molécula de NH_3 possuir um par de elétrons livres torna a amônia uma base, ou um receptor de prótons (Lee, 2009).

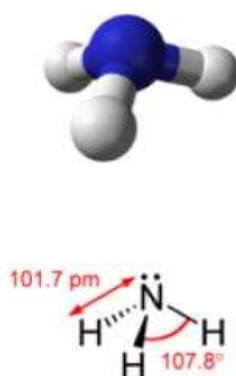


Figura 3: Representação gráfica da molécula de amônia e sua fórmula estrutural

2. Metabolização e excreção de nitrogênio pelas galinhas poedeiras

As formas do nitrogênio excretadas pelos animais podem ser o ácido úrico, ureia e amônia. As aves excretam ácido úrico, que é degradado liberando amônio (NH_4^+) no meio, o qual é convertido rapidamente em amônia (NH_3), elemento altamente volátil, causando assim a perda de N para a atmosfera.

Por serem animais uricotélicos, as aves produzem o ácido úrico como excremento do N excedente, ou seja, que não foi utilizado na síntese de moléculas bioquímicas (Nelson e Cox, 2012). Os animais domésticos em geral, mais especialmente os que compõem a avicultura de corte e postura são alimentados com dietas contendo altos níveis de proteínas, parte destas será excretada na forma não digerida, e a parcela que foi digerida e não foi utilizada nos processos metabólicos, resultará na liberação de ácido úrico.

O processo de maior importância, que constitui o ciclo biogeoquímico do N na natureza, é a mineralização. Esta pode iniciar-se ainda no interior do galpão e perdurar-se, dependendo do tempo que os dejetos permaneçam armazenados no interior da instalação.

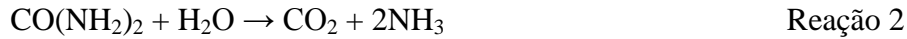
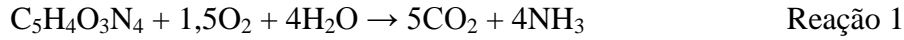
De acordo com Manzoni e Porporato (2009), o processo de mineralização é definido como sendo uma série complexa de reações químicas que é governada principalmente por meios biológicos; neste processo um substrato orgânico é convertido em biomassa viva e resíduos minerais.

Uma vez excretado dentro das instalações, o dejetos entrará em processo de degradação bacteriológica, resultando na formação de substâncias mais simples. O processo de degradação se prolongará enquanto houver matéria prima, sendo os produtos inorgânicos finais volatilizados ou assimilados por outros organismos, como as plantas, na eventualidade do uso dos dejetos como adubos orgânicos substituindo a utilização de adubos químicos.

O N convertido em ácido úrico e excretado pelas galinhas poedeiras será mineralizado por bactérias liberando NH_4^+ no ambiente. Por sua vez, na presença de umidade e oxigênio, será convertido em amônia (NH_3), substância altamente volátil, podendo ser liberada no ar, causando assim a perda de nitrogênio (N) para a atmosfera (Gay *et al.*, 2009).

É destacado por Yang, Lorimor e Xin (2000), que o gás amônia (NH_3), gerado a partir da mineralização do ácido úrico excretado pelas aves, sobressai entre as emissões gasosas associadas ao esterco. A amônia apresenta um alto potencial poluidor.

Os processos de degradação bioquímica do ácido úrico ($C_5H_4O_3N_4$), ureia ($CO(NH_2)_2$) e proteínas não-digeridas, são complexos, mas podem ser simplificados nas reações a seguir (Koerkamp e Bleijenberg, 1998):



Os três processos citados acima são afetados pela ação microbiana, resultando na produção de NH_3 e CO_2 . Groot Koerkamp e Bleijenberg (1998), relatam que a enzima uricase é comumente encontrada em microrganismos e é específica para a reação com ácido úrico, o qual fica contido fartamente nas deposições dos aviários de postura.

No caso específico do esterco de galinhas poedeiras, o processo químico mais significativo que descreve a geração de NH_3 está representado na Reação 1, onde os íons NH_4^+ , após serem gerados, são particionados entre as fases adsorvida e dissolvida (Figura 4).

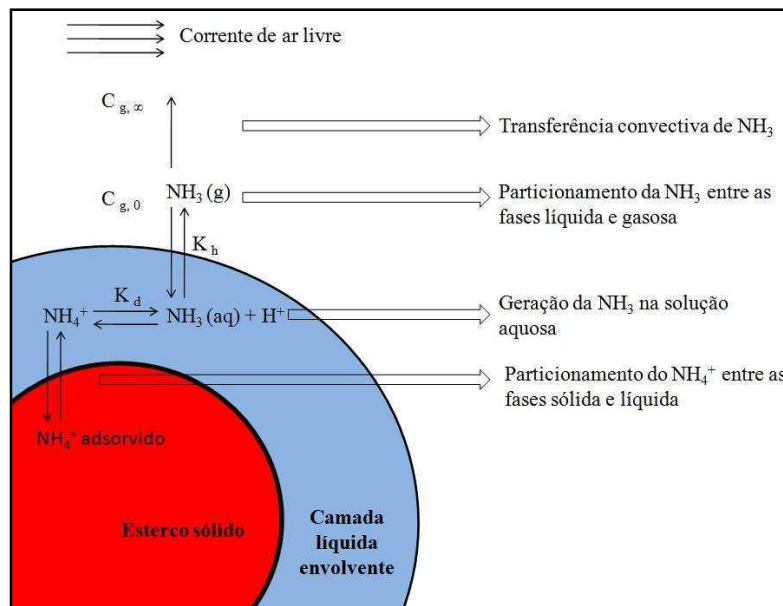


Figura 4: Ilustração dos processos relacionados com a emissão de NH_3 do esterco sólido. Fonte: Adaptado de Liu, Lingjuan e David (2006)

O nitrogênio dissolvido na camada líquida da superfície de uma partícula de esterco pode existir na forma de NH_4^+ e NH_3 livre, relação expressa pela constante de dissociação (K_d). A constante de Henry (K_h) descreve o equilíbrio entre a NH_3 livre nas fases aquosa e

gasosa (Liu, Lingjuan e David, 2006). A NH_3 é transmitida da superfície da partícula de esterco para o ar do ambiente circundante através da transferência de massa por convecção.

O equilíbrio $\text{NH}_3 - \text{NH}_4^+$ é grandemente influenciado pela temperatura da solução e pelo pH. Em valores de pH abaixo de 7, a NH_3 da solução no esterco tenderá a converter-se em NH_4^+ , a qual não é passível de volatilização; por outro lado, pH acima de 7, tende o equilíbrio da reação para a formação de NH_3 .

Vogels e Drift (1976) apresentaram, em seu trabalho, o fluxograma de geração de NH_3 pela Reação 1, sendo que estas etapas podem ser observadas na Figura 5.

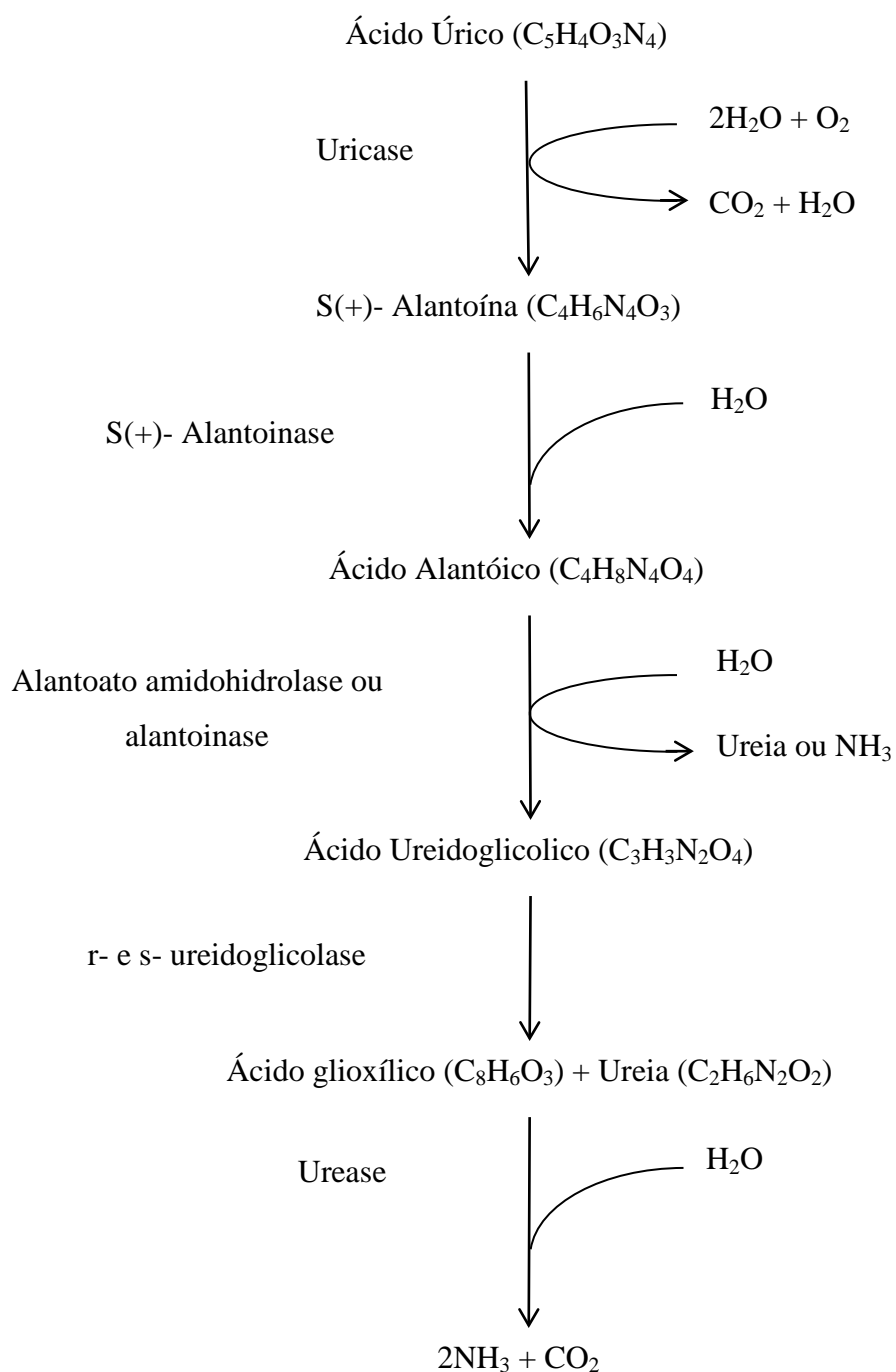


Figura 5: Decomposição aeróbia do ácido úrico (Simplificado)
 Fonte: Adaptada de Vogels e Drift (1976).

Volatilização é o nome do processo físico onde ocorre passagem de uma substância da sua fase líquida para a fase gasosa. A partir deste ponto, pode-se definir a taxa de emissão de um gás, como sendo, o produto de sua concentração pela troca de ar de dentro da instalação (Mendes, Xin e Li, 2012).

Uma vez formada na solução do esterco pelo processo de desnitrificação, a NH_3 é passível de volatilização para o ar. Antes de ser liberada para o ar das proximidades, a NH_3 entra em equilíbrio nas suas formas líquida e gasosa (Koerkamp *et al.*, 1998).

Algumas teorias têm sido desenvolvidas para explicar o processo de volatilização da NH_3 nos excrementos animais. A seguir, serão apresentados dois exemplos de estudos a respeito da volatilização da amônia.

a) Teoria da camada limite (Ni, 1999).

De acordo com esta teoria, a volatilização da NH_3 ocorre em dois passos:

- I. Difusão da amônia através da camada líquida que envolve as partículas de esterco: a partir da mineralização do ácido úrico por bactérias decompositoras, será formado amônio (NH_4^+), este elemento é pouco estável e facilmente convertido em amônia (NH_3), elemento mais estável. A amônia em condições normais de temperatura e pressão encontra-se no estado gasoso, sendo assim ela tende a se concentrar no limite da membrana líquida que envolve o dejetos.
- II. Transferência convectiva da superfície líquida através da camada limite e daí para o ambiente: após o aumento da concentração de amônia no filme líquido que envolve o dejetos, aquela atravessa o limite entre o líquido e o ar, concentrando-se próximo a superfície (Camada limite de concentração - δ_c). Devido ao fenômeno de convecção do ar, a amônia se dissipa para o ambiente.

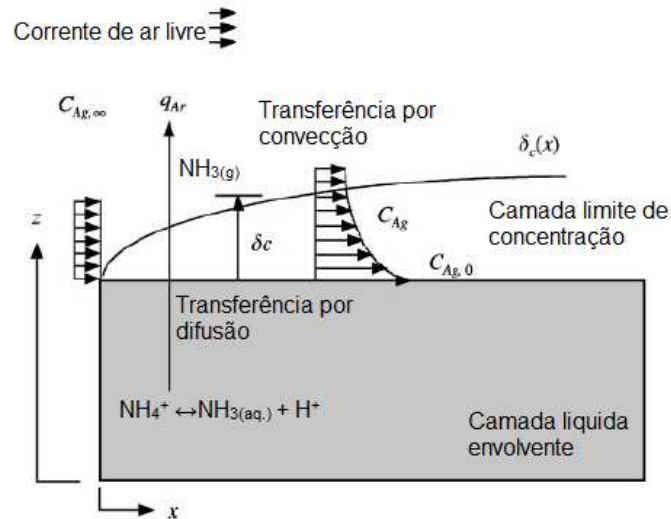


Figura 6: Teoria da camada limite.
Fonte: Adaptado de Ni (1999).

Ni (1999) utilizou a lei de Fick (Equação 2) para descrever matematicamente a transferência de NH_3 da superfície líquida que envolve as partículas de esterco.

$$j = D_g \frac{C_{A_g,0} - C_{A_g}}{\delta_c} = K_g (C_{A_g,0} - C_{A_g}) \approx K_g C_{A_g,0} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

j ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$) é o fluxo mássico de NH_3 ;

D_g é o coeficiente de difusão da NH_3 no ar;

C_{A_g} é a concentração de NH_3 (kg m^{-3}) acima da camada limite;

$C_{A_g,0}$ é a concentração de NH_3 na camada limite subjacente a superfície da camada líquida que envolve a partícula de esterco;

δ_c é a espessura da camada limite laminar (m); e

K_g é o coeficiente convectivo de transferência de NH_3 no ar acima da camada limite (m s^{-1}).

b) Teoria dos dois filmes

Esta teoria possui dois pressupostos importantes. O primeiro de que a taxa de transferência entre filmes é regida pelos índices de difusão através de cada uma das interfaces. O segundo é que não há nenhuma outra resistência durante a transferência da

NH₃ líquida ou gasosa através das interfaces (Wang, 2010; Welty *et al.*, 2007). Na Figura 7 estão representados o esquema e os parâmetros utilizados na teoria dos dois filmes.

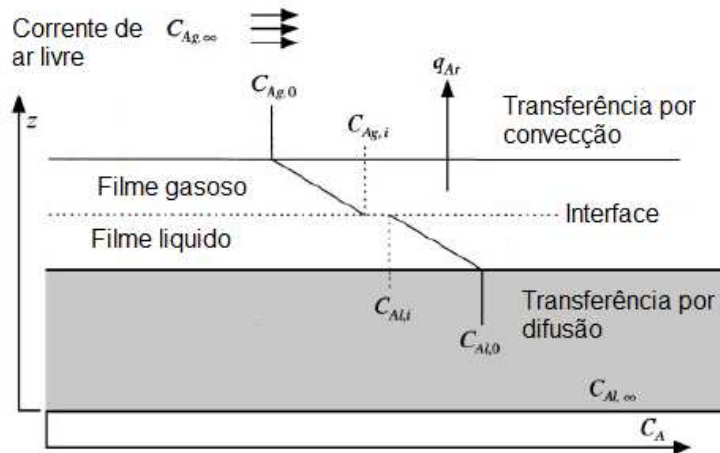


Figura 7: Elucidação da teoria dos dois filmes.
Fonte: Adaptado de Welty *et al.* (2007)

A espessura dos filmes de líquido e gás é muito pequena em relação à espessura da camada de esterco. Segundo Ni (1999) três passos envolvem o processo de transferência da NH₃, são eles:

- difusão da NH₃ de dentro da massa de esterco ou cama para a superfície;
- transferência da NH₃(l) através da camada líquida superficial e;
- transferência convectiva da NH₃(g) através do filme constituído por gás e daí para o ar ambiente.

Li e Xin (2006) dizem que a volatilização de NH₃ a partir do esterco de galinhas poedeiras é afetada pelo conteúdo de N das fezes, teor de umidade das fezes (o qual é afetado pela umidade relativa do ar), tempo de acúmulo dos dejetos, pela relação entre o volume e superfície de contato com o ar atmosférico (característica de empilhamento dos dejetos), pelo pH, temperatura ambiente e disponibilidade de oxigênio, variáveis estas que contribuirão para maior atividade microbiana e, conseqüentemente, maior possibilidade de liberação de NH₃.

Ao passo que a disponibilidade das excretas das aves no ambiente, aumenta também a população microbiana responsável pela mineralização da matéria orgânica e transformação do ácido úrico, possibilitando assim um aumento do teor de NH₄⁺.

3. Fatores que afetam a geração de amônia.

a) Temperatura do ambiente

A temperatura do ambiente tem um importante papel na taxa de geração e emissão de amônia, ela age diretamente sobre duas frentes, interferindo nas repostas fisiológicas das aves e sobre a atividade bacteriana de degradação do ácido úrico (Diagrama 1).

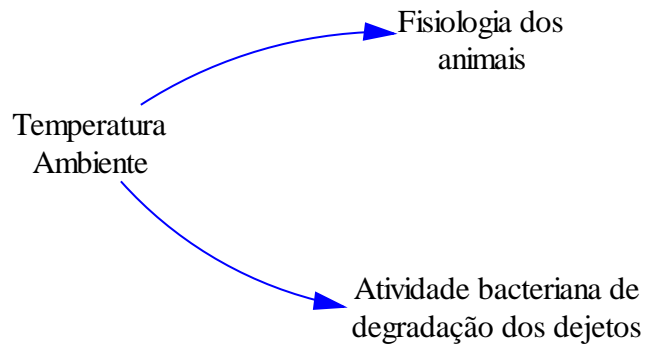


Diagrama 1: Influência da temperatura ambiente

Sobre os animais, a temperatura do ambiente influencia significativamente a taxa de excreção de nitrogênio (N), a qual pode ser descrita, como a excreção de N em porcentagem de seu consumo (Hsu, Lin e Chiou, 1998).

Ainda de acordo com os mesmo autores, a taxa de excreção é expressivamente mais elevada em altas temperaturas, do que quando comparada com os valores apresentados em ambientes termo neutros. É sugerido ainda que este fato provavelmente possa ser devido ao N presente na ração ser melhor metabolizado pelas galinhas poedeiras quando estas encontram-se confortável termicamente.

Segundo Vogels e Drift (1976), quando analisado o efeito causado pela temperatura do ambiente sobre os dejetos, ocorre uma elevação das taxas de decomposição do ácido úrico concomitantemente com a elevação da temperatura, causando assim, maiores potenciais de geração e emissão de NH_3 , o que pode ser observado na Figura 8.

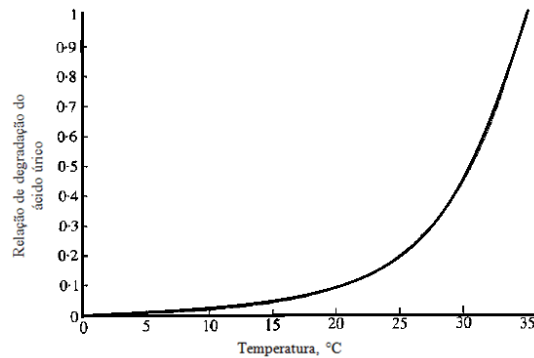


Figura 8: Efeito da temperatura sobre a degradação do ácido úrico
 Fonte: Adaptado de Koerkamp, 1994.

