

EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO PELA CAMA DE PRIMEIRO LOTE DE FRANGOS DE CORTE

João Dionísio Henn^{1,2}, Luciane Bockor¹, Fábio Ritter Marx¹, Arlei Coldebella², Andrea Machado Leal Ribeiro¹, Alexandre de Mello Kessler¹

RESUMO – Objetivou-se avaliar as concentrações de gases de efeito estufa (CO_2 , CH_4 e N_2O) no ambiente interno das instalações e determinar a emissão de CO_2 com base no balanço de C da cama de primeiro lote de frangos de corte de linhagens de médio (C44) e de alto desempenho (Cobb 500). Amostras de gases foram coletadas através de câmaras colocadas sobre a cama dentro dos boxes. Aos 0, 10, 20 e 30 minutos após o fechamento das câmaras, foram retiradas amostras de ar com seringas de polipropileno de 20mL e analisadas por cromatografia gasosa. Com base no balanço de C da cama foi estimado o total de CO_2 emitido. A concentração de CO_2 foi 3,5 vezes maior no ar do interior do aviário em relação ao ar externo e não houve diferença para N_2O e CH_4 . As emissões de CO_2 estimadas pelo balanço de C da cama (em g/frango) foram maiores nos machos Cobb em relação às fêmeas Cobb e ambos maiores que a linhagem C44, independente do sexo, no período de 1 a 49 dias de idade. Quando expressas em g kg PV^{-1} , não houve diferenças entre linhagens e sexos.

Palavra chave: ambiente de produção, gás de efeito estufa, impacto ambiental, mudanças climáticas, odores, resíduos da produção animal.

EMISSION OF CARBON DIOXIDE IN LITTER IN THE FIRST FLOCK OF BROILERS

ABSTRACT – This study aimed to evaluate the concentrations of greenhouse gases (CO_2 , CH_4 and N_2O) in the air and determine the CO_2 emission based on the C balance in the litter of the first flock from fast (Cobb 500) and medium (C44) growth broilers strains. Gas samples were collected from cameras placed on the litter inside the boxes. At 0, 10, 20 and 30 minutes after closing the chambers, air samples were taken polypropylene syringes with 20 mL and then analyzed by gas chromatography. Based on the C balance of the litter, it was estimated the total CO_2 emitted. The CO_2 concentration was 3.5 times higher in the air inside the aviary in relation to outside air and there was no difference for N_2O and CH_4 . CO_2 emissions estimated by the C budget of the litter, in g/chicken, were higher in males compared to females Cobb and Cobb both greater strain C44, regardless of sex, from 1 to 49 days old. When expressed in g kg BW^{-1} , there were no differences between strains and sexes.

Keywords: climate change, environmental impact, greenhouse gases, odors, production environment, waste from animal production.

¹ Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Avenida Bento Gonçalves, 7712. CEP: 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. lubockor@hotmail.com, fabio.marx@ufrgs.br, aribeiro@ufrgs.br, akessler@ufrgs.br

² Embrapa Suínos e Aves. BR 153, km 110, Distrito de Tamanduá, Caixa Postal 21, Concórdia, SC. CEP: 897000-000. joao.henn@embrapa.br, arlei.coldebella@embrapa.br



1. INTRODUÇÃO

O fenômeno do aquecimento global é um assunto atual e presente na comunidade científica. É um problema que vem sendo causado pela intensificação da emissão dos gases de efeito estufa (GEE), que resulta em aumento na concentração atmosférica de gases como o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), entre outros. Estes gases possuem uma contribuição relativa de aquecimento global de 55%, 15% e 4%, respectivamente (Snyder et al., 2008). Nas instalações de produção animal, há potencial para geração de dióxido de carbono, óxido nitroso e metano que, atingindo a atmosfera, contribuem para o aquecimento global (Miragliotta, 2000). Na avicultura industrial, o óxido nitroso e o metano são produzidos em quantidades pequenas, enquanto que a produção de CO_2 é mais importante.

A cama de aviário representa um recurso que impacta na qualidade do produto final e na produtividade. Fornece isolamento térmico e proporciona uma superfície de contato adequada para as aves, evitando a formação de calos de peito e de pé. Atua na absorção de umidade, dilui uratos e fezes. A mistura dos dejetos com a cama é composta predominantemente por água e carbono, com menores quantidades de nitrogênio e fósforo e traços de cloro, cálcio, magnésio, sódio, manganês, ferro, cobre, zinco e arsênico (Kelleher et al., 2002). A cama de frango varia em sua composição e as suas características físicas estão em função da granja, região, tipo de material, número de lotes, tipo de bebedouros e manejo na granja (Carvalho et al., 2011). Composição da ração, período de permanência das aves e número de aves por área, temperatura ambiente e utilização de equipamentos de resfriamento, como nebulizadores e ventiladores, também são fatores que afetam a composição da cama aviária.