É observado, na Figura 8, que em temperaturas abaixo de 10°C a atividade microbiana de degradação do ácido úrico é praticamente inexistente. A partir de 15 °C, a inclinação da tangente à curva no gráfico se acentua, o que demonstra maiores valores para a taxa de decomposição do ácido úrico. Sendo que, o valor de 35°C corresponde a temperatura crítica superior, proporcionando assim condições ideais para a máxima atividade microbiana de degradação do ácido úrico.

Pratt, Rose e Keeling (2002) realizaram estudos para determinar a influência de diferentes temperaturas do ambiente na perda de nitrogênio à partir de dejetos de galinhas poedeiras. Em seu experimento, foram testadas as temperaturas de 12, 15, 20 e 25°C. A umidade relativa do ar foi mantida entre 70 e 75% com sua média durante o período de investigação igual a 73% ($\pm 0,44\%$). O estudo foi conduzido em câmaras climáticas com dimensões de 2,98m x 3,72m x 2,01m e piso de concreto com isolamento térmico. As características iniciais dos dejetos foram de 303 g ($\pm 8,2\text{g}$) de matéria seca por kg de dejetos, 48 g ($\pm 2,6\text{g}$) de nitrogênio por kg de matéria seca e pH 7,8 ($\pm 0,17$). A partir dos dados produzidos por esta experiência de quantificação do efeito da temperatura sobre a taxa de perda de N, concluiu-se que a elevação da temperatura aumentou a perda de nitrogênio total; sendo que temperaturas acima de 20°C provocaram perdas expressivamente maiores. Koerkamp e Bleijenberg (1998) também observaram um aumento do índice de decomposição do ácido úrico em temperaturas acima de 20°C. Estes fatos podem ser atribuídos a maiores atividades microbianas no esterco quando a temperatura é maior que 20°C.

b) Umidade relativa do ar

Quando é analisada a influência causada pela umidade relativa do ar sobre a geração e emissão de amônia, percebem-se duas vertentes (Diagrama 2). Primeiramente o efeito da umidade associada à temperatura ambiente: quanto maior for à umidade relativa do ar, maior será a dificuldade do animal em trocar calor com o ambiente, aumentando a sensação de calor das aves. Este fenômeno causa alterações em seu metabolismo proporcionando maiores taxas de excreção de ácido úrico.

Por outro lado, a umidade relativa do ar está relacionada diretamente com o teor de umidade dos dejetos. Ela pode tanto facilitar quanto dificultar a perda de água das dejeções, sendo este um aspecto importante quando se avalia a taxa da atividade bacteriana de degradação do ácido úrico excretado.

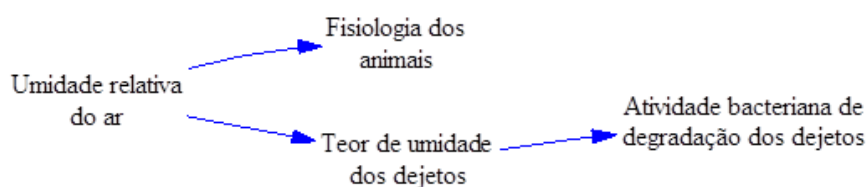


Diagrama 2: Influência do teor de umidade relativa do ar

c) Teor de umidade dos dejetos

O alto teor de umidade dos dejetos favorece a atividade microbiana, possibilitando assim uma maior geração e emissão de NH_3 . Embora este fato ocorra até limites de 80% de umidade dos dejetos. Para valores superiores verifica-se a redução da taxa de emissão de NH_3 , devido à diminuição do contato das bactérias decompositoras com o oxigênio da atmosfera (condições anaeróbias). O efeito da variação do teor de umidade dos dejetos das galinhas poedeiras sobre a degradação do ácido úrico pode ser observado no gráfico presente na Figura 9.

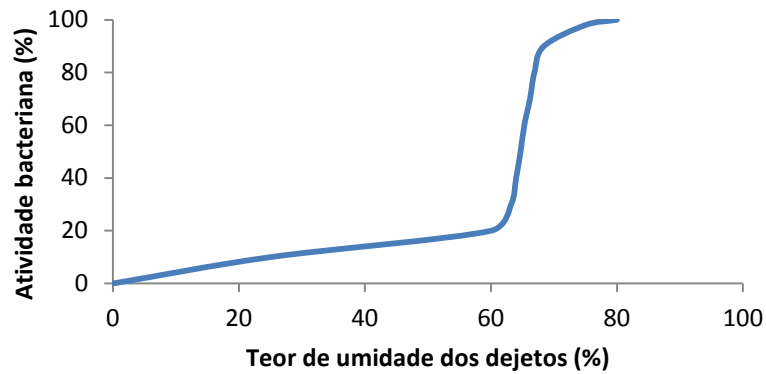


Figura 9: Efeito do teor de umidade dos dejetos sobre a degradação do ácido úrico
 Fonte: Adaptado de Koerkamp e Bleijenberg, (1998).

Quando se observa a Figura 9 torna-se perceptível que a taxa de degradação do ácido úrico por atividades bacterianas encontra-se em uma crescente, praticamente linear, na faixa de umidade que vai de 0% a 60%. Sendo este último valor responsável por proporcionar um salto vertiginoso (cerca de 80%) do desempenho máximo das bactérias. Quando a umidade dos dejetos de galinhas poedeiras está compreendida entre 60 e 70%, são encontradas condições ideais para as atividades bacterianas, devido a este fato, esta faixa de umidade é considerada a que apresenta o maior potencial de geração e emissão de NH_3 .

A taxa de umidade dos dejetos esta diretamente relacionada com o teor de umidade do ar ambiente, sendo que segundo Pratt, Rose e Keeling (2002), este último pode facilitar ou dificultar a perda de água dos dejetos, o que influencia a mineralização do ácido úrico pelas bactérias decompositoras.

d) Densidade de criação

A densidade de criação dos animais tem influência significativa na temperatura do microambiente próximo a eles, por serem animais homeotérmicos, quanto mais próximo cada indivíduo estiver um do outro, maior será a quantidade de calor total gerado por eles. Sendo assim, é possível observar os efeitos causados pela temperatura sobre os animais, citados anteriormente.

Quando se avalia o efeito da densidade de alojamento sobre a produção de NH_3 , com base no estudo de Mendes, Xin e Li (2012) infere-se que os dejetos oriundos do sistema de criação em alta densidade de alojamento apresentam um elevado potencial de geração e emissão de NH_3 quando comparado com os dejetos provenientes de sistemas de

criação em baixa densidade. Estes resultados podem ser relacionados com uma maior quantidade de calor, por área ocupada, calor este gerado pela alta densidade de criação. A criação em alta densidade, portanto provoca maior elevação da temperatura ao nível das aves o que pode levar a maiores quantidades de água ingerida pelas galinhas poedeiras devido ao estresse calórico, acarretando, assim, aumento no teor de umidade das fezes, o que favorece a atividade microbiana de decomposição do ácido úrico.

e) Idade das aves

Mendes, Xin e Li (2012) relataram que a idade das aves (de 1 a 36 semanas de idade) teve um impacto significativo sobre o aumento da quantidade de NH_3 emitida por ave. Este resultado era esperado, uma vez que o consumo de ração, naturalmente cresce com o aumento da massa corporal dos animais, gerando maior produção de dejetos, principal fonte de emissões de NH_3 . Espera-se que durante a fase de produção de ovos, a qual ocorre após o final do ciclo de crescimento das aves, a emissão por ave devido à quantidade de ração ingerida se estabilize, pois o consumo de ração torna-se constante.

Para a avicultura de corte, Gates *et al.* (2008) reportou que a taxa de emissão de NH_3 pode ser escrita como uma função da idade da ave, sendo a relação linear (Equação 3).

$$ER_{\text{NH}_3} = 0,031 (\pm 1,1)x \quad (\text{Equação 3})$$

$$X = \begin{cases} \text{Idade da ave (d),} & \text{se a cama for reutilizada;} \\ 0, & \text{se a cama for nova e a idade da ave} < 7; \\ \text{Idade da ave} - 6, & \text{se a cama for nova e a idade da ave} \geq 7. \end{cases}$$

Em que:

$$ER_{\text{NH}_3} = \text{taxa de emissão de } \text{NH}_3 \text{ (g d}^{-1}\text{ave}^{-1}\text{)}$$

Foi relatado por Mendes, Xin e Li (2012), que a diferença percentual dos valores globais quanto à emissão de NH_3 entre sistemas de baixa densidade (BD) e alta densidade (AD) de alojamento, diminuem com o aumento da idade das aves. Por exemplo, foi observado que a diferença percentual de NH_3 emitida (em mg por ave por dia), entre BD

(413 cm² ave⁻¹) e AD (310 cm² ave⁻¹) foi de 48 % para aves de quatro a cinco semanas de idade (BD = 413 cm² ave⁻¹ e AD = 310 cm² ave⁻¹) e de 22 % para as galinhas de 23 a 36 semanas de idade (BD = 620 cm² ave⁻¹ e AD = 413 cm² ave⁻¹), esperasse que esta diferença estabilize no período produtivo da ave.

f) Manejo dos dejetos

O tempo em que os dejetos estão armazenados, sem ser submetidos a tratamentos visando sua estabilização contribui para a manutenção da atividade de degradação do ácido úrico. Consequentemente, a amônia gerada será emitida ao ambiente.

Experimentos em laboratório realizados por Ning (2008), mostraram que a quantidade de NH₃ emitida pelos dejetos de galinhas poedeiras depende do tempo de acúmulo de esterco. Liang *et al.* (2004) medindo a NH₃ emitida a partir de esteiras transportadoras de dejetos em galpões onde o tempo de permanência dos mesmos sobre as esteiras foi de um dia, percebeu que o total de NH₃ emitida foi, em média, de 54mg por galinha por dia; já para aviários onde os dejetos permaneceram sobre as esteiras por um período de três a quatro dias, a emissão foi, em média, de 94mg por poedeira por dia.

Mendes, Xin e Li, (2012) relatam, em seus estudos, que os valores de NH₃ emitidos pelo esterco de poedeiras após quatro dias de armazenamento foram entre 64 e 98mg por galinha por dia, sendo que, quando avaliado o período de estocagem de um a três dias observou-se emissões menores do que o descrito por Liang *et al.* (2004). Estas discrepâncias provavelmente surgiram do fato de que, no estudo de Mendes, Xin e Li, (2012), os recipientes coletores dos dejetos foram totalmente limpos após cada coleta, enquanto que as esteiras transportadoras estudadas por Liang *et al.* (2004), não eram higienizadas plenamente após o carregamento dos dejetos, o que contribuiu para que os níveis de emissões de NH₃ fossem superiores. Outros fatores possíveis são aqueles relacionados à concentração de N na dieta, temperatura ambiente e umidade do ar e dejetos, etc.

Fleischer (1992) percebeu em seus estudos que ocorre menor perda de NH₃ quando os dejetos são retirados para fora das instalações por esteiras automatizadas, ou com um intervalo de remoção dos dejetos de 5 a 7 dias. Kroodsma et al. (1988) confirmarão que a quantidade de amônia emitida pelo esterco depositado abaixo das gaiolas até serem removidos é maior do que a quantidade emitida se ele for removido frequentemente por um sistema de esteiras automatizadas.

Quanto ao tempo de deposição dos dejetos, foi observado que as taxas de emissão de NH_3 aumentam juntamente com o tempo de acúmulo. O sistema de criação em alta densidade, com gaiolas sobrepostas e esteira transportadora de dejetos, colabora para menores emissões de NH_3 , uma vez que os dejetos não costumam ficar mais de três dias sem serem retirados dos galpões, pois maiores acúmulos prejudicam o funcionamento dos motores elétricos responsáveis pelo acionamento das esteiras.

Leeson, Summers e Días (2000) verificaram médias de 5,0% de N em dejetos de aves poedeiras e 2,9% de N nos mesmos dejetos quando acumulados por um ano com base na matéria seca. Indicando que quanto mais tempo os dejetos permanecerem armazenados, maior será a perda de nitrogênio para a atmosfera.

g) pH dos dejetos

O pH dos dejetos tem um importante papel no potencial de emissão de amônia, pois ele afeta duas vias do processo, a primeira, diz respeito a geração de amônio (NH_4^+), pelas bactérias nitrificantes, a segunda refere-se a conversão do NH_4^+ em NH_3 (Diagrama 3).

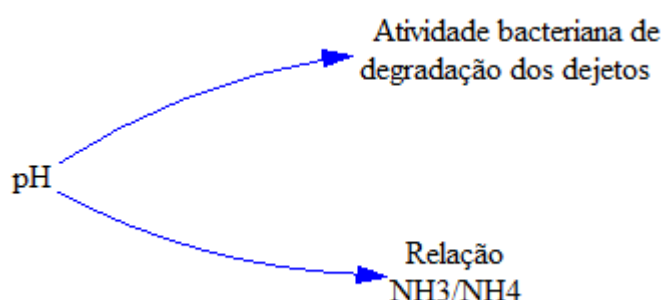


Diagrama 3: Influência do pH sobre a geração e emissão de amônia

O pH exerce influência diretamente na atividade microbiana de decomposição do ácido úrico. Koerkamp e Bleijenberg (1998) relatam, em seus estudos, que o pH ótimo para a atividade das bactérias decompositoras do ácido úrico é em torno de 9, o que foi apresentado no gráfico a seguir (Figura 10), semelhante ao confeccionado por Gay *et al.* (2009), mostrando a degradação do ácido úrico em relação a variação do pH.

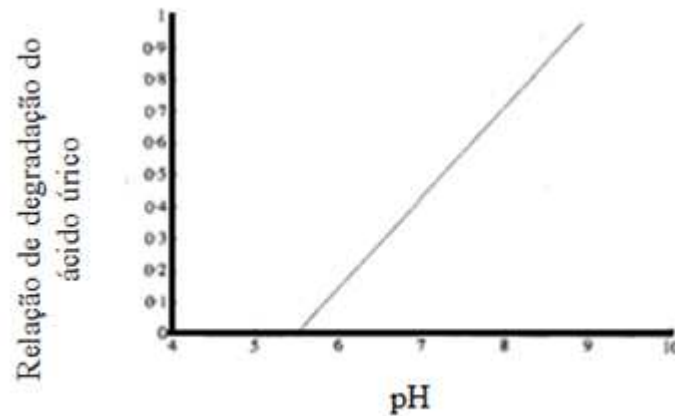
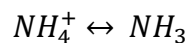


Figura 10: Efeito do pH sobre a degradação do ácido úrico
 Fonte: Adaptado de Koerkamp e Bleijenberg (1998).

A intensidade na qual NH_3 forma íons de NH_4^+ dependerá do pH da solução. Se o pH for baixo, o equilíbrio da reação química (Reação 4) é deslocado para a esquerda: mais moléculas de NH_3 serão convertidas em íons de NH_4^+ . Se o pH for alto, o equilíbrio da reação é deslocado para a direita: o íon hidróxido subtrai um próton do íon NH_4^+ , produzindo NH_3 (Nelson e Cox, 2012).



Reação 4

Gay *et al.*, (2009) relatam que o efeito do pH sobre a quantidade de NH_4^+ e NH_3 formado é de fundamental importância para se determinar a perda de N. O NH_3 é menos solúvel em água do que o NH_4^+ , portanto, a NH_3 é rapidamente convertido à sua forma gasosa e emitido à partir dos dejetos. Um exemplo de como os diferentes valores de pH influenciam na conversão de NH_4^+ em NH_3 pode ser observado na Figura 11, na qual está demonstrado como a relação entre $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ se comporta com a variação de valores do pH, sendo que, quanto maior o seu valor, maior a quantidade de NH_3 formado.

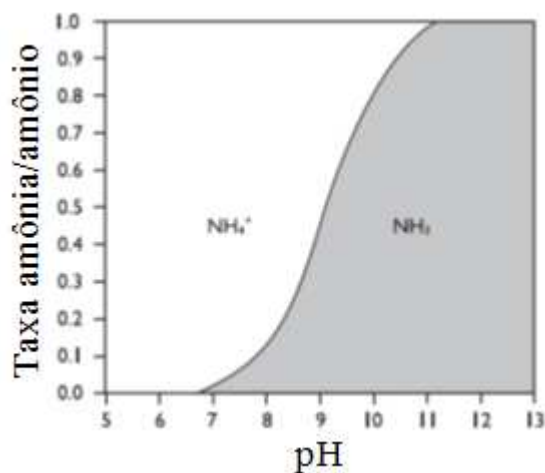


Figura 11: Relação $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ em função do pH
 Fonte: Adaptado de Gay *et al.*, (2009).

Segundo Gay *et al.*, (2009), a faixa de pH entre 9 e 10 potencializa a formação de NH_3 a partir dos dois processos supracitados. Sendo assim, percebe-se que o pH que contribui para o máximo potencial de geração de amônia a partir de dejetos de galinhas poedeiras é 9 (Vogels e Drift, 1976), pois esta faixa além de proporcionar melhores condições para o desenvolvimento de bactérias decompositoras do ácido úrico, também contribui para maiores taxas de conversão de NH_4^+ em NH_3 .

Na Figura 12 está representada a curva da relação entre o pH e $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ para duas temperaturas distintas. Abaixo de um pH igual a 7, quase todo o N está vinculado como NH_4^+ e não está disponível para volatilização; já com valores entre 8 e 10, possibilita uma maior relação entre $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$. As temperaturas mais elevadas favorecem a formação e concentração de NH_3 , levando a maiores perdas de N para a atmosfera.

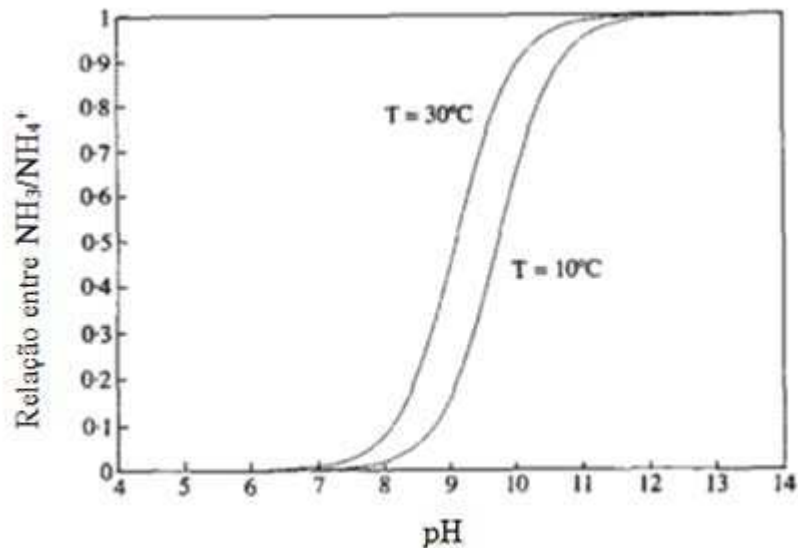


Figura 12: Efeito do pH combinado com a temperatura ambiente sobre a relação $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$
 Fonte: Adaptado de Koerkamp e Bleijenberg (1998).

h) Conteúdo de nitrogênio total na ração

Em sistemas de criação de galinhas poedeiras, são ofertadas rações com elevadas quantidades de N na forma de proteínas e aminoácidos para as aves, com o intuito de melhorar o seu desempenho produtivo (Yang, Lorimor e Xin, 2000). Hsu, Lin e Chiou (1998) relatam que quando oferecido, as rações com teores de proteínas mais elevados, ocorre aumento significativo na concentração de ácido úrico no plasma sanguíneo dos animais e concomitantemente a eliminação do excesso pelas excretas. Hartung (1991) encontrou dados onde é possível afirmar que 37% de todo o N perdido por sistemas de confinamento de animais é transportado para a atmosfera na forma de NH_3 .

No Brasil, para a formulação de rações para a avicultura de postura, é utilizado como base as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno *et al.*, 2017), a qual recomenda que a ração ofertada às poedeiras, durante o ciclo produtivo, apresente um teor de proteína bruta variando entre 16,0% e 18,0%, dependendo da temperatura ambiente e da idade das aves.