O CO_2 é um produto da degradação microbiana de matéria orgânica, em condições aeróbicas e anaeróbicas. Nos animais, o CO_2 é liberado como produto final do metabolismo energético. A avicultura industrial apresenta alta produção global de CO_2 , sendo a maior parte oriunda da respiração dos animais, seguida pela fermentação aeróbica das excretas e demais resíduos da cama. Miles et al. (2011) estudaram o fluxo de CO_2 na superfície da cama de lotes de produção de frangos de corte sendo que, no inverno, o fluxo foi de 24,2 g $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$, e no verão de 27,2 g $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$. Na

Espanha, Calvet et al. (2011a) avaliaram as concentrações e emissões de amônia, CO_2 e óxido nitroso em lotes comerciais de frangos de corte, no inverno e no verão. Obtiveram taxas médias de emissão de amônia de 19,7 a 18,1 mg hora⁻¹ ave⁻¹; de CO_2 de 3,84 e 4,06 g hora⁻¹ ave⁻¹; de metano de 0,44 e 1,87 mg hora⁻¹ ave⁻¹ e de óxido nitroso de 1,74 e 2,13 mg hora⁻¹ ave⁻¹, no verão e inverno, respectivamente. Observaram também que as emissões destes gases aumentam com a idade das aves. Em experimento com frangos de corte alojados em cama nova (6 cm de maravalha), a cama representou 20% da produção total de CO_2 aos 35 dias de idade (Calvet et al., 2011b). Segundo os autores, existem evidências de que este percentual pode ser influenciado pelo tipo de cama, do seu manejo e umidade.

O CH_4 na produção de frangos de corte é oriundo basicamente da cama, visto que no animal não há fermentação entérica significativa (Wang & Huang, 2005; Vergé et al., 2009). Em condições de cama seca, a fermentação aeróbica leva a pequenas emissões de CH_4 , que aumentam consideravelmente quando a umidade e/ou compactação da cama aumenta. De forma geral, o CH_4 é produzido pela degradação microbiana de lipídios solúveis, carboidratos, ácidos orgânicos, proteínas, e outros componentes orgânicos. O CH_4 é considerado um asfixiante simples e não possui limite de tolerância, pois o fator limitante é o oxigênio disponível.

A produção de N_2O na cama de frango ocorre pelos processos de desnitrificação e nitrificação, a partir do N das excretas, mas que é emitido em baixíssimas quantidades. Watches et al. (1997) estimaram a emissão de N_2O nas instalações de frangos de corte em 0,59 gramas por hora, para cada 500 kg de peso vivo.

Objetivou-se neste estudo avaliar a concentração de gases de efeito estufa (CO_2 , CH_4 e N_2O) no interior das instalações e estimar a emissão de dióxido de carbono através do balanço de carbono na cama de primeiro lote de frangos de corte de linhagem de médio (C44) e de alto desempenho (Cobb 500), machos e fêmeas.

2. MATERIALE MÉTODOS

Os procedimentos adotados na condução deste experimento estão de acordo com as diretrizes brasileiras, baseadas na Lei Federal nº 11.794 de 08 de outubro de 2008 e aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

O trabalho foi realizado no Laboratório de Ensino Zootécnico – LEZO, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Foram utilizados 384 pintos de um dia, sendo 192 da linhagem Cobb 500 (alto desempenho) e 192 da linhagem C44 (caipira para corte, de médio desempenho), distribuídos em 4 tratamentos: Cobb 500 macho (Cobb-M), C44 macho (C44-M), Cobb 500 fêmea (Cobb-F) e C44 fêmea (C44-F), com seis repetições, em delineamento inteiramente casualizado. Em ambiente climatizado com ar central e com exaustor, as aves foram alojadas em 24 boxes de 1 m², sendo que inicialmente foram alojados 16 pintos por box.

Semanalmente, foram retirados frangos para ajuste da lotação para representar uma situação real de campo, resultando no número ponderado médio de 11,52 frangos nos Cobb 500 e de 11,62 nos C44, por box.

Os bebedouros utilizados foram do tipo *niple*, comedouros tubulares e regime