Após serem metabolizados, derivados destas proteínas serão os promotores da formação do ácido úrico, o qual, após excretado, dará origem a moléculas de NH_3 . Devido a este fenômeno, diversos pesquisadores concentram esforços em maneiras de reduzir a proteína bruta das rações substituindo por aminoácidos, sem que os animais tenham perdas nutricionais.

Ao unir os fatores apresentados anteriormente, os quais retratam onde cada parâmetro influencia a geração e emissão de amônia, pode ser proposta a seguinte configuração disposta no Diagrama 4 para descrever os fatores de influências no processo de degradação do ácido úrico.

Diagrama

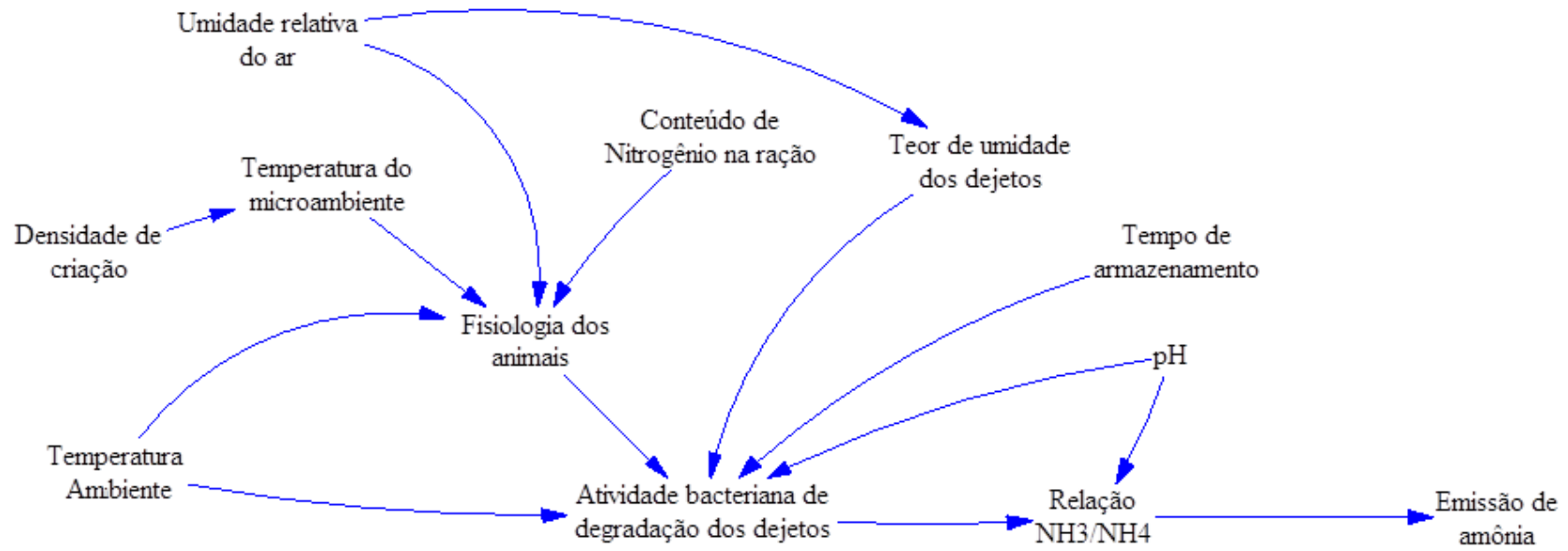


Diagrama 4: Fatores de influência na geração e emissão de amônia

Referências:

- ADUAN, R. E.; VILELA, M. D. F.; JÚNIOR, F. B. D. R. Os Grandes ciclos biogeoquímicos do planeta. **Documentos/Embrapa Cerrados**, v. 1, n. 119, p. 25, 2004.
- BOTKIN, D. B.; KELLER, E. A. **Environmental Science: Earth as a Living Planet**. 9. ed. New York: John Wiley, 2014.
- GATES, R. S. et al. U.S. broiler housing ammonia emissions inventory. **Atmospheric Environment**, v. 42, n. 14, p. 3342–3350, 2008.
- GAY, S. W. et al. Ammonia Emissions and Animal Agriculture. 2009.
- HAQUE, A. K. M. A.; LYONS, J. J.; VANDEPOPULIERE, J. M. Extrusion Processing of Broiler Starter Diets Containing Ground Whole Hens, Poultry By-Product Meal, Feather Meal, or Ground Feathers1. **Poultry Science**, v. 70, n. 2, p. 234–240, 1 fev. 1991.
- HARTUNG, J. Influence of housing and livestock on ammonia release from buildings. In: **Odour and Ammonia Emissions from Livestock Farming**. Hanover: [s.n.]. p. 22–29.
- HSU, J. C.; LIN, C. Y.; CHIOU, P. W. S. Effects of ambient temperature and methionine supplementation of a low protein diet on the performance of laying hens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 74, n. 4, p. 289–299, 1998.
- HY-LINE. **Guia de Manejo USO DO MANUAL DE MANEJO**, 2016. Disponível em: <http://www.hyline.com/userdocs/pages/36_COM_POR.pdf>
- KOERKAMP, P. W. G.; BLEIJENBERG, R. Effect of type of aviary, manure and litter handling on the emission kinetics of ammonia from layer houses. **British Poultry Science**, v. 39, n. 3, p. 379–392, 1 jul. 1998.
- KOERKAMP, P. W. G. G. et al. Concentrations and Emissions of Ammonia in Livestock Buildings in Northern Europe. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 70, n. 1, p. 79–95, 1998.
- LEE, J. D. **Concise Inorganic Chemistry**. New York: Chapman & Hall, 2009.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.; DÍAS, G. J. **Nutricion aviar comercial**. Santa Fé de Bogotá: [s.n.].
- LI, H.; XIN, H. Ammonia emissions from manure belt laying hen houses and manure storage. **Department of Agricultural and Biological Engineering**, v. Ph.D., p. 128, 2006.
- LIANG, Y. et al. Ammonia Emission for US Poultry Houses: Laying Hens. **2004 ASAE/CSAE Annual International Meeting**, 2004.
- LIU, Z.; LINGJUAN, W.; DAVID, B. A Review of Emission Models of Ammonia Released

- from Broiler Houses. **ASABE Technical Paper 06-4101**, n. January 2006, p. 17, 2006.
- MALONE, G. W. et al. **Acid preservation and utilization of poultry carcasses resulting from mortality losses. in: rogress Through Research and Extension 1987**. Newark, DE, USA: [s.n.].
- MANZONI, S.; PORPORATO, A. Soil carbon and nitrogen mineralization: Theory and models across scales. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, n. 7, p. 1355–1379, 2009.
- MENDES, L. B.; XIN, H.; LI, H. Ammonia Emissions of Pullets and Laying Hens As Affected By Stocking Density and Manure Accumulation Time. **Transactions of the ASABE**, v. 55, n. 3, p. 1067–1075, 2012.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 6. ed. New York: W. H. Freeman, 2012.
- NI, J. Mechanistic Models of Ammonia Release from Liquid Manure: a Review. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 72, n. 1, p. 1–17, 1999.
- NING, X. Feeding, defecation and gaseous emission dynamics of W-36 laying hens. **Department of Agricultural and Biosystem Engineering**, v. Doctor, 2008.
- PATTERSON, P. H. et al. Litter production and nutrients from commercial broiler chickens. **Journal Applied Poultry Research**, v. 7, n. 3, p. 247–252, 1998.
- PRATT, E. V.; ROSE, S. P.; KEELING, A. A. Effect of moisture content and ambient temperature on the gaseous nitrogen loss from stored laying hen manure. **British Poultry Science**, v. 45, n. 3, p. 301–305, 2002.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2017.
- SCHLESINGER, W.; ANDREWS, J. Soil respiration and the global carbon cycle. **Biogeochemistry**, v. 48, n. 1, p. 7–20, 2000.
- SLACK, A. V.; JAMES, G. R. **Ammonia, Part II. Fertilizer Science and Technology Series**. New York: Marcel Dekker, 1974.
- VOGELS, G. D.; DRIFT, C. VAN DER. Degradation of purines and pyrimidines by microorganisms. **Bacteriological reviews**, v. 40, n. 2, p. 403–468, 1976.
- WANG, S. W. **Prediction of ammonia emission from poutry alyer and dairy houses using an alternative mass balance method**. [s.l.] Ohio State University, 2010.
- WELTY, J. R. et al. **Fundamentals of momentum, heat, and mass transfer**. 5. ed. New York: John Wiley, 2007.

WHITE, D. P. **Química a Ciência Central**. [s.l: s.n.].

YANG, P.; LORIMOR, J. C.; XIN, H. Nitrogen losses from laying hen manure in commercial high-rise layer facilities. **Transactions of the ASAE**, v. 43, n. 6, p. 1771–2000, 2000.

Capítulo II – Artigo I – Avaliação da excreção de nitrogênio, por galinhas poedeiras, durante a fase de recria e submetidas a diferentes ambientes térmicos.

1. Introdução

A avicultura industrial de postura vem se destacando cada vez mais na produção de alimentos, ocupando posição de destaque na economia brasileira. Segundo dados da FAO (2015), o Brasil é o maior produtor de ovos da América Latina. Esse título refere-se ao fato de sua produção ter totalizado em 2015, 39,5 bilhões de unidades, recorde histórico que superou em 6,1% o resultado registrado no ano anterior. Além disso, o alojamento de aves produtoras chegou a 91,2 milhões em 2015, com destaque para o estado de São Paulo que apareceu como principal produtor de ovos, com 31,77%, seguido por Minas Gerais, com 12,24% e o Espírito Santo, com 9,73% (ABPA, 2017).

Essa representatividade no mercado nacional e internacional de alimentos faz com que o país tenha um grande compromisso com questões relativas à sustentabilidade da atividade. Assim, para que o setor de ovos se mantenha no ritmo de crescimento das últimas décadas, ao mesmo tempo em que atenda às exigentes demandas dos consumidores por qualidade sanitária e sustentabilidade, torna-se necessário combinar um ambiente asséptico e arquitetonicamente adequado às prerrogativas de produção e bem-estar das aves.

A ave exige, do meio em que habita, condições precisas de ambiente, tais como: temperatura, umidade, pressão, luminosidade, nível sonoro, conteúdo de oxigênio, anidrido carbônico e nitrogênio. Cada indivíduo tem específicas capacidades de adaptação que lhes permite (até certo limite de adversidade) sobreviver quando alguma daquelas variáveis é modificada (Tinôco, 2001).

Dentre as variáveis de interesse, tem-se que a temperatura do ar se apresenta como o principal fator do ambiente causador de perdas na produção animal em escala industrial (Vitorasso e Pereira, 2009). Desse modo, temperaturas fora da faixa de conforto dos animais podem levá-los à morte ou causar-lhes danos fisiológicos que comprometerão sua produtividade.

Aves de postura, no início da criação, necessitam de um ambiente térmico que propicie condições de conforto com a finalidade de alcançar valores significativos de produção. Desta forma, as condições ambientais devem ser manejadas, de maneira a evitar efeitos negativos sobre o futuro desempenho produtivo das aves (Fukayama *et al.*, 2005).

Quando as aves são expostas a ambientes estressantes podem ocorrer alterações fisiológicas, como aumento de corticosterona plasmática, alteração nas concentrações de hormônios tireoideanos triiodotironina (T3) e tiroxina (T4), imunossupressão, elevação da frequência cardíaca e respiratória (Donkoh, 1989; Junqueira *et al.*, 2000; Macari, Firlan e Silva, 2002; Mack *et al.*, 2013; Sahin *et al.*, 2002). Outra alteração resultante do estresse é a mudança de comportamento das aves, que pode se refletir em comportamentos anômalos, como a bicagem de penas e aumento da vocalização (Gates e Xin, 2001; Moura *et al.*, 2008; Xie *et al.*, 2015).

A temperatura ambiente tem influência significativa sobre a taxa de excreção de nitrogênio (N) pelas galinhas poedeiras, a qual pode ser descrita, como a excreção de N em porcentagem de seu consumo (Hsu, Lin e Chiou, 1998). Conforme os referidos autores, a taxa de excreção é expressivamente mais elevada em altas temperaturas ambientais se comparada aos seus valores apresentados em baixas temperaturas. Vale salientar que, no entanto, a pesquisa referida foi realizada com galinhas poedeiras em fase de produção.

Segundo Zhang *et al.* (2016), o excesso de N no meio ambiente pode acarretar a eutrofização de lagos e rios e a acidificação de solos, além de ser prejudicial a saúde dos animais e trabalhadores que estão diretamente em contato com as aves. Baek e Aneja (2004) relataram que a formação de aerossóis inorgânicos na atmosfera pode ser relacionada à liberação de NH₃ proveniente das criações avícolas. Reações entre gases naturalmente presentes na atmosfera com a NH₃ volatilizada podem levar a criação destes aerossóis, os quais, segundo Pilewskie (2007) são potencializadores do efeito estufa, estando diretamente relacionados às mudanças climáticas.

Observa-se, assim, a possibilidade de se inter-relacionar as variáveis de influência (temperatura, teor que umidade do ar e composição da ração) e inferir sobre a quantidade máxima de ácido úrico passível de ser excretada pelas galinhas poedeiras. Com base nestes dados, seria possível, então, estimar o potencial máximo de geração e emissão de amônia para a atmosfera, proveniente da atividade de produção de ovos de galinha. Sendo assim, apesar de todos os esforços da comunidade científica em estabelecer protocolos de medições e quantificações das emissões de amônia, ainda não se tem dados específicos para a fase de recria destes animais. Portanto, essa ausência de dados justifica o presente estudo.

2. Objetivos

Avaliar a excreção de nitrogênio por frangas na fase de recria submetidas a diferentes condições térmico-ambientais extremas, representadas por perfis de temperatura, normalmente verificados nas distintas regiões do Brasil.

3. Material e métodos

As condições térmico-ambientais em cada tratamento foram mantidas por câmaras climáticas existentes na área experimental do AMBIAGRO, Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais, da área de Construções Rurais e Ambiência do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), na cidade de Viçosa, Estado de Minas Gerais, Brasil.

Cada câmara climática utilizada apresenta dimensões de 3,20 x 2,44 x 2,38 metros (comprimento x largura x pé direito), e, é equipada com: um aquecedor de ar com potência igual a 2000 W, condicionador de ar tipo Split quente/frio de 12000 BTU/h e um umidificador de ar com capacidade de 4,5L e débito de névoa de 300 ml/hora.

O aquecedor e o umidificador foram operados por meio de um controlador eletrônico MT – 531R plus, de temperatura e umidade que apresenta as seguintes especificações: temperatura de controle variando de -10 °C a 70 °C com resolução de 0,1 °C e precisão de 1 °C; umidade de controle variando de 20% a 85% com resolução de 0,1% e precisão de 5%.

A ventilação higiênica aplicada no interior de cada câmara climática foi realizada por meio de dois exaustores axiais (A.M.B, modelo FD 08025S1M, DC 12V, 0.15A), de tal forma que, os valores de amônia (NH₃) e dióxido de carbono (CO₂) não ultrapassassem os valores máximos permitidos.

3.1. Fase experimental

Neste estudo, poedeiras¹ foram submetidas a quatro diferentes temperaturas (condição de conforto preconizada pelo Guia de Manejo da LOHMANN (Lohmann, [s.d.]), e, mais três de estresse por calor), que estão detalhadas na Tabela 3. Optou-se por temperaturas acima do conforto, pois segundo Hsu, Lin e Chiou (1998), temperaturas elevadas causam maiores concentrações de amônia no sangue das aves o que pode proporcionar maior excreção de

¹ Fase de recria da 7ª a 16ª semana de vida. As frangas utilizadas neste estudo eram da linhagem Lohmann LTE.

nitrogênio por estes animais. O foco deste estudo foi os dejetos das aves, sendo que o manejo foi realizado por outros pesquisadores que desenvolveram trabalhos concomitantes a este.

Tabela 3: Distribuição das temperaturas ambientes nas câmaras climáticas.

Câmara Climática	Condições	Temperatura no período do dia (°C)	Temperatura média de 24h(°C)
01*	Conforto Térmico	20 ± 1	20,0
02**	Estresse por calor I	25 ± 1	22,5
03**	Estresse por calor II	30 ± 1	25,0
04***	Estresse por calor III	35 ± 1	27,5

* Valores de temperatura sugeridos por Lohmann (s.d.) como condições ideais de criação.

** Condições de estresse por calor, intermediárias entre o conforto térmico e o estresse crítico.

*** Condição Crítica de estresse por calor, segundo Silva *et al.* (2000).

Visando representar o ambiente de criação das aves, durante a fase experimental as câmaras climáticas foram reguladas nas condições de conforto térmico preconizado, 20°C (Lohmann, [s.d.]), de 19h às 07h, tendo em vista que durante o período noturno tem-se temperaturas mais amenas.

Além da temperatura, a umidade relativa do ar (UR) foi controlada durante o período experimental em todos os tratamentos. Destaca-se que esta se manteve na faixa de 60 a 70%, por meio do sistema automatizado presente nas câmaras climáticas.

Dentro de cada câmara climática, foram instaladas seis gaiolas (Figura 13), com as dimensões de 1,0m largura x 0,42m profundidade x 0,5m altura, para alojamento de 16 aves cada uma (densidade de 266 cm²/ave), divididas em dois compartimentos com oito aves, resultando na criação de 384 frangas de postura da linhagem Lohmann LSL.

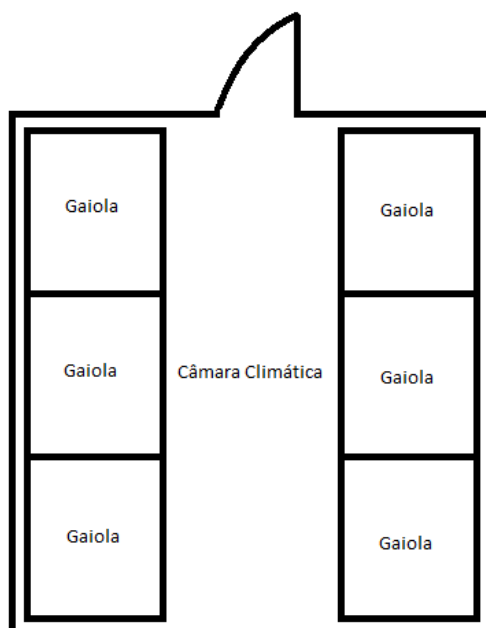


Figura 13: Distribuição das gaiolas nas câmaras climáticas

Quanto à alimentação das aves, destaca-se que o fornecimento de água e ração foi realizado duas vezes ao dia, nos horários de 08:00 e 17:00 horas, de maneira a manter os bebedouros e comedouros, respectivamente, sempre com água e ração disponíveis.

A ração foi formulada seguindo a metodologia proposta pelas Tabelas Brasileira para Aves e Suínos (Rostagno *et al.*, 2017). Para a energia metabolizável, foi estabelecido o valor de 2900 kcal/kg a proteína bruta fixada em 15%, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4: Atendimento das exigências nutricionais

Nutriente	Unidade	Qtde.	Qtde. Mínima
Ácido Linoleico	%	1,64	0,99
Arginina digerível	%	0,867	0,601
Cálcio	%	0,816	0,816
Cloro	%	0,2444	0,145
Energ. Metabolizável	Mcal/kg	2,9	2,9
Fenil.+ Tir.Dig.Aves	%	1,1101	0,702
Fibra Bruta	%	3,481	0
Fósforo Disponível	%	0,351	0,351
Glicina+serina dig. aves	%	0,6906	0,425
Gordura	%	3,0837	0
Histidina dig. aves	%	0,3849	0,212
Isoleucina dig. aves	%	0,5255	0,419
Leucina dig. Aves	%	1,2496	0,668
Lisina dig. Aves	%	0,6024	0,552
Met.+ Cist.dig. aves	%	0,4549	0,446

Potássio	%	0,6336	0,51
Proteína bruta	%	15	15
Sódio	%	0,155	0,155
Treonina dig. aves	%	0,4805	0,377
Triptofano dig. aves	%	0,152	0,115
Valina dig. aves	%	0,613	0,446

Número de Mogin: 160,51 mEq/kg

Para este estudo foi utilizada a mesma ração em todos os tratamentos, uma vez que o foco foi verificar como a excreção de nitrogênio pelas frangas na fase de recria foi influenciada pela temperatura do ambiente.

3.2. Coleta dos dejetos

Os dejetos das frangas foram coletados em bandejas de alumínio revestidas com material plástico (polietileno), o qual é inerte ao resíduo (Figura 14), evitando assim que os dejetos perdessem as suas características físico-químicas originais.



Figura 14: Bandeja de dejetos revestida com polietileno



Figura 15: Bandeja de dejetos fixada abaixo da gaiola

As bandejas coletoras, fixadas abaixo das gaiolas (Figura 15), foram limpas diariamente, de tal forma que as amostras de excreta recolhidas em dia específico, foram realmente representativas das últimas 24 horas. Assim, o objetivo de tal procedimento foi evitar alterações bioquímicas e de umidade dos componentes excretados.

Os dejetos provenientes de cada gaiola foram homogeneizados e, em seguida, procedeu-se a coleta de uma amostra representativa de uma gaiola (16 aves). Este procedimento foi realizado às 07:00 horas da manhã dos dias 02, 09 e 16 de novembro de 2016. Após homogeneização e coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno lacrados – a fim de evitar o contato da amostra com o ar ambiente – e realizou-se

sua identificação (Figura 16 e Figura 17). Em seguida, as mesmas foram armazenadas em baixas temperaturas para posterior análise em laboratório.



Figura 16: Amostra de dejetos coletada



Figura 17: Amostras coletadas

3.3. Análises

3.3.1. Conteúdo de água

Para a quantificação do conteúdo de água presente nas amostras foi utilizada a metodologia recomendada por Kiehl (1998), pela qual, é possível calcular a umidade de interesse por meio da diferença de massa mensurada antes e após submeter as amostras ao processo de secagem em estufa.

Os cadinhos utilizados nestas análises foram colocados previamente em uma mufla, a 550 °C, por 30 minutos. Após o tempo de secagem dos cadinhos, estes foram colocados em dessecadores, para que ocorresse o seu resfriamento, sem nova absorção de umidade. Após isto, procedeu-se a mensuração de suas massas (M_c).

Colocou-se 20 g de amostra dos dejetos das galinhas poedeiras nos cadinhos e em seguida este material teve a sua massa aferida (cadinho mais amostra úmida - M_{uc}); após a medição, os mesmos foram submetidos à estufa ajustada para a temperatura de 60-65 °C, durante um período de 16 horas.

Após este período, mensurou-se novamente a massa do cadinho mais a amostra e em seguida foram colocados na estufa, nessa etapa, ajustada para 105 °C. Transcorrido o intervalo de tempo de 1 hora, o material foi retirado e novamente pesado. Este procedimento foi repetido até que a diferença entre as massas quantificadas consecutivamente fossem menor que 1%.

Para o cálculo do teor de umidade em base seca foi utilizada a Equação 4, ilustrada a seguir:

$$U_{bs} = \frac{(M_{uc} - M_c)}{(M_{sc} - M_c)} \times 100 \quad \text{Equação 4}$$

Onde;

U_{bs} – Conteúdo de água base seca (%);

M_c – Massa do recipiente (g);

M_{uc} – Massa da amostra úmido mais massa do cadinho (g);

M_{sc} – Massa da amostra seca mais massa do cadinho (g).

3.3.2. Sólidos

Para o cálculo dos sólidos totais (ST) presente na amostra, utilizou-se a metodologia descrita anteriormente para a determinação do conteúdo de água, no entanto, para este tópico fez-se o uso da Equação 5 (Kiehl, 1998).

$$ST = \frac{(M_{sc} - M_c)}{(M_{uc} - M_c)} \times 100 \quad \text{Equação 5}$$

Após a determinação dos sólidos totais, o cadinho contendo a amostra seca foi levado à mufla, a qual foi ajustada para 550 °C. As amostras permaneceram em seu interior por uma hora em seguida foram transferidas para dessecadores, onde permaneceram até atingir a temperatura ambiente. Concluindo-se esta etapa, levou-se novamente os cadinhos à balança para nova aferição da sua massa. Os valores dos sólidos voláteis (SVT) foram determinados através da Equação 6 e dos sólidos fixos (SFT) da Equação 7.

$$SVT = \frac{(M_{sc} - M_m)}{(M_{sc} - M_c)} \times 100 \quad \text{Equação 6}$$

$$SFT = \frac{(M_m - M_c)}{(M_{sc} - M_c)} \times 100 \quad \text{Equação 7}$$

Onde M_m é a massa do cadinho mais a amostra após combustão na mufla.

3.3.3. Potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH dos dejetos coletados foram aferidos com base na metodologia descrita por Camargo et al., (2009), de acordo com a qual as amostras das excretas foram dissolvidas em água destilada em proporção de 1:4 (amostra de excreta: água). A mistura permaneceu em repouso por uma hora e, logo após, realizou-se a leitura do valor de pH, utilizando-se potenciômetro de bancada.

3.3.4. Nitrogênio Amoniacal

Para esta análise foi utilizada aproximadamente 4 g do dejetos, colocados em um erlenmeyer de 125 ml, e acrescentado 30 ml de uma solução aquosa de KCl a 1%. Durante o intervalo de uma hora foram realizadas agitações periódicas, em seguida as amostras permaneceram em repouso por mais uma hora. Uma alíquota de 10 ml de sobrenadante foi coletada e transferida para um becker de 50 ml (Liberty e Taraba, [s.d.]). Utilizou-se a sonda Orion 9512 Eletrodo específico de íons de amônia (ISE) para a determinação da condutividade elétrica da solução.

Para a análise deste parâmetro, utilizou-se a sonda Orion 9512 - Eletrodo específico de íons de amônia (ISE), que mede a concentração de íons de nitrogênio amoniacal em solução aquosa a partir da condutividade elétrica do meio seguindo metodologia proposta por Liberty e Taraba, (s.d.). Sendo assim, foi necessário criar uma curva para padronizar as análises. A partir de uma solução padrão, que apresentava uma concentração de nitrogênio amoniacal igual a 1000 ppm, foi realizada uma série de diluições. Tais diluições tiveram suas condutividades mensuradas e serviram de referências para os resultados encontrados nas amostras de dejetos coletadas (Tabela 5).

Tabela 5: Parâmetros de calibração da determinação de Nitrogênio Amoniacal

Concentração de nitrogênio amoniacal (PPM), em soluções padrão	Condutividade elétrica (mV)
100	145,50
110	142,22
120	139,29
130	137,44
140	132,16

A partir dos dados presentes na Tabela 5, construiu-se a curva da concentração de nitrogênio amoniacal (Figura 18) em função das leituras da condutividade elétrica.

Posteriormente, realizou-se uma análise de Regressão Linear destes dados, determinando-se o coeficiente R^2 igual a 0,976, o que demonstra uma dependência entre os parâmetros.

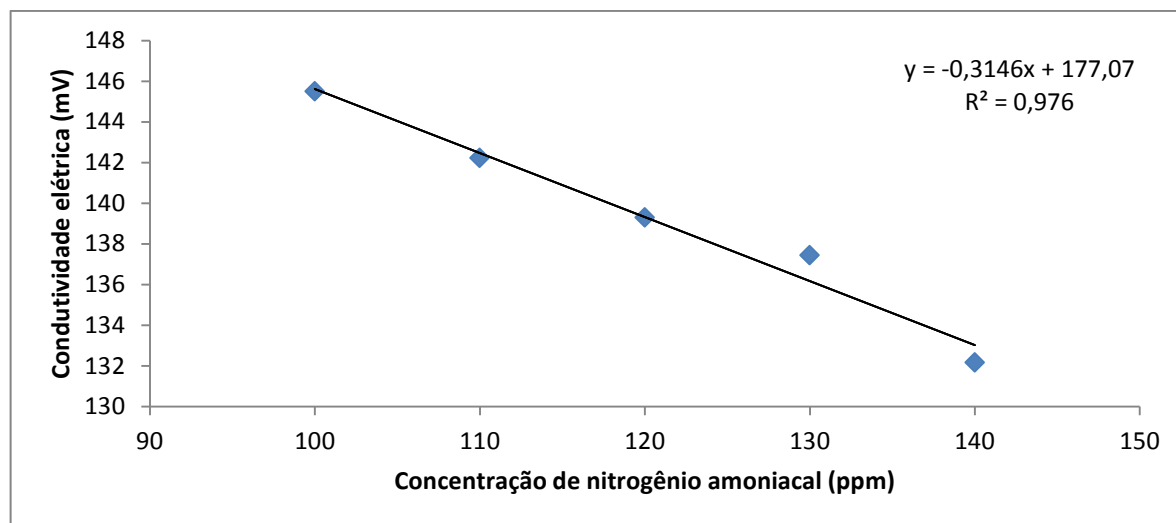
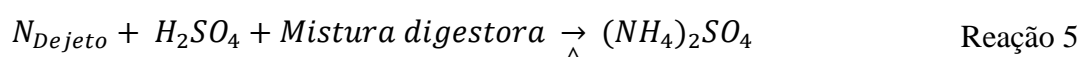


Figura 18: Curva da concentração de nitrogênio amoniacal

3.3.5. Nitrogênio Total

Os teores de nitrogênio total foram determinados pelo método Kjeldahl, (APHA, 2005), digestão sulfúrica, destilação em meio alcalino e posterior titulação, os quais estão detalhados a seguir.

Em tubos de ensaio de 25 x 250 mm, foram adicionados 0,2 g dos dejetos das galinhas poedeiras, mais 0,7 g de mistura digestora e procedeu-se a digestão sob temperatura de 250°C 15-20 min e, posteriormente a 330°C até que o extrato se tornasse claro (Reação 5).



Terminada a digestão, esperou-se que as amostras esfriassem até atingirem a temperatura ambiente, quando os tubos foram encaminhados para o condensador. Na saída do condensador, colocou-se um erlenmeyer de 125 ml com 10 ml de ácido bórico (H_3BO_3 2%), o qual possui a função de indicador, mergulhando o tubo de saída dentro da solução de H_3BO_3 . Adicionou-se 25 ml de hidróxido de sódio (NaOH 40%) ao tubo de ensaio, e, por arraste de vapor de água, esperou-se até que o volume de destilado atingisse 75 ml no erlenmeyer, onde ocorreu a Reação 6.



O $H_2BO_3^-$ presente na solução, em quantidade equivalente à de NH_3 destilada, foi dosado por titulação com ácido sulfúrico (H_2SO_4 0,05 mol_c L⁻¹) (Reação 7) até a viragem da cor verde azulada para a cor original: púrpura-avermelhada.



Como cada H^+ gasto na titulação equivale à neutralização de um íon $H_2BO_3^-$ que, por sua vez, é equivalente à quantidade de nitrogênio amoniacal presente na amostra, cada mol de H^+ equivale a 14 g de nitrogênio amoniacal. Assim, o resultado de sua concentração foi obtido pela Equação 8.

$$N_T = V_g \times N \times f \times 14 \times \frac{1}{m} \times \frac{1}{U} \quad \text{Equação 8}$$

Sendo;

N_T – Nitrogênio Total;

V_g – Volume gasto na titulação;

N – Normalidade da solução ácida (mol_c.L⁻¹);

f – Fator de correção (adimensional);

m – massa de material utilizada (g);

U – umidade da amostra, centesimal (b.s.).

4. Análise Estatística

Para este estudo foi utilizado o Delineamento em Blocos Casualizados. Os dados foram submetidos à análise de variância e, em seguida, a testes comparativos entre as médias, a fim de avaliar como as condições de temperatura a que as galinhas poedeiras estão submetidas influenciam a excreção de nitrogênio. Na Tabela 6 estão representadas as variáveis experimentais descritas anteriormente.

Tabela 6: Variáveis experimentais

Dados	Variações
Temperatura	04
Semanas	03
Repetições	03

5. Resultados e discussão

5.1. Conteúdo de água

O teor de umidade das excretas das frangas, coletadas na fase de cria, apresentou diferença estatisticamente significativa, pelo teste Tukey, ao nível de 5%, quando comparado àquele das excretas do tratamento do conforto térmico preconizado pela literatura e aos demais tratamentos. O resultado do conteúdo médio de água das amostras pode ser observado na Tabela 8. Já na Figura 19, é possível observar a curva do teor de umidade dos dejetos em função da temperatura ambiente.

Verificou-se que existe interação significativa das temperaturas dos tratamentos com o conteúdo de água das excretas, o que corrobora o resultado encontrado por Oliveira Neto *et al.* (2000), os quais constataram um consumo de água 37% superior por frangos de corte mantidos em altas temperaturas, quando comparado àqueles mantidos no ambiente termoneutro, o que, possivelmente, resultou em uma perda maior de umidade nas excretas. Segundo Gama *et al.* (2008) uma poedeira adulta submetida a temperaturas de até 25 °C ingere entre 200 e 250 ml de água por dia, podendo dobrar este consumo quando as temperaturas estão superiores a 32 °C, provocando um aumento do conteúdo de água das excretas.

5.2. Potencial hidrogeniônico (pH)

Pela análise de variância realizada, a um nível de 5% de probabilidade, observou-se que o pH das excretas de galinhas poedeiras, na fase de recria, não apresentou diferença estatisticamente significativa quando comparado àquele das excretas do tratamento do conforto térmico preconizado e os demais tratamentos térmicos (Tabela 8). Na Figura 20 está representada a curva do pH em função da variação da temperatura ambiente.

Esperava-se que, nos tratamentos submetidos a temperaturas mais elevadas, o pH dos dejetos fosse mais baixo que o pH encontrado nas excretas das aves submetidas ao tratamento

termoneutro. Segundo Hsu, Lin e Chiou, (1998), quando aves estão submetidas a elevadas temperaturas ambientais, observou-se maiores concentrações de amônia em seu sangue, o que poderia elevar a taxa de excreção do ácido úrico, reduzindo assim o pH dos dejetos.

5.3. Nitrogênio Total

Na Tabela 7 está apresentada, de forma resumida, a análise de variância realizada a partir dos resultados da concentração de nitrogênio total encontrada nas excretas das galinhas poedeiras.

Ao se analisar as médias de nitrogênio total nas amostras de dejetos, observou-se que na Câmara Climática 01, cuja temperatura ambiente durante o dia estava regulada em 35 °C, houve maior presença de nitrogênio total nas excretas. Já nas câmaras climáticas 02 (temperatura durante o dia regulada em 30 °C) e 03 (temperatura durante o dia regulada em 25 °C), os resultados encontrados foram similares, não diferindo estatisticamente entre elas. Quanto à câmara 04 (onde a temperatura ambiente foi mantida em 20 °C), houve diferença significativa no resultado deste parâmetro, quando comparado aos tratamentos com maiores temperaturas (Tabela 8). Na Figura 21, observa-se a curva de variação da concentração do nitrogênio total nas excretas em função da temperatura ambiente.

Tabela 7: Análise de variância, referente aos resultados de concentração de nitrogênio total, em %, em excretas de galinhas poedeiras submetidas à quatro condições distintas de temperatura, em câmaras climáticas

FV	GL	SQ	QM	σ
Temperaturas	03	213,22	71,07*	8,43
Resíduo (a)	08	45,69		
Total	11			

*Significativo

A partir da análise da Tabela 7, é possível verificar que existe pelo menos uma das médias dos tratamentos que diferem estatisticamente das outras, a um nível de 5% de probabilidade. Na Tabela 8, está representada a concentração média de nitrogênio total presente nas amostras de dejetos em função das condições térmicas do ambiente.

5.4. Nitrogênio Amoniacal

Percebe-se ainda na Tabela 8 que, em temperaturas mais elevadas, a excreção de nitrogênio amoniacal foi expressamente maior que nos tratamentos de temperaturas mais amenas. As poedeiras submetidas ao tratamento de conforto (20 °C – Câmara 01) apresentaram a menor excreção de nitrogênio amoniacal, o que contrasta com o tratamento de

maior temperatura infligida durante o dia (35 °C – Câmara 04), no qual foi constatado elevada concentração de nitrogênio amoniacal. Na Tabela 8, é possível observar os resultados encontrados para as médias da concentração de nitrogênio amoniacal nas amostras coletadas e na Figura 21 a curva de variação deste parâmetro em função da temperatura ambiente.

Tabela 8: Resultado dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de dejetos

Temperaturas (°C)		Nitrogênio										Sólidos totais ¹⁰ (%)	σ_{ST} ¹¹
Temp. durante o dia	Média 24 horas	UBs (%) ¹	σ_{UBs} ²	pH ³	σ_{pH} ⁴	Total ⁵ (%)	σ_{NT} ⁶	Amoniacal ⁷ (%)	σ_{NA} ⁸	NT/NA ⁹			
20 ± 1	20,0	74,4 a	1,37	7,9 a	0,62	10,0 a	2,78	08,98 a	1,29	0,90	26,1 a	1,37	
25 ± 1	22,5	74,4 a	3,32	8,0 a	0,52	12,1 b	1,49	10,51 a b	0,61	0,87	25,5 a	3,32	
30 ± 1	25,0	80,4 b	3,67	7,7 a	0,66	14,9 b	3,04	12,42 b c	1,01	0,83	21,0 b	3,67	
35 ± 1	27,5	81,0 b	2,86	7,6 a	0,42	21,2 c	1,91	15,54 c	1,38	0,73	19,0 b	2,86	

* Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

¹ Média do teor de umidade em base seca encontrado nas amostras de dejetos.

² Desvio padrão em torno das médias do teor de umidade.

³ Média do potencial hidrogeniônico encontrado nas amostras de dejetos.

⁴ Desvio padrão em torno das médias do pH.

⁵ Média da concentração de nitrogênio total nas amostras de dejetos.

⁶ Desvio padrão em torno das médias da concentração de nitrogênio total.

⁷ Média da concentração de nitrogênio amoniacal nas amostras de dejetos.

⁸ Desvio padrão em torno das médias da concentração de nitrogênio amoniacal.

⁹ Relação entre as concentrações de nitrogênio total (NT) e nitrogênio amoniacal (NA).

¹⁰ Média dos sólidos totais nas amostras de dejetos.

¹¹ Desvio padrão em torno das médias do teor de sólidos totais.

Na norma ASAE D384.2 publicada pela Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas em 2005 encontra-se a caracterização de dejetos para diversos animais de produção. Segundo esta norma, cada galinha poedeira excreta em torno de 0,088 kg de dejetos por dia com teor de umidade igual a 75%, pH igual a 6,9 e nitrogênio total igual a 0,0016 kg/animal/dia. Neste estudo, nos tratamentos de temperaturas diária iguais a 20 e 25 °C, foram encontrados resultados semelhantes, o teor de umidade foi de 75% o pH de 7,9 e 8,0 respectivamente.

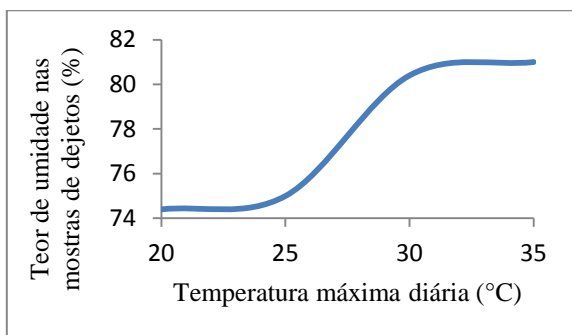


Figura 19: Variação do conteúdo de água no dejetos em função da temperatura ambiente.

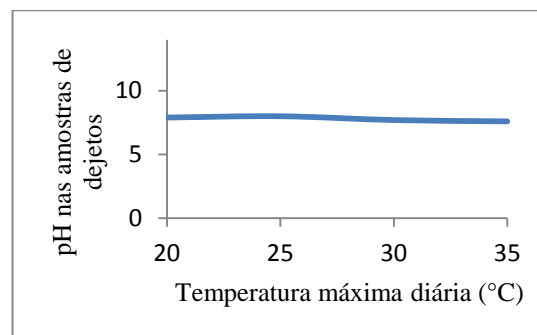


Figura 20: Variação do potencial hidrogeniônico no dejetos em função da temperatura ambiente.

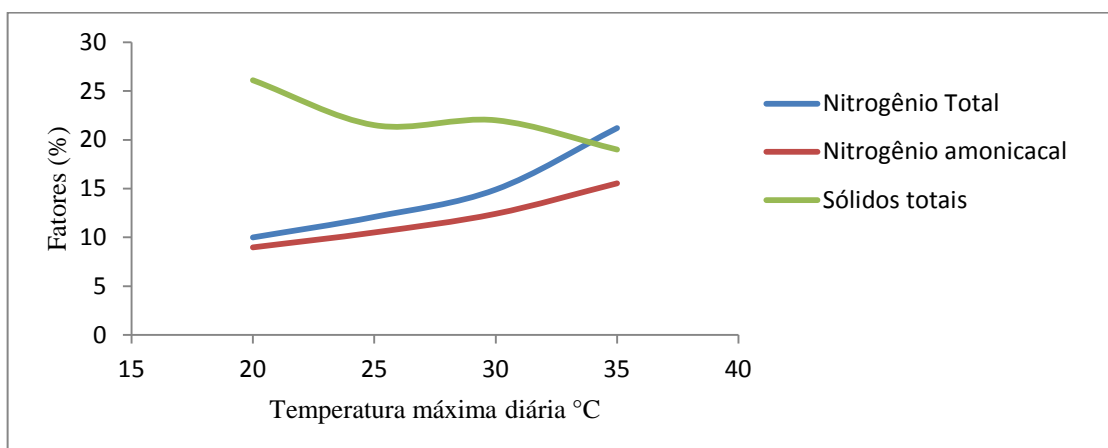


Figura 21: Concentração de nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e sólidos totais no dejetos de galinhas poedeiras em relação a temperatura ambiente.

6. Conclusões

Pode-se concluir que a o conteúdo de água das excretas, bem como as concentrações de nitrogênio total e amoniacal nas amostras de dejetos coletadas, foram maiores nos ambientes onde a temperatura imposta aos animais durante o dia foi maior. Entretanto, os níveis de pH das amostras coletadas permaneceram inalterados independente da temperatura do ambiente.

A partir do exposto, conclui-se que a faixa de temperatura ambiente entre 30 e 35 °C (valores máximos diários) foi considerada crítica quanto à excreção de nitrogênio pelas galinhas poedeiras na fase de recria; sendo esta, a que proporciona condições ideais para a que a ave apresente um maior potencial de perda de nitrogênio nos dejetos.

7. Referências

- ABPA. **Relatório Anual - 2017**. São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais/2016>>. Acesso em: 17 de junho de 2017.
- APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, USA: [s.n.].
- BAEK, B. H.; ANEJA, V. P. Measurement and Analysis of the Relationship between Ammonia , Acid Gases , and Fine Particles in Eastern North Carolina. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 54, n. May, p. 623–633, 2004.
- CAMARGO, O. A. DE, MONIZ, A. C., JORGE, J. A., & VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de Análise Química , Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas**CampinasInstituto Agrônomo, 2009. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/boletim_tecnico_106_rev_atual_2009.pdf>. Acesso em: 11 de junho de 2016.
- DONKOH, A. Ambient temperature: a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens. **Int J Biometeorol**, v. 33, p. 259–265, 1989.
- FAO. **FAO Statistical Pocketbook 2015**. [s.l: s.n.].
- FUKAYAMA, E. H., SAKOMURA, N. K., NEME, R., & FREITAS, E. R. Efeito da temperatura ambiente e do empenamento sobre o desempenho de frangas leves e semipesadas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 6, p. 1272–1280, 2005.
- GAMA, N. M. S. Q., TOGASGI, C. K., FERREIRA, N. T., BUIM, M. R., GUASTALLI, E. L., & FIAGÁ, D. A. M. **Divulgação técnica - Conhecendo a água utilizada para as aves de produção**, 2008.
- GATES, R. S.; XIN, H. **Comparative Analysis of Measurement Techniques of Feeding Behavior of Individual Poultry**. ASABE Annual International Meeting. **Anais...**Sacramento, California, USA: 2001 Disponível em: <http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1144&context=abe_eng_conf>. Acesso em: 06 de outubro de 2016.
- HSU, J. C.; LIN, C. Y.; CHIOU, P. W. S. Effects of ambient temperature and methionine supplementation of a low protein diet on the performance of laying hens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 74, n. 4, p. 289–299, 1998.
- JUNQUEIRA, O. M., FILHO, B. D. C., ARAÚJO, L. F., SOARES, C., & SAKOMURA, N. K. Efeitos das Fontes e Níveis de Sódio , Cloro e Potássio e da Relação (Na+K)/Cl ,

- sobre o Desempenho e Características do Plasma Sangüíneo de Poedeiras Comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 1110–1116, 2000.
- KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: [s.n.].
- LIBERTY, K. R.; TARABA, J. L. **Modeling Ammonia Removal and Biotransformation Within Laboratory-Scale Yard-Waste Compost Biofilters**, [s.d.].
- LOHMANN. **Layers Lohmann Lsl-Lite Management Guide** Cuxhaven - Germany, [s.d.]. Disponível em: <http://www.hylinena.com/UserDocs/products/Lohmann_LSL-Lite.pdf>. Acesso em: 11 de abril de 2014.
- MACARI, M.; FIRLAN, R. L.; SILVA, I. J. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 2002.
- MACK, L. A, FELVER-GANT, J. N., DENNIS, R. L., & CHENG, H. W. Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. **Poultry science**, v. 92, p. 285–94, 2013.
- MOURA, D. J. DE, NÄÄS, I. D. A., ALVES, E. C. D. S., CARVALHO, T. M. R. DE, VALE, M. M. DO, & LIMA, K. A. O. Noise analysis to evaluate chick thermal comfort. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 4, p. 438–443, 2008.
- OLIVEIRA NETO, A. R., OLIVEIRA, R. F. M., DONZELE, J. L., ROSTAGNO, H. S., FERREIRA, R. A., & MAXIMIANO, H. Níveis de Energia Metabolizável para Frangos de Corte no Período de 22 a 42 Dias de Idade Mantidos em Ambiente Termoneutro 1 Metabolizable Energy Level for Broilers from 22 to 42 Days of Age Maintained under. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 1132–1140, 2000.
- PILEWSKIE, P. Climate change: Aerosols heat up. v. 448, n. August, p. 541–542, 2007.
- ROSTAGNO, H. S., ALBINO, L. F. T., DONZELE, J. L., CEZAR, G. PAULO, OLIVEIRA, R. F., LOPES, D. C., ... TOLEDO, B. SERGIO L. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2017.
- SAHIN, K., N. SAHIN, M. ONDERCI, F. GURSU, AND G. CIKIM. Optimal dietary concentration of chromium for alleviating the effect of heat stress on growth, carcass qualities, and some serum metabolites of broiler chickens. **Biol Trace Elem Res**, v. 89, n. 1, p. 53–64, 2002.
- SILVA, J. H. V. DA, ALBINO, L. F. T., ROSTAGNO, H. S., GOMES, P. C., & EUCLYDES, R. F. Exigência de Lisina para Aves de Reposição de 7 a 12 Semanas de Idade 1 Requirement of Lysine for Rearing Egg-Type Pullets from 7 to 12 Weeks of Age 1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1786–1794, 2000.

- TINÔCO, I. DE F. F. Avicultura Industrial : Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 3, p. 1–26, 2001.
- VITORASSO, G.; PEREIRA, D. F. Análise comparativa do ambiente de aviários de postura com diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 788–794, 2009.
- XIE, J., TANG, L., LU, L., ZHANG, L., LIN, X., LIU, H. C., LUO, X. Effects of acute and chronic heat stress on plasma metabolites, hormones and oxidant status in restrictedly fed broiler breeders. **Poultry Science**, v. 94, n. 7, p. 1635–1644, 2015.
- ZHANG, WENQIANG, XIN JIN, DONG LIU, CHAO LANG, AND BAOQING SHAN. Temporal and spatial variation of nitrogen and phosphorus and eutrophication assessment for a typical arid river — Fuyang River in northern China. **JES**, p. 4–11, 2016.
- ZIMMERMAN, P. H.; KOENE, P.; VAN HOOFF, J. A. R. A. M. The vocal expression of feeding motivation and frustration in the domestic laying hen, *Gallus gallus domesticus*. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 69, n. 4, p. 265–273, 2000.

Capítulo III – Artigo II – Avaliação da excreção de nitrogênio, por galinhas poedeiras, durante a fase de postura em ambientes com temperaturas controladas e com o fornecimento de rações com diferentes níveis energéticos.

1. Introdução

A produção de ovos de galinhas para consumo humano é crescente. Em 2003, os dados que exemplificam a atividade dessa cultura estavam em torno de 1,022 trilhões de unidades, alcançando em 2011 uma marca de 1,220 trilhões, proporcionando um salto de 19,41%. Já em 2015, a produção mundial de ovos foi estimada em 71,5 milhões de toneladas (ABPA, 2017).

Assim, pode-se dizer que, a evolução da avicultura industrial de postura está atrelada principalmente ao melhoramento genético das linhagens de galinhas poedeiras, responsável por tornar as aves mais produtivas e com um menor peso corporal final. Além disso, também é observado um menor consumo de ração bem como uma menor idade da ave na produção do seu primeiro ovo. Tais mudanças reduziram o desperdício de ração e possibilitaram alta densidade de alojamento.

Segundo Telatin Junior (2007), os sistemas de produção, para animais, permitem a organização e concentração das aves numa unidade gerenciável e, além disso, proporcionam um ambiente físico que pode ser conduzido de modo a otimizar a produção, garantindo conforto e menos estresse por parte das poedeiras.

Sob esse cenário, destaca-se que o Brasil acompanhou o desenvolvimento tecnológico mundial, e, além disso, aplicou singularidades específicas para condições climáticas encontradas no território nacional. Tal fato vem possibilitando uma consolidação cada vez maior na produção e processamento dos ovos de galinhas (VITORASSO; PEREIRA, 2009). A maior parte da produção nacional de ovos de galinhas é realizada no sistema de baterias de gaiolas verticais sobrepostas, o que proporciona maior capacidade de alojamento por área.

Desse modo, pode-se afirmar que, concomitantemente ao aumento da produção aviária, amplia-se também o crescimento relativo às preocupações com o bem-estar animal e questões ambientais. Dentre essas preocupações, a geração de dejetos na fase de postura tem demandado atenção especial por parte de pesquisadores.

Naturalmente, a ampliação da produção avícola trouxe destaque à mesma fazendo com que a busca pelo bem-estar das aves envolvidas no processo tenha se tornado uma questão de significativa importância tanto para o setor quanto para parcela da população. De maneira

geral, concebe-se o bem-estar como o conjunto de vários elementos que contribuem para a qualidade de vida de um animal. Assim, a adoção de medidas envolvendo o bem-estar animal deve se basear em conhecimentos científicos, além de incluir o planejamento e a capacitação das pessoas envolvidas, para assim, ocorrer melhora do ambiente de uma forma geral, tanto para os animais quanto para os trabalhadores diretamente em contato com eles.

A reposta produtiva das aves está intimamente ligada ao seu conforto. Ambientes estressantes podem provocar alterações no desempenho produtivo dos animais e na excreção de dejetos. Para que se atinja o máximo potencial genético das galinhas poedeiras, relativo à produção de ovos, é necessário se ater às condições ambientais e de manejo em cada fase do ciclo de vida do animal.

A fase de postura é o período da vida em que as galinhas poedeiras permanecem por mais tempo, sendo o mais crítico quanto à geração de excretas. Para a criação intensiva de animais, é necessária uma alta densidade populacional, e, conseqüentemente, observam-se maiores taxas de geração de poluentes.

A amônia emitida para o ambiente é proveniente da mineralização do ácido úrico excretado pelas aves. Nos dejetos da avicultura, aproximadamente 80% do nitrogênio eliminado, está presente na forma de ácido úrico e ureia (YANG; LORIMOR; XIN, 2000), os quais rapidamente são hidrolisados em amônia (NH₃) e dióxido carbônico (CO₂) (KOERKAMP et al., 1998). Desse modo, quanto maior a quantidade de ácido úrico presente nas excretas, maior é o seu potencial de geração e emissão de amônia para a atmosfera.

A volatilização da amônia a partir dos dejetos, além de apresentar alto potencial de poluição ambiental, como já mencionado, constitui um mecanismo de perda de nitrogênio, o que causa empobrecimento do esterco (HARTUNG, 1991). Segundo Ndegwa *et al.* (2008), a utilização mais indicada para os dejetos seria a incorporação ao solo como fertilizante, conseqüentemente levando a redução do uso de fertilizantes químicos.

Ademais, diversos fatores podem influenciar na taxa de excreção de ácido úrico por estes animais tais como a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar, os níveis de proteína presente na ração e o seu valor energético, dentre outros (HSU; LIN; CHIOU, 1998). Mahmoud *et al.* (1996) relatam que o estresse por temperaturas elevadas provoca alterações fisiológicas nas poedeiras, prejudicando o balanço ácido-base e levando a redução da capacidade das células do duodeno a absorverem nutrientes.

Nos sistemas de criação de galinhas poedeiras normalmente são ofertadas rações com elevadas quantidades de nitrogênio (N), na forma de aminoácidos e proteínas, com o intuito de melhorar o desempenho produtivo das aves (YANG; LORIMOR; XIN, 2000). O alto teor

de proteínas na ração provoca um aumento significativo na concentração de ácido úrico do plasma sanguíneo dos animais, e, conseqüentemente a eliminação deste excesso pelas suas excretas (HSU; LIN; CHIOU, 1998).

A partir do exposto seria interessante inter-relacionar as diversas variáveis de influência (temperatura e composição da ração) e inferir sobre a quantidade máxima de ácido úrico passível de ser excretada pelas galinhas poedeiras.

2. Objetivos

2.1. Geral

Analisar a influência do ambiente térmico em que as galinhas poedeiras estão inseridas e do conteúdo energético das rações, sob as características físico-químicas dos dejetos excretados.

2.2. Específicos

- Verificar a influência da temperatura do ambiente sobre a excreção de nitrogênio pelas galinhas poedeiras.
- Averiguar a influência do nível de energia metabolizável presente nas rações ofertadas às galinhas poedeiras sobre sua excreção de nitrogênio.
- Examinar a interação entre a temperatura do ambiente e a composição energética das rações sobre a excreção de nitrogênio pelas galinhas poedeiras durante o pico de postura.

3. Material e métodos

A pesquisa foi realizada na fase de pico de postura das galinhas poedeiras, compreendida entre a 24^a e 32^a semana de vida das aves. Foram utilizadas 256 galinhas da linhagem LOHMANN LSL, submetidas a condições de contorno controladas.

O experimento ocorreu na cidade de Viçosa, estado de Minas Gerais, onde foram utilizadas quatro câmaras climáticas existentes na área experimental do Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais – AMBIAGRO –, da área de Construções Rurais e Ambiência do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

As câmaras climáticas que foram utilizadas eram equipadas com um aquecedor de ar de 2000 W de potência, um condicionador de ar de 12000 BTU/h e um umidificador de ar com 4,5 litros de capacidade e débito de névoa de 300 ml/hora. Estas possuíam dimensões de 3,20 x 2,44 x 2,38 metros (comprimento x largura x pé direito).

No interior de cada câmara havia um controlador eletrônico de temperatura e umidade relativa do ar (modelo MT – 531R plus), para o acionamento automático dos equipamentos de condicionamento térmico do ambiente.

Para garantir uma boa qualidade do ar aos animais, utilizou-se a ventilação higiênica, que foi realizada por meio de dois exaustores axiais (A.M.B, modelo FD 08025S1M, DC 12V, 0.15A), de forma que os valores de amônia (NH₃) e dióxido de carbono (CO₂) não ultrapassassem os valores máximos recomendados.

3.1. Fase experimental

Para este estudo, galinhas poedeiras foram submetidas a quatro diferentes temperaturas (condição de conforto preconizada pelo Guia de Manejo da LOHMANN, e, mais três de estresse por calor), as quais estão detalhadas na Tabela 3. Segundo Hsu, Lin e Chiou (1998), temperaturas elevadas causam maiores concentrações de amônia no sangue das aves, o que pode proporcionar uma maior excreção de ácido úrico por estes animais. Sendo assim, optou-se pelo teste de temperaturas acima do conforto preconizado.

Nas condições proporcionadas pela Câmara Climática 01, as aves foram submetidas a temperatura de 20°C, durante 24 horas por dia (conforto térmico preconizado por Lohmann, [s.d.]) em todo o período experimental e para as condições das Câmaras 02, 03 e 04, os animais estavam submetidos a 12 horas de estresse por calor, de 7:00 às 19:00 horas, e durante as outras 12 horas sob a temperatura de conforto 19°C.

A umidade relativa do ar (UR) foi controlada durante o período experimental em todos os tratamentos, tendo sido mantida na faixa de 60 a 70%, por meio do sistema automatizado presente nas câmaras climáticas.

3.2. Distribuição dos animais nas unidades experimentais

O número de animais (n) por unidade experimental foi calculado através da densidade de criação recomendada no Guia de Manejo apresentado por Lohmann, (s.d.), o qual recomenda 456 cm² por ave. Foi utilizada a Equação 9 para determinação de n.

$$n = A/D$$
$$n = 2100/456$$
$$n = 4,6 \text{ aves}$$

Onde;

n = número de aves por unidade experimental;

A = Área de cada unidade experimental (cm²) - Dimensão das unidades experimentais 50,00 x 42,00 [Comprimento (cm) x Largura (cm)];

D = Densidade recomendada de criação (cm/ave).

Para esta investigação, optou-se por utilizar quatro aves por unidade experimental, totalizando 192 aves durante o pico de produção² (de 24 a 34 semanas de idade), provenientes de condições de conforto térmico. No experimento, considerou-se um período de cinco dias para aclimação dos animais às condições bioclimáticas testadas.

As galinhas poedeiras foram distribuídas, aleatoriamente, em quatro câmaras climáticas, onde foram alocadas seis gaiolas (Figura 13), cada uma com dimensões de 1,00m x 0,42m x 0,60m, (comprimento x largura x altura). Cada gaiola foi subdividida em duas repartições, correspondendo cada uma dessas a uma unidade experimental (1/2 de gaiola).

As unidades experimentais abrigaram quatro aves cada uma (Figura 22), o que proporcionou uma área de 525 cm² para cada animal e 56 galinhas poedeiras por câmara climática.



Figura 22: Gaiola dividida em duas unidades experimentais

² Extraído a partir da curva de produção apresentada no Guia de Manejo da LOHMANN. Segundo Takata *et al.* (2001) as galinhas poedeiras atingem a maturidade sexual entre a 17^a e 18^a semana de vida, e, o pico de postura ocorre por entre a 25^a e 35^a semana, após esta fase a postura reduz gradativamente até o final da produção.

3.3. Dieta das aves

A composição nutricional da ração³ teve como variação o nível de energia metabolizável (Tabela 9). Em cada câmara climática foram utilizadas quatro composições diferentes.

Tabela 9: Níveis de energia metabolizáveis presentes nas rações em cada tratamento

Ração	Energia metabolizável (kcal/kg)
R1	2700
R2	2800
R3	2900
R4	3000

Fonte: Elaborada conforme metodologia proposta por Rostagno *et al.* (2017) nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos.

Para cada condição térmica imposta, as poedeiras foram divididas e alimentadas com quatro dietas com diferentes níveis de energia metabolizável na ração (Tabela 9). As composições das rações estão dispostas na Tabela 10.

Tabela 10: Formulação da ração

Ingredientes	Energia metabolizável kcal.kg-1			
	2700	2800	2900	3000
Milho Grão (kg)	263,652	277,9555	264,684	284,125
Soja Farelo 45% (kg)	102,679	109,087	110,679	117,713
Trigo Farelo (kg)	77,334	52,359	53,755	46,433
Calcario (kg)	46,804	46,635	46,631	24,088
Fosfato bicálcico (kg)	4,4095	4,732	14,3725	17,5
Óleo de soja (kg)	0	4,247	4,7315	5,114
Sal comum (kg)	2,522	2,524	2,5295	2,531
DI-Metionina (kg)	1,023	1,018	1,0335	1,0515
Vitre-Ave (kg)	0,5	0,5	0,5	0,5
Min-Aves (kg)	0,5	0,5	0,5	0,5
Coxistac (kg)	0,275	0,275	0,275	0,275
L-Treonina (kg)	0,127	0,0875	0,2595	0,061
B H T (kg)	0,05	0,05	0,05	0,058
L-Lisina HCL (kg)	0,125	0,029	0	0,05
Total (kg)	500	500	500	500
Composição calculada				
Ácido Linoleico (%)	1,4281	1,8638	2,8848	3,209
Arginina Dig. Aves (%)	0,9741	0,978	0,9817	0,9843

³ As rações foram formuladas seguindo a metodologia proposta pelas Tabelas Brasileira para Aves e Suínos (ROSTAGNO *et al.*, 2017).

Arginina Total (%)	1,0434	1,0443	1,0481	1,0472
Cálcio (%)	3,9	3,9	3,9	3,9
Cloro (%)	0,3518	0,3514	0,3508	0,3505
Fenil. Dig. Aves (%)	0,6997	0,7138	0,7131	0,7291
Fenil. Total (%)	0,7725	0,7834	0,7828	0,7948
Fenil.+Tir. Dig. Aves	1,1909	1,2169	1,2155	1,2448
Fenil.+Tir. Total (%)	1,3057	1,3267	1,3254	1,3488
Fósforo Disponível (%)	0,291	0,291	0,291	0,291
Glicina + Serina Total (%)	1,4736	1,48	1,4808	1,4863
Histidina Dig. Aves (%)	0,3933	0,3967	0,3956	0,3994
Histidina Total (%)	0,4342	0,4347	0,4336	0,4339
Isoleucina Dig. Aves (%)	0,5781	0,5911	0,5918	0,6062
Isoleucina Total (%)	0,6551	0,665	0,666	0,6766
Leucina Dig. Aves (%)	1,2426	1,2727	1,261	1,2976
Leucina Total (%)	1,3614	1,3856	1,3745	1,4039
Lisina Dig. Aves (%)	0,72	0,72	0,72	0,7451
Lisina Total (%)	0,8097	0,806	0,806	0,827
Met.+ Cist. Dig. Aves (%)	0,652	0,6523	0,6524	0,6576
Met.+ Cistina Total (%)	0,7291	0,725	0,725	0,725
Metionina Dig. Aves (%)	0,4204	0,4217	0,4231	0,4295
Metionina Total (%)	0,4473	0,4465	0,4479	0,4519
Potássio (%) 0,6880	0,688	0,6683	0,6693	0,6452
Proteína Bruta (%)	16,02	16,02	16,02	16,02
Sódio (%)	0,218	0,218	0,218	0,218
Treonina Dig. Aves (%)	0,545	0,5473	0,5773	0,5514
Treonina Total (%)	0,6383	0,637	0,6696	0,637
Triptofano Dig. Aves	0,1749	0,1742	0,1753	0,1741
Triptofano Total (%)	0,1981	0,1959	0,197	0,194

*Formulada com base em Rostagno *et al.* (2011).

Assim, em cada câmara climática, com seus respectivos ambientes térmicos, foram estudados quatro diferentes tratamentos, sendo que a variação observada foi a composição nutricional. Foram realizadas três repetições, totalizando 12 unidades experimentais (cada uma com quatro aves). Das 48 galinhas poedeiras de cada câmara climática, 12 foram alimentadas com R1, 12 com R2, 12 com R3 e mais 12 com R4.

As rações foram fornecidas conforme recomendação do manual da linhagem (LOHMANN, [s.d.]). A água foi disposta “ad libitum” sendo substituída três vezes ao dia, evitando-se assim o aquecimento da mesma nos bebedouros tipo nipple. A saber, os comedouros utilizados foram do tipo calha.

3.4. Distribuição dos tratamentos

Foram fixados quatro valores para a temperatura ambiente (um em cada câmara climática). Em relação ao alimento oferecido para os animais, destaca-se que foram oferecidas quatro composições nutricionais diferentes, sendo quatro níveis de energia metabolizável, o que totalizou 16 tratamentos (4x4). Os tratamentos foram distribuídos nas câmaras climáticas da seguinte forma (Tabela 11 e Figura 23):

Tabela 11: Detalhamento dos tratamentos que foram testados para este estudo.

Tratamento	Câmara climática	Condições térmico-ambientais durante o dia (°C)	Média da temperatura em 24 horas (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Ração
T01	01	20 ± 1	20,0	40-60	R1
T02					R2
T03					R3
T04					R4
T05	02	25 ± 1	22,5	40-60	R1
T06					R2
T07					R3
T08					R4
T09	03	30 ± 1	25,0	40-60	R1
T10					R2
T11					R3
T12					R4
T13	04	35 ± 1	27,5	40-60	R1
T14					R2
T15					R3
T16					R4

Câmara Climática 01 Temperatura durante o dia: 20 °C		Câmara Climática 02 Temperatura durante o dia: 25 °C		Câmara Climática 03 Temperatura durante o dia: 30 °C		Câmara Climática 04 Temperatura durante o dia: 35 °C	
T1	T2	T5	T6	T12	T11	T13	T16
—	—	—	—	—	—	—	—
T4	T4	T6	T5	T9	T10	T15	T15
T2	T3	T8	T7	T9	T12	T13	T14
—	—	—	—	—	—	—	—
T3	T4	T7	T8	T10	T11	T14	T16
T1	T1	T8	T7	T11	T10	T16	T15
—	—	—	—	—	—	—	—
T3	T2	T6	T5	T12	T9	T14	T13

Figura 23: Distribuição das unidades experimentais em cada câmara climática e suas repetições.

3.5. Coleta dos dejetos

Os dejetos das poedeiras foram coletados em bandejas de alumínio, revestidas com material plástico (polietileno), o qual é inerte ao resíduo (Figura 14), evitando assim que os dejetos perdessem as suas características originais. As bandejas coletoras, fixadas abaixo das gaiolas (Figura 15), foram limpas diariamente, de tal forma que as amostras de excreta recolhidas em dia específico, foram realmente representativas de apenas um dia. Tal procedimento busca evitar alterações bioquímicas e de umidade dos componentes excretados.

Os dejetos, provenientes das três repetições de um tratamento, foram homogeneizados, e, em seguida, procedeu-se a coleta de uma amostra composta. Este procedimento foi realizado às 07:00 horas da manhã dos dias 01, 08, 15, 22 e 29 de março de 2017.

A fim de evitar o contato da amostra com o ar ambiente, as amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno lacrados devidamente identificados (Figura 16 e Figura 17). Em seguida foram armazenadas e analisadas em laboratório.

3.6. Análises Laboratoriais

3.6.1. Conteúdo de água

Para a quantificação do conteúdo de água presente nas amostras foi utilizada a metodologia recomendada por Kiehl (1998), pela qual, é possível calcular a umidade de interesse por meio da diferença de massa mensurada antes e após submeter às amostras ao processo de secagem em estufa.

Os cadinhos utilizados nestas análises foram colocados previamente em uma mufla, a 550 °C, por 30 minutos. Após o tempo de secagem dos cadinhos, os mesmos foram colocados em dessecadores, para que ocorresse o seu resfriamento sem nova absorção de umidade. Após este resfriamento, procedeu-se a mensuração de suas massas (M_c).

Colocou-se 20 g de amostra dos dejetos das galinhas poedeiras nos cadinhos e, em seguida, este material teve a sua massa aferida (cadinho mais amostra úmida - M_{uc}). Após esse passo, foram submetidos à estufa ajustada para a temperatura de 60-65 °C, durante um período de 16 horas.

Depois do referido período, mensurou-se novamente a massa do cadinho juntamente com a amostra e, posteriormente, foram colocados novamente na estufa, agora ajustada para 105 °C. Transcorrido o intervalo de tempo de 1 hora, o material foi retirado e novamente pesado, este procedimento foi repetido até que a diferença entre as massas quantificadas consecutivamente fossem menor que 1%.

Sendo assim, foi utilizada para o cálculo do teor de umidade em base úmida a Equação 4.

3.6.2. Sólidos Totais

Para o cálculo dos sólidos totais (ST) presente na amostra, foi utilizada a metodologia descrita anteriormente para a determinação do conteúdo de água. No entanto, para este tópico fez-se o uso da Equação 5 (KIEHL, 1998).

Após a determinação dos sólidos totais, o cadinho contendo a amostra seca foi levado à mufla, a qual foi ajustada para 550 °C. As amostras permaneceram em seu interior por uma hora e, em seguida, foram transferidas para dessecadores, nos quais permaneceram até atingir a temperatura ambiente. Concluindo-se esta etapa, os cadinhos foram novamente encaminhados para balança afim de nova aferição da sua massa. Os valores dos sólidos voláteis (SVT) foram determinados através da Equação 6 e dos sólidos fixos (SFT) da Equação 7.

3.6.3. Potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH dos dejetos coletados foram aferidos com base na metodologia descrita por Camargo *et al.* (2009), de acordo com a qual as amostras das excretas foram dissolvidas em água destilada em proporção de 1:4 (amostra de excreta: água). A mistura permaneceu em repouso por uma hora e, logo após, realizou-se a leitura do valor de pH, utilizando-se potenciômetro de bancada.

3.6.4. Nitrogênio Amoniacal

Para esta análise foi utilizada a seguinte metodologia proposta por Liberty e Taraba, (s.d.): aproximadamente 4 g do dejetos foram colocados em um erlenmeyer de 125 ml e acrescentados 30 ml de uma solução aquosa de KCl a 1%. Após uma hora de contato, com agitações periódicas, uma alíquota de 10 ml de sobrenadante foi colocada e transferida para um becker de 50 ml. Utilizou-se a sonda Orion 9512 Eletrodo específico de íons de amônia (ISE) para a determinação da condutividade elétrica da solução.

Para a determinação da concentração de nitrogênio amoniacal, foi confeccionado uma curva, onde foram utilizadas soluções padrões com concentração conhecidas tendo sido aferidas as suas respectivas condutividades elétricas (Figura 18). Os padrões foram preparados a partir de diluições sucessivas da solução padrão com concentração igual a 1000 ppm.

De posse destes resultados, utilizou-se como dados de entradas a condutividade elétrica encontrada em cada amostra de dejetos, e assim, foi possível determinar qual a concentração de nitrogênio amoniacal estava presente nos dejetos.

3.6.5. Nitrogênio Total

Para a determinação dos teores de nitrogênio total foi utilizada a metodologia proposta por Kjeldahl, (APHA, 2005) - digestão sulfúrica, destilação em meio alcalino e posterior titulação - que está detalhado a seguir.

Em um tubo de ensaio de 25 x 250 mm, foram adicionados 0,2 g da amostra do dejetos das galinhas poedeiras, mais 0,7 g de mistura digestora e 10 ml de ácido sulfúrico, após esta etapa os tubos foram colocados no bloco digestor. Procedeu-se a digestão sob temperatura de 250°C 15-20 min e, posteriormente a 330°C até a clarificação do extrato (Reação 5).

Concluída a etapa de digestão, seguiu-se com os tubos para o condensador. Em sua saída, colocou-se um erlenmeyer de 125 ml com 10 ml de ácido bórico (H_3BO_3 2%), o qual tem a função de indicador, mergulhando o tubo de saída dentro da solução de H_3BO_3 . Foi adicionado 25 ml de hidróxido de sódio (NaOH 40%) ao tubo de ensaio, e, por arraste de vapor de água, esperou até o volume de destilado atingir 75 ml no erlenmeyer, onde ocorreu a Reação 6.

O $H_2BO_3^-$, que está na solução numa quantidade equivalente à de NH_3 destilada, foi dosado por titulação com ácido sulfúrico (H_2SO_4 0,05 mol_c L⁻¹) (Reação 7) até a viragem da cor verde azulada para a cor original: púrpura-avermelhada.

Como cada H^+ gasto na titulação equivale à neutralização de um íon $H_2BO_3^-$ que, por sua vez, é equivalente à quantidade de nitrogênio amoniacal presente na amostra, cada mol de H^+ equivale a 14 g de nitrogênio amoniacal. Assim, o resultado de sua concentração foi obtido pela Equação 8.

3.7. Delineamento estatístico

Este experimento foi estruturado no delineamento de parcelas subdivididas, com fatorial na parcela. O tratamento primário, nas parcelas, se caracteriza pela variação da temperatura, enquanto no tratamento secundário (subparcelas) ocorre a variação dos níveis energéticos das rações ofertada às galinhas poedeiras.

Na Tabela 12, estão representadas as variáveis experimentais descritas anteriormente resultados e ANOVA proposta neste trabalho.

Tabela 12: ANOVA

Fator de variância	Variações	Gral de Liberdade
Ração	04	03
Temperatura	04	03
Ração x Temperatura		09
Erro (a)		32
Total Parcela		47
Semana	05	04
Semana x Ração		12
Semana x Temperatura		12
Semana x Ração x Temperatura		36
Erro (b)		128
Total		239

4. Resultados e discussão

4.1. Conteúdo de água

Foi realizada a análise de variância dos resultados encontrados quanto ao conteúdo de água das amostras coletadas. Na Tabela 13 demonstra-se o resultado da ANOVA.

Tabela 13: ANOVA - Conteúdo de umidade

	G.L.	SQ	QM	σ
Temperatura	03	0,11107	0,03702*	0,19
Tratamentos	04	0,00985	0,00246 ^{n.s.}	
Resíduo (a)	13	0,01194		
Parcelas	20	0,02997		

* Significativo

^{n.s.} = Não significativo

Verifica-se que existe interação significativa das temperaturas com o conteúdo de água das excretas (Tabela 14), já os níveis de energia metabolizável das rações não exerceram influência sobre a excreção de água pelas poedeiras (Tabela 15).

Em pesquisa realizada por Gama *et al.*, (2008), percebeu-se que galinhas em fase de produção podem consumir até 250 ml de água por dia, quando estão em ambientes térmicos com temperaturas até 25 °C. Esta ingestão de água pode aumentar significativamente (até dobrar seu valor) quando a temperatura ultrapassa os 30 °C (GAMA *et al.*, 2008). Vindo ao encontro dos resultados encontrados por Rodrigues *et al.* (2000), que constataram um aumento de 37% do consumo de água em frangos de corte submetidos a temperaturas elevadas.

4.2. Potencial hidrogeniônico (pH)

Não foi encontrada diferença entre as médias de pH nas excretas dos diversos tratamentos, tanto em relação à temperatura do ambiente (Tabela 14) quanto em relação aos níveis de energia metabolizável presentes na ração (Tabela 15).

Segundo Hsu, Lin e Chiou, (1998), aves em ambientes térmicos com temperatura elevadas, apresentam maiores concentrações de amônia em seu sangue, o que poderia proporcionar uma maior excreção de ácido úrico, quando comparadas às aves em conforto. Sendo assim, esperava-se que o pH dos dejetos apresentasse valores mais baixos em ambientes com temperaturas mais elevadas, o que não ocorreu.

4.3. Nitrogênio Total

A partir da análise de variância realizada, foi possível perceber que há, pelo menos, uma das médias dos tratamentos com que diferem estatisticamente entre si, a um nível de 5% de probabilidade.

Pelo teste Tukey, observou-se que a Câmara Climática 04 (onde a temperatura ambiente foi regulada, durante o período do dia, em 35 °C) apresentou maiores concentrações

de nitrogênio total nas excretas se comparada às demais câmaras. Na câmara climática 03 (regulada em 30 °C por 12 horas diárias) o resultado foi similar ao encontrado em 02 (25 °C), não diferindo estatisticamente. Quanto a câmara 01 (conforto térmico - 20 °C durante as 24 horas), pode-se dizer que houve diferença significativa no resultado deste parâmetro, quando comparado aos tratamentos com maiores temperaturas (Tabela 14).

Quando analisada a excreção de nitrogênio total em função dos níveis energéticos da ração, não foi observado diferença na concentração deste parâmetro nas excretas testadas (Tabela 15).

4.4. Nitrogênio Amoniacal

Utilizou-se a sonda Orion 9512 – com Eletrodo específico de ions de amônia (ISE), que mensura a concentração de íons de nitrogênio amoniacal em soluções aquosas. Esta sonda possui uma membrana seletiva capaz de permitir a entrada de determinados ions em seu interior. Tal alteração da concentração de nitrogênio amoniacal influencia suas leituras de condutividade elétrica. Sendo assim, é possível relacionar estes valores à concentração de nitrogênio amoniacal do meio.

Para correta determinação dos níveis de nitrogênio amoniacal, foi necessário criar uma curva de concentração para padronizar as análises (Figura 18). A partir de uma solução padrão, que apresenta a concentração de 1000 ppm, realizou-se uma série de diluições, nas quais houve a determinação dos valores de condutividade elétrica (Tabela 5). Os índices encontrados serviram de referência para os resultados observados nas amostras de dejetos coletadas.

Após a determinação da concentração de nitrogênio amoniacal nas amostras coletadas, foi possível construir a Tabela 14, na qual estão expressas as médias das concentrações de nitrogênio amoniacal em função da temperatura do ambiente.

A concentração de nitrogênio amoniacal foi estatisticamente maior nos tratamentos com temperaturas mais elevadas quando comparados ao tratamento conforto térmico. Vale ressaltar que este (20 °C durante as 24 horas do dia – Câmara 01) foi o que apresentou a menor excreção de nitrogênio amoniacal, contrastando com o tratamento de maior temperatura (35 °C durante o período do dia – Câmara 04), cujas concentrações de nitrogênio amoniacal se mostraram maiores.

Por outro lado, quando as médias de nitrogênio amoniacal nas excretas foram avaliadas em função dos níveis de energia metabolizáveis, não detectou-se diferenças entre elas (Tabela 15).

Tabela 14: Resultado das análises físico-químicas nas amostras de dejetos. Testes de médias realizados em função da temperatura do ambiente.

Temperaturas (°C)						Nitrogênio				
Temp. durante o dia	Média em 24 horas	UBs (%) ¹	σ_{UBs} ²	pH ³	σ_{pH} ⁴	Total (%) ⁵	σ_{NT} ⁶	Amoniacal (%) ⁷	σ_{NA} ⁸	NA/NT ⁹
20 ± 1	20,0	77,72 a	1,96	7,25 a	0,27	10,37 a	0,61	07,41 a	1,75	0,71
25 ± 1	22,5	79,23 a b	2,33	6,92 a	0,36	13,96 b	1,01	09,67 a b	2,83	0,69
30 ± 1	25,0	78,14 a b	1,85	7,00 a	0,38	14,11 b	1,29	10,21 b c	2,64	0,72
35 ± 1	27,5	80,26 b	1,80	7,20 a	0,26	17,12 c	1,38	12,32 c	2,48	0,72

* Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

¹ Média do teor de umidade em base seca encontrado nas amostras de dejetos.

² Desvio padrão em torno das médias do teor de umidade.

³ Média do potencial hidrogeniônico encontrado nas amostras de dejetos.

⁴ Desvio padrão em torno das médias do pH.

⁵ Média da concentração de nitrogênio total nas amostras de dejetos.

⁶ Desvio padrão em torno das médias da concentração de nitrogênio total.

⁷ Média da concentração de nitrogênio amoniacal nas amostras de dejetos.

⁸ Desvio padrão em torno das médias da concentração de nitrogênio amoniacal.

⁹ Relação entre as concentrações de nitrogênio total (NT) e nitrogênio amoniacal (NA).

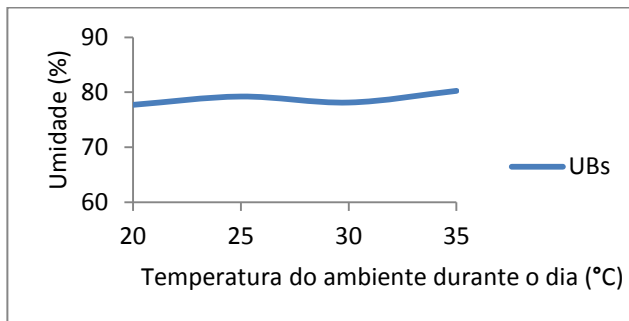


Figura 24: Variação do conteúdo de água no dejetos em função da temperatura ambiente.

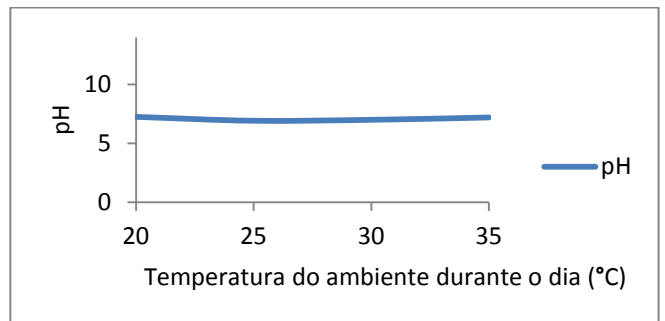


Figura 25: Variação do potencial hidrogeniônico no dejetos em função da temperatura ambiente.

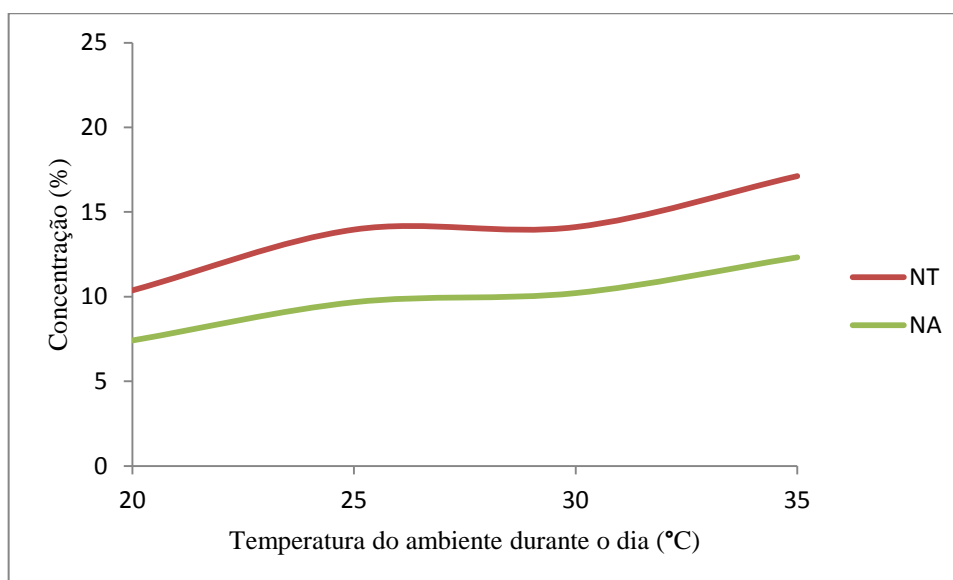


Figura 26: Concentração de nitrogênio total e nitrogênio amoniacal no dejetos de galinhas poedeiras em relação a temperatura ambiente.

Tabela 15: Resultado das análises físico-químicas nas amostras de dejetos. Testes de médias realizados em função dos níveis de energia metabolizada da ração.

Níveis de energia metabolizável (kcal/kg)	UBs (%) ¹	σ_{UBs} ²	pH ³	σ_{pH} ⁴	Nitrogênio				
					Total (%) ⁵	σ_{NT} ⁶	Amoniacal (%) ⁷	σ_{NA} ⁸	NA/NT ⁹
2700	78,75 a	2,45	7,11 a	0,40	13,62 a	3,94	11,32 a	3,38	0,83
2800	78,27 a	3,82	7,07 a	0,34	13,40 a	3,88	11,24 a	3,24	0,84
2900	79,29 a	3,01	7,06 a	0,37	13,23 a	2,04	11,10 a	2,64	0,84
3000	79,05 a	2,85	7,12 a	0,29	12,99 a	1,69	10,47 a	2,27	0,81

* Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

¹ Média do teor de umidade em base seca encontrado nas amostras de dejetos.

² Desvio padrão em torno das médias do teor de umidade.

³ Média do potencial hidrogeniônico encontrado nas amostras de dejetos.

⁴ Desvio padrão em torno das médias do pH.

⁵ Média da concentração de nitrogênio total nas amostras de dejetos.

⁶ Desvio padrão em torno das médias da concentração de nitrogênio total.

⁷ Média da concentração de nitrogênio amoniacal nas amostras de dejetos.

⁸ Desvio padrão em torno das médias da concentração de nitrogênio amoniacal.

⁹ Relação entre as concentrações de nitrogênio total (NT) e nitrogênio amoniacal (NA).

5. Conclusões

Com base nos resultados encontrados nesta pesquisa, conclui-se que a temperatura ambiente exerce influência positiva sobre a excreção de nitrogênio (total e amoniacal) pelas galinhas poedeiras, assim como no teor de umidade de seus dejetos. Ou seja, nos tratamentos de maior temperatura ambiente durante o dia, observaram-se maiores teores de umidade e nitrogênio nas excretas. Não houve influência dos níveis de energia metabolizável na ração sobre a excreção de nitrogênio e água pelas poedeiras.

Não houve diferença estatística nas médias de pH entre os diversos tratamentos, tanto em relação à temperatura do ambiente quanto ao nível de energia metabolizável presente na ração.

6. Referências

- ABPA. **Relatório Anual - 2017**. São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais/2016>>. Acesso: 17 de junho de 2017.
- APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, USA: [s.n.].
- CAMARGO, O. A. DE, MONIZ, A. C., JORGE, J. A., & VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas** Campinas Instituto Agrônomo, 2009. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/boletim_tecnico_106_rev_atual_2009.pdf>. Acesso: 12 de maio de 2015.
- GAMA, N. M. S. Q., TOGASGI, C. K., FERREIRA, N. T., BUIM, M. R., GUASTALLI, E. L., & FIAGÁ, D. A. M. **Divulgação técnica - Conhecendo a água utilizada para as aves de produção**, 2008.
- HARTUNG, J. Influence of housing and livestock on ammonia release from buildings. In: **Odour and Ammonia Emissions from Livestock Farming**. Hanover: [s.n.]. p. 22–29.
- HSU, J. C.; LIN, C. Y.; CHIOU, P. W. S. Effects of ambient temperature and methionine supplementation of a low protein diet on the performance of laying hens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 74, n. 4, p. 289 – 299, 1998.
- KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba:

- [s.n.].
- KOERKAMP, P. W. G. G., METZ, J. H. M., UENK, G. H., PHILLIPS, V. R., HOLDEN, M. R., SNEATH, R. W., & SHORT, J. L. Concentrations and Emissions of Ammonia in Livestock Buildings in Northern Europe. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 70, n. 1, p. 79–95, 1998.
- LIBERTY, K. R.; TARABA, J. L. **Modeling Ammonia Removal and Biotransformation Within Laboratory-Scale Yard-Waste Compost Biofilters**, [s.d.].
- LOHMANN. **Layers Lohmann Lsl - Lite Management Guide** Cuxhaven - Germany, [s.d.]. Disponível em: <http://www.hylinena.com/UserDocs/products/Lohmann_LSL-Lite.pdf>. Acesso: 21 de agosto de 2016.
- MAHMOUD, K. Z., BECK, M. M., SCHEIDELER, S. E., FORMAN, M. F., ANDERSON, K. P., & KACHMAN, S. D. Acute high environmental temperature and calcium-estrogen relationships in the hen. **Poultry science**, v. 75, n. 12, p. 1555–1562, 1996.
- NDEGWA, P. M., HRISTOV, A. N., AROGO, J., & SHEFFIELD, R. E. A review of ammonia emission mitigation techniques for concentrated animal feeding operations. **Biosystems engineering**, v. 100, n. 4, p. 453–469, 2008.
- RODRIGUES, A., NETO, D. O., FLÁVIA, R., OLIVEIRA, M. DE, & LOPES, J. Efeito da Temperatura Ambiente sobre o Desempenho e Características de Carcaça de Frangos de Corte Alimentados com Dieta Controlada e Dois Níveis de Energia Metabolizável 1 Effect of Environment Temperature on Performance and Carcass Characteristics in Br. v. 29, n. 1, p. 183–190, 2000.
- ROSTAGNO, H. S., ALBINO, L. F. T., DONZELE, J. L., CEZAR, G. PAULO, OLIVEIRA, R. F., LOPES, D. C., TOLEDO, B. SERGIO L. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2017.
- TAKATA, F. N., EVÊNCIO, L. B., EVÊNCIO NETO, J., & SIMÕES, M. J. Aspectos morfológicos do oviduto de galinha doméstica (*Gallus gallus*) antes e após a puberdade. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 25, n. 2, p. 174–176, 2001.
- TELATIN JUNIOR, A. **Caracterização tipológica e bioclimática da avicultura de postura no Estado de São Paulo – um estudo de caso Piracicaba**. [s.l.] ESALQ/USP, 2007.
- VITORASSO, G.; PEREIRA, D. F. Análise comparativa do ambiente de aviários de postura com diferentes sistemas de condicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 788–794, 2009.
- YANG, P.; LORIMOR, J. C.; XIN, H. Nitrogen losses from laying hen manure in commercial high-rise layer facilities. **Transactions of the ASAE**, v. 43, n. 6, p. 1771–2000, 2000.

Capítulo IV – Artigo III – Aplicação da linguagem Dinâmica de Sistemas (DS) para simulação da emissão de amônia pela avicultura de postura.

1. Introdução

Os fatos são apresentados, no dia a dia, de forma sequencial (Villela, 2005). Ou seja, observa-se neles uma tendência linear. As ações geralmente têm um sujeito A, que é o seu realizador, e um objeto B, o qual sofre a ação. Dessa forma, o sujeito A supostamente seria o causador de uma ação sobre o objeto B. Entretanto, existem situações onde A causa em B e B causa em A, gerando um efeito de realimentação ou “feedback”. Nestas situações, a linguagem tradicional encontra dificuldades em expressar este caminho circular, levando determinado raciocínio a ser falho (Villela, 2005).

Por outro lado, quando se tem um conjunto de partes e é observada uma interação entre as mesmas, formando-se um corpo, entende-se que tal estrutura corresponde a um sistema (Bellinger, Horton e Gorsuch, 1996). Sendo assim, não se deve resumir um sistema apenas pelos seus componentes, tornando-se primordial o entendimento principalmente de suas inter-relações.

Assim, segundo Bertalanffy (1977), a interação de variados elementos, quando estes se relacionam muitas vezes em efeitos de realimentação, também podem ser entendidas como um sistema. De acordo com o mesmo autor, a Teoria Geral dos Sistemas busca a formulação de princípios que expliquem os sistemas em sua generalidade, podendo aqueles, serem de natureza diversa. Os sistemas apresentam algumas propriedades relevantes para seu funcionamento; dentre elas, podemos citar a influência que o comportamento de um elemento exerce sobre os demais, a dependência das propriedades de um elemento em relação a um ou outro elemento e a impossibilidade de decomposição do sistema em sistemas independentes (Sobreiro, 2008).

Segundo Gavira (2003), existem inúmeras formas de estudar um sistema e suas relações. Dentre essas maneiras, a experimentação com sistema real, lançando-se mão de modelos físicos e matemáticos (analíticos e simulações). Por meio do uso de simulações (a partir da elaboração de um modelo), torna-se possível realizar a interpretação de fenômenos de forma analítica. Esse modo de interpretação revela sua importância se considerarmos que pode-se utilizá-las para prever o comportamento futuro de determinado grupo de elementos de acordo com certos parâmetros de entrada e suas magnitudes (Xu e Li, 2011).

Assim, uma ferramenta indicada para esse tipo de análise é a Dinâmica de Sistemas (DS), a qual pode ser definida como uma linguagem onde é possível expressar, mais adequadamente, cadeias de eventos existentes na natureza (Villela, 2005). Utilizando-se diagramas (causais ou de fluxo e estoque) é possível descrever graficamente e realizar o equacionamento de um sistema produtivo, possibilitando, assim, uma análise clara de sua complexidade dinâmica (ao longo do tempo), e das inter-relações em cada etapa.

A partir do início da década de 1980, surgiram inúmeras aplicações da DS em sistemas agroecológicos. Nessa linha de raciocínio, Trenbath (1989) propôs um modelo simples, com quatro variáveis, no qual era possível verificar a interação entre árvores e solo e calcular com precisão a necessidade de pousio. Quando Noordwijk (1999) realizou alterações no modelo original, foi possível determinar valores de produtividade máxima mantendo o sistema sustentável. Já Noordwijk, Verbist e Tomich (2001) propuseram uma simulação mais específica, onde foi considerada a derrubada da floresta e verificado o efeito da queima dos restos florestais sobre os minerais presentes no solo. Assim, após a ocorrência da referida combustão, depreendeu-se houve perda de certos nutrientes, como o nitrogênio – embora tenha ocorrido um aumento de disponibilidade de outros no sistema, como foi o caso do fósforo. De maneira análoga, o mesmo vem sendo percebido em relação ao nível de emissão de amônia em sistemas que envolvem criações de animais.

Apesar de todos os esforços da comunidade científica em estabelecer protocolos de medições e quantificações das emissões de amônia, provenientes das criações de animais, ainda não se tem parâmetros de comparação dos valores emitidos. A proposição de um índice de máximo potencial de emissão de amônia, que varie de acordo com a espécie animal criada, e, com as características ambientais e de manejo, é necessária para balizar os níveis de emissão. De posse desses dados, é possível avaliar a magnitude do que está sendo emitido por determinada instalação.

Observa-se, assim, a possibilidade de inter-relacionar, através de equações matemáticas, as variáveis de influência (temperatura, teor que umidade do ar e composição da ração) e inferir sobre a quantidade máxima de ácido úrico passível de ser excretada pelas galinhas poedeiras. Com base nestes dados, seria possível então, estimar o potencial máximo de geração e emissão de amônia para a atmosfera, proveniente da produção de ovos de galinha.

A partir do exposto, percebe-se que a DS pode ser uma importante ferramenta na análise e equacionamento das inter-relações do processo de excreção do ácido úrico pelas

galinhas poedeiras, quando alterados os parâmetros ambientais e de manejo a que os animais estão submetidos.

2. Objetivo

Propor um diagrama de fluxo de nitrogênio desde sua metabolização pelas galinhas poedeiras até a volatilização na forma de amônia para o ambiente. Além da referida proposição, busca-se gerar equações matemáticas que visem modelar as etapas de excreção do ácido úrico e sua conversão em amônia.

3. Metodologia

A Dinâmica de Sistemas é uma metodologia que busca mapear estruturas de sistemas organizacionais ou sociais. Além de examinar a inter-relação de suas forças, esse tipo de método busca vê-las e entendê-las em um contexto amplo, como se fossem parte de um processo comum. Por intermédio da simulação quer compreender como o sistema em foco evolui no tempo e como mudanças em suas partes afetam todo o seu comportamento (Andrade e Kasper, 1997; Fernandes, 2001; Zambom, 2000).

No experimento, foi utilizado o programa computacional Vensim® PLE para Windows versão 6.3 (x86), desenvolvido e produzido pela Ventana Systems, Inc., para gerar os diagramas que relacionam cada parâmetro utilizado como variável de entrada (temperatura ambiente, teor de umidade dos dejetos, pH dos dejetos, teor de proteína bruta das rações) com o efeito causado por ele sobre a excreção de ácido úrico por ave de postura e sua posterior degradação e emissão de amônia para o meio ambiente.

3.1. Desenvolvimento do modelo

A construção das relações causais presentes neste modelo foi subsidiada por princípios de interação do ambiente e do manejo das poedeiras com a sua resposta quanto à excreção de nitrogênio. Para que estes “insights” fossem corretamente representados fez-se uma larga revisão bibliográfica a respeito das relações causais expressas no modelo proposto.

O processo de emissão de amônia pela avicultura de postura foi dividido em três etapas; sendo a primeira, a excreção do nitrogênio pelas aves, onde foram estudados os fatores que afetam este processo. A segunda etapa analisada correspondeu a mineralização do ácido úrico

em amônio (NH_4^+) por microrganismos. A terceira etapa correspondeu ao processo de conversão do amônio em amônia e sua volatilização para o meio ambiente.

4. Resultados e discussões

4.1. Modelo proposto para excreção de nitrogênio pelas galinhas poedeiras

A partir da avaliação dos fatores que exercem influência sobre a excreção de ácido úrico pelas galinhas poedeiras, foi possível confeccionar o Diagrama 5. Este demonstra que a quantidade de ácido úrico excretado pelas galinhas poedeiras sofre influência da temperatura do ambiente, do teor de proteína bruta presente na ração e também da umidade relativa do ar.

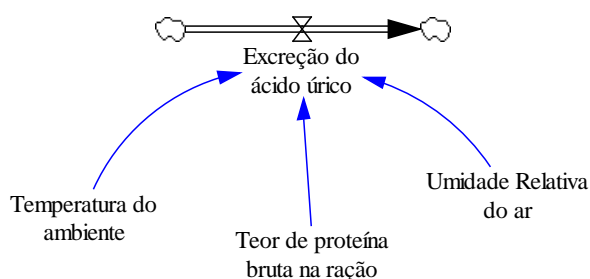


Diagrama 5: Influência de parâmetros externos às galinhas poedeiras sob a sua metabolização do alimento e excreção do ácido úrico.

4.1.1. Temperatura do ambiente

A temperatura ambiente afeta diretamente as aves em seus processos metabólicos. Essa condição pode acarretar alterações fisiológicas, como aumento de corticosterona plasmática, alteração nas concentrações de hormônios tireoideanos triiodotironina (T3) e tiroxina (T4), imunossupressão e elevação da frequência cardíaca e respiratória nas galinhas poedeiras (Donkoh, 1989; Junqueira *et al.*, 2000; Macari, Firlan e Silva, 2002; Mack *et al.*, 2013; Sahin *et al.*, 2002). Segundo Hsu, Lin e Chiou (1998) a taxa de excreção é expressivamente mais elevada em altas temperaturas ambientais quando comparada aos valores apresentados em baixas temperaturas.

A partir do exposto percebe-se que a temperatura ambiente afeta diretamente as galinhas poedeiras, exercendo influência sobre sua resposta fisiológica tanto na produção e qualidade dos ovos quanto nos níveis de nitrogênio total presente nas excretas.

Nos capítulos 2 e 3 deste trabalho, observou-se a relação entre a temperatura do ambiente e a excreção de nitrogênio total pelas galinhas poedeiras tanto na fase de recria quanto na de postura, respectivamente. Tal relação pode ser observada na Tabela 16.

Tabela 16: Concentrações médias de nitrogênio total encontradas nas amostras de dejetos coletadas, tanto na fase de recria quanto na fase de postura.

Temperatura nas câmaras climáticas (°C)	Concentração média de nitrogênio total nas excretas (%) – fase de recria	Concentração média de nitrogênio total nas excretas (%) – fase de postura
35	21,21	17,12
30	14,85	14,11
25	12,13	13,96
20	10,00	10,37

A partir dos dados apresentados para a variação da excreção de nitrogênio total em função da temperatura, confeccionou-se o gráfico dessa relação e também determinou-se a curva de variação entre estes parâmetros (Figura 27).

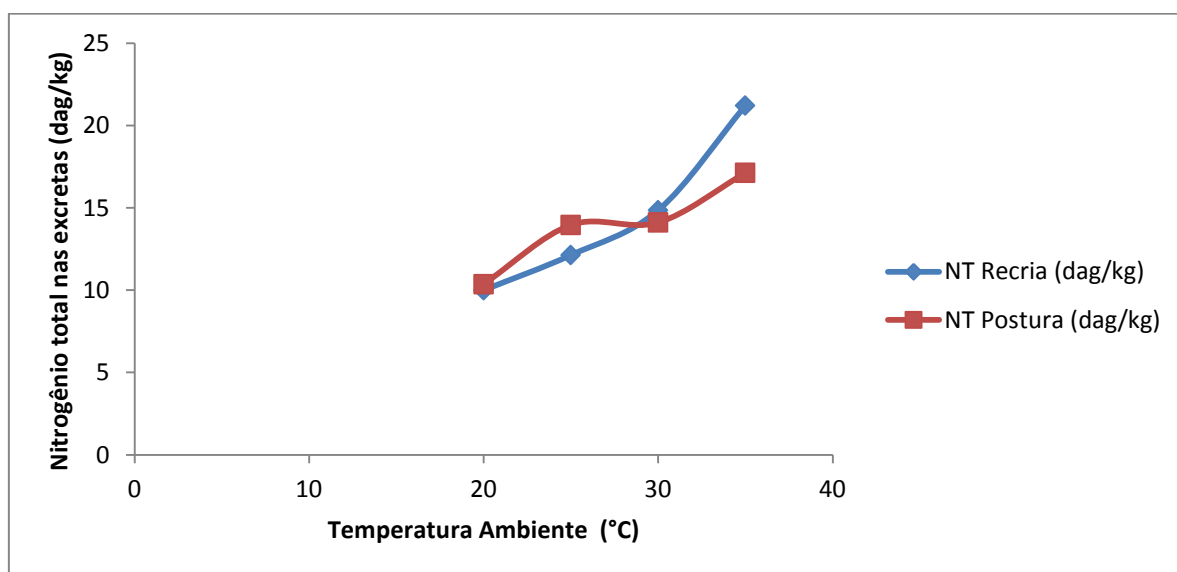


Figura 27: Curvas das variações das concentrações de nitrogênio total nos dejetos, durante a fase de recria e postura, em função da temperatura média do ambiente.

A Equação 10 rege a curva de excreção de nitrogênio total durante a fase de cria.

$$NT = 0,0423x^2 - 1,5995t + 25,223 \quad \text{Equação 10}$$

Onde;

$NT \rightarrow$ Nitrogênio Total (%);

$t \rightarrow$ Temperatura do ambiente (°C).

Já a Equação 11 descreve a curva da excreção de nitrogênio total durante a fase de postura.

$$NT = 0,9183t^{0,8202} \quad \text{Equação 11}$$

Onde;

NT → Nitrogênio Total (%);

t → Temperatura do ambiente (°C).

Salienta-se ainda que tanto a Equação 10 quanto a Equação 11 foram propostas para uma investigação onde a variação da temperatura dos ambientes estivesse variando na faixa entre 20 e 35 °C.

A partir da análise do gráfico ilustrado pela Figura 27, percebeu-se que quando o ambiente está sob a influência de uma temperatura extrema (35°C) as aves mais novas são as mais afetadas e respondem a este estímulo com uma maior excreção de nitrogênio, enquanto as aves na fase de postura conseguem regular melhor suas respostas fisiológicas. No entanto, na avicultura industrial voltada para produção de ovos, o período de maior duração do ciclo produtivo é a etapa da postura. Sendo assim, as excreções de nitrogênio são mais preocupantes nesta fase.

4.1.2. Teor de proteína bruta na ração

Nos sistemas de criação de galinhas poedeiras é comum a oferta de rações com elevadas taxas de proteína bruta com o intuito de melhorar o desempenho produtivo (Yang, Lorimor e Xin, 2000). Hsu, Lin e Chiou (1998) relatam que quando é oferecido às aves altas concentrações de proteínas ocorre aumento significativo na presença do ácido úrico no plasma sanguíneo dos animais e, conseqüentemente, ocasiona a eliminação do seu excesso pelas excretas.

Nos experimentos práticos descritos nos capítulos 2 e 3 foram testados diferentes níveis de energia contidos na ração e tais parâmetros influenciaram efetivamente a excreção de nitrogênio total. O nível de proteína bruta das rações foi mantido constante, não sendo possível, assim, determinar sua relação com a excreção de nitrogênio total e amoniacal pelas galinhas poedeiras.

4.1.3. Umidade relativa do ar

A atuação da umidade relativa do ar sobre os animais está associada à temperatura ambiente. Quando a temperatura encontra-se elevada e, além disso, associada à umidade relativa do ar também em altos patamares, o animal encontra dificuldades em dissipar calor para o ambiente, podendo ocorrer aumento tanto na temperatura retal quanto na frequência respiratória (Magalhães *et al.*, 2000).

Para essa investigação, a umidade relativa do ar foi mantida constante dentro da faixa de conforto preconizado pela literatura (40-60%). Por isso, não foi possível avaliar se houve atuação deste fator sobre a excreção de nitrogênio pelas aves.

4.2. Mineralização do ácido úrico

O Diagrama 6 está sendo proposto para a etapa de mineralização do ácido úrico. Ele foi confeccionado a partir da observação da influência direta dos fatores: temperatura ambiente, teor de umidade dos dejetos e pH dos dejetos sobre a degradação do ácido úrico.

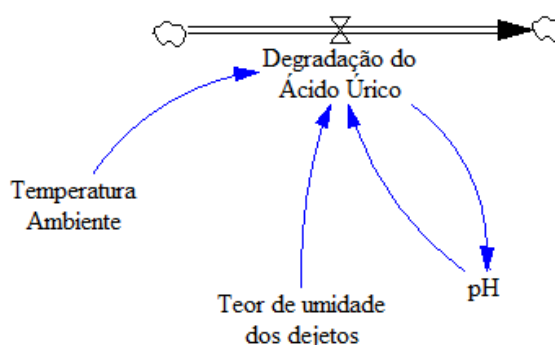


Diagrama 6: Influência de parâmetros externos no processo de mineralização do ácido úrico por bactérias decompositoras.

Nesta etapa do processo de formação da amônia nos dejetos, os fatores externos exercem influência diretamente sobre a atividade bacteriana de decomposição do ácido úrico excretados pelas galinhas poedeiras.

4.2.1. Temperatura ambiente

Vogels e Drift (1976) relacionam o aumento da temperatura ambiente a altas taxas de decomposição do ácido úrico, sendo observada forte elevação da atividade bacteriana de

decomposição quando os dejetos são submetidos a um ambiente térmico que esteja na faixa entre 25 e 35°C, como que pode ser recapitulado na Figura 8.

Numericamente, a taxa de degradação do ácido úrico em função da temperatura, pode ser descrita por meio da Equação 12.

$$T_{dT} = 0,0043e^{0,1565T} \quad \text{Equação 12}$$

Onde;

T_{dT} → Taxa de degradação do ácido úrico (%) em função da temperatura ambiente.

T → Temperatura do ambiente (°C).

4.2.2. Teor de umidade dos dejetos

Em processos biológicos, a concentração de água no meio tem um importante papel, pois é através dela que se pode regular, inclusive, a o grau de atividade dos microrganismos. Tal situação pode ser observada na Figura 9.

A relação entre a concentração de umidade dos dejetos e a taxa de degradação do ácido úrico, pode ser expressa por meio da Equação 13.

$$\text{Equação 13} \quad \left\{ \begin{array}{ll} T_{dU} = 0,0033u + 0,0064 & \text{Se o teor de umidade dos dejetos for } < 60\%. \\ T_{dU} = 0,1402u - 8,5706 & \text{Se o teor de umidade dos dejetos estiver} \\ & \text{entre 60 e 75 \%}. \end{array} \right.$$

Onde;

T_{dU} → Taxa de degradação do ácido úrico (centesimal), em função do teor de umidade dos dejetos.

u → Teor de umidade dos dejetos (%).

4.2.3. pH

A atividade microbiana de decomposição do ácido úrico também é regida pelo pH dos dejetos. Vogels e Drift (1976) relatam em seus estudos que o pH ótimo para a atividade dos microrganismos capazes de decompor o ácido úrico deve estar em torno de 9, conforme elucidada o gráfico (Figura 10) apresentado por Koerkamp *et al.* (1998).

A influência do pH sobre a mineralização do ácido úrico pode ser expressa matematicamente através da Equação 14.

$$T_{dpH} = 0,2823pH - 1,5345 \quad \text{Equação 14}$$

Onde;

T_{dpH} → Taxa de degradação do ácido úrico (%) em função do pH dos dejetos.

4.2.4. Combinação dos fatores

Após a combinação da influência da temperatura ambiente, do teor de umidade dos dejetos e do pH chegou-se na Equação 15.

$$\beta = 0,00143e^{0,1565T} + 0,0011u + 0,0941pH - 0,5094 \rightarrow \text{se } u < 60$$

ou

$$\beta = 0,00143e^{0,1565T} + 0,0467u + 0,0941pH - 10,1051 \rightarrow \text{se } 60 < u < 75$$

Equação 15

Onde;

β → Taxa de atividade bacterina nos dejetos (centesimal).

T → Temperatura ambiente (°C).

u → Teor de umidade dos dejetos (%).

pH → pH dos dejetos.

4.3. Emissão de amônia

4.3.1. pH

O pH das excretas das galinhas poedeiras influencia a conversão dos íons amônio em amônia (Gay *et al.*, 2009). O pH altera o equilíbrio da reação $\text{NH}_4^+ \leftrightarrow \text{NH}_3$ para valores acima de 7, provocando o deslocamento do equilíbrio para a formação de NH_3 . Observa-se na Figura 11 a intensificação do efeito do pH quando este está acima de 8. Vale destacar que o NH_3 é menos solúvel em água do que o NH_4^+ , portanto, NH_3 é rapidamente convertido à sua forma gasosa e emitido a partir dos dejetos.

A relação entre $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ presente na fase líquida dos dejetos pode ser expressa pela Equação 16.

$$T_{dr} = 0,0215pH^2 - 0,1222pH - 0,1934$$

Equação 16

Onde;

T_{dr} → Taxa de degradação do ácido úrico (%) em função do pH dos dejetos.

4.3.2. Difusão da amônia dos dejetos para o a atmosfera

No primeiro capítulo deste trabalho foram apresentadas duas teorias – volatilização e teoria dos filmes – que tentam modelar a passagem da NH_3 , da camada líquida em torno das excretas das aves para a atmosfera. Este processo é chamado de volatilização.

De acordo com Ni (1999), a volatilização ocorre em duas etapas; sendo a primeira, a difusão através do filme aquoso que envolve o esterco, enquanto a segunda envolve a transferência convectiva da superfície líquida através da camada limite e daí para o ambiente.

Na teoria dos dois filmes propõe-se que a taxa de transferência entre filmes seja regida pela taxa de difusão através de cada uma das interfaces (Wang, 2010; Welty *et al.*, 2007). O processo de transferência descrito por esta teoria envolve três etapas: a difusão da amônia de dentro da camada de esterco para a camada superficial, em seguida sua transferência através da camada líquida e, por fim, a convecção da amônia através do filme gasoso para o ambiente.

Segundo Li e Xin (2006) ambos os processos também são afetados pelo conteúdo de nitrogênio, teor de umidade e tempo de acúmulo dos dejetos, além da relação entre o seu volume e área superficial que está em contato com o ar atmosférico. Além disso, fatores também já descritos, como pH, temperatura ambiente, disponibilidade de oxigênio e a movimentação da camada de ar próximo aos dejetos contribuem para uma maior geração e emissão de amônia.

4.4. Diagrama

O diagrama de fluxo completo (Diagrama 7) mostra as relações causais presentes no modelo que está sendo proposto.

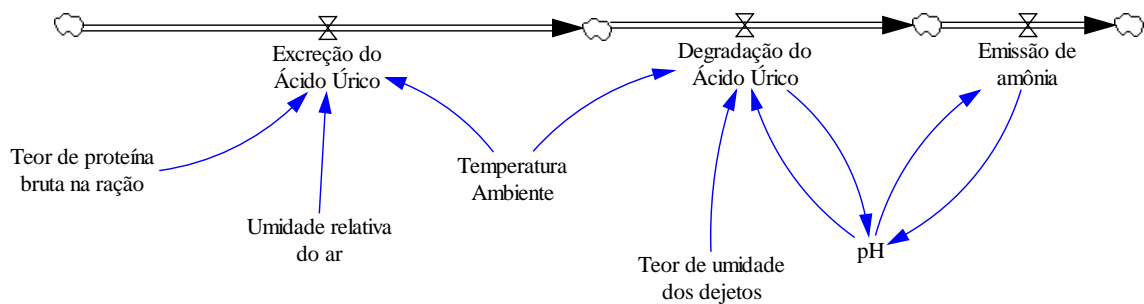


Diagrama 7: Representação do fluxo do nitrogênio, desde a sua ingestão pelas galinhas poedeiras através das rações, até sua emissão como amônia para a atmosfera; além da elucidação dos fatores que exercem influência sob cada etapa do processo de geração e emissão de amônia.

Este diagrama é composto pelas três partes descritas anteriormente. A primeira corresponde à excreção do ácido úrico e à influência que os parâmetros (temperatura do ambiente, umidade relativa do ar e teor de proteína bruta na ração) exercem sobre ela. A segunda parte equivale à degradação do ácido úrico e conversão de seus subprodutos em amônia, tendo a temperatura do ambiente, teor de umidade dos dejetos e pH dos dejetos como parâmetros de influência. Finalmente, a terceira etapa diz respeito à volatilização da amônia, fase em que o pH exerce importante papel na taxa de conversão de NH_4^+ em NH_3 , nesse ponto, quando o equilíbrio é deslocado para a produção de amônia, eleva-se sua concentração na camada líquida que envolve os dejetos favorecendo sua volatilização.

5. Conclusões

A dinâmica de sistemas se mostrou eficiente para a determinação de cada etapa do processo de excreção, geração e emissão de amônia. Desse modo, possível determinar um diagrama de fluxo, no qual, estão contidos os fatores que exercem influência em cada passo do processo.

O diagrama se mostrou eficiente no entendimento da interação entre os fatores e proporcionou a realização de uma correlação entre eles através de fórmulas matemáticas. Percebeu-se ainda a necessidade da realização de novos estudos com a finalidade de refinar algumas interações entre os aspectos envolvidos – para que assim seja possível a correta simulação de todo o processo, o que proporcionará a estimativa da emissão de amônia em função da variação de cada termo no tempo.

Foi possível concluir que a excreção de ácido úrico pelas galinhas poedeiras está diretamente relacionada com a temperatura do ambiente em que o animal está inserido, aliada também a umidade relativa do ar. Além disso, observou-se que dietas com níveis de proteína bruta elevados proporcionam maiores concentrações de ácido úrico nos dejetos. Tal fato eleva o potencial de excreção, geração e volatilização da amônia.

Através da análise da Equação 15 e dos fatores de influência nas faixas estudadas, pôde-se entender que a atividade bacteriana é potencializada quando o pH dos dejetos está em torno de 7, o conteúdo de água nas excretas está compreendido entre 60 e 70% e a temperatura do ambiente encontra-se por volta de 35 °C. Sendo esta a situação que mais contribui para a conversão do ácido úrico em amônio, possibilitando uma maior volatilização futura da amônia.

Concluiu-se, portanto, que a emissão de amônia é regida pela concentração de NH₃ na membrana líquida que envolve os dejetos, pela sua taxa de convecção nesta membrana e sua difusão nas primeiras camadas de ar em contato com o esterco. Além destes aspectos, a relação entre a área superficial dos dejetos e o seu volume também exercem influência sobre a volatilização da amônia.

6. Referências

- ANDRADE, A.; KASPER, H. **Pensamento sistêmico e modelagem computacional: aplicação prática na empresa de trens urbanos de Porto Alegre-TRENSURB** Enegep 1997, 1997.
- BELLINGER, R. G.; HORTON, P. M.; GORSUCH, C. S. **Reduce pesticide drift** Clemson, SCClemson University. PIP-35, 1996.
- BERTALANFFY, L. **Teoria geral dos sistemas**. [s.l.] vozes, 1977.
- DONKOH, A. Ambient temperature: a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens. **Int J Biometeorol**, v. 33, p. 259–265, 1989.
- FERNANDES, A. **Negócios, Dinâmica de Sistemas e Business Dynamics: Tratando a Complexidade no Ambiente de** Salvador Anais do XXI ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2001.
- GAVIRA, M. DE O. **Simulação Computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. [s.l.] Escola de Engenharia de São Carlos. 2003.
- GAY, S. W. et al. Ammonia Emissions and Animal Agriculture. 2009.
- HSU, J. C.; LIN, C. Y.; CHIOU, P. W. S. Effects of ambient temperature and methionine

- supplementation of a low protein diet on the performance of laying hens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 74, n. 4, p. 289–299, 1998.
- JUNQUEIRA, O. M., FILHO, B. D. C., ARAÚJO, L. F., SOARES, C., & SAKOMURA, N. K. Efeitos das Fontes e Níveis de Sódio, Cloro e Potássio e da Relação (Na+K)/Cl, sobre o Desempenho e Características do Plasma Sangüíneo de Poedeiras Comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 1110–1116, 2000.
- KOERKAMP, P. W. G. G., METZ, J. H. M., UENK, G. H., PHILLIPS, V. R., HOLDEN, M. R., SNEATH, R. W., & SHORT, J. L. Concentrations and Emissions of Ammonia in Livestock Buildings in Northern Europe. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 70, n. 1, p. 79–95, 1998.
- LI, H.; XIN, H. Ammonia emissions from manure belt laying hen houses and manure storage. **Department of Agricultural and Biological Engineering**, v. Ph.D., p. 128, 2006.
- MACARI, M.; FIRLAN, R. L.; SILVA, I. J. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 2002.
- MACK, L. A, FELVER-GANT, J. N., DENNIS, R. L., & CHENG, H. W. Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. **Poultry science**, v. 92, p. 285–94, 2013.
- MAGALHÃES, J. A., TAKIGAWA, R. M., TOWNSEND, C. R., COSTA, N. D. L., GOMES, R., & PEREIRA, D. A. Tolerância de bovinos à Temperatura e umidade do Trópico úmido. **Revista ciência e produção animal**, v. 2, n. 2, p. 162–167, 2000.
- NI, J. Mechanistic Models of Ammonia Release from Liquid Manure: a Review. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 72, n. 1, p. 1–17, 1999.
- NOORDWIJK, M. VAN. Productivity of intensified crop-fallow rotations in the Trenbath model. **Agroforestry Systems**, v. 47, p. 223–237, 1999.
- NOORDWIJK, M. VAN; VERBIST, B.; TOMICH, T. P. **Simulation models that help us to understand local action and its consequences for global concerns in a forest margin landscape**. Bogor, Indonesia International Centre for Research in Agroforestry, 2001.
- SAHIN, K., SAHIN, N., ONDERCI, M., GURSU, F., & CIKIM, G. Optimal dietary concentration of chromium for alleviating the effect of heat stress on growth, carcass qualities, and some serum metabolites of broiler chickens. **Biol Trace Elem Res**, v. 89, n. 1, p. 53–64, 2002.
- SOBREIRO, V. A. **Uma Aplicação De Modelagem Dinâmica De Sistemas E Activity Based Costing Para Mensurar Os Custos Em Manufaturas Celulares**. [s.l.]

Universidade de São Paulo, 2008.

- TRENBATH, B. R. **The use of mathematical models in the development of shifting cultivation. In: J. Proctor (Ed.) Mineral Nutrients in Tropical Forest and Savanna Ecosystems** Blackwell Oxford, 1989.
- VILLELA, P. R. C. Introdução à dinâmica de sistemas. n. 32, p. 59, 2005.
- VOGELS, G. D.; DRIFT, C. VAN DER. Degradation of purines and pyrimidines by microorganisms. **Bacteriological reviews**, v. 40, n. 2, p. 403–468, 1976.
- WANG, S. W. **Prediction of ammonia emission from poultry alyer and dairy houses using an alternative mass balance method.** [s.l.] Ohio State University, 2010.
- WELTY, J. R., WICKS, C. E., WILSON, R. E., & RORRER, G. L. **Fundamentals of momentum, heat, and mass transfer.** 5. ed. New York: John Wiley, 2007.
- XU, J.; LI, X. Using system dynamics for simulation and optimization of one coal industry system under fuzzy environment. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 9, p. 11552–11559, 2011.
- YANG, P.; LORIMOR, J. C.; XIN, H. Nitrogen losses from laying hen manure in commercial high-rise layer facilities. **Transactions of the ASAE**, v. 43, n. 6, p. 1771–2000, 2000.
- ZAMBOM, A. C. **A Utilização da Simulação pela Controladoria no Apoio à Tomada de Decisão** Goiânia Anais do XVI Congresso Brasileiro de Contabilidade, 2000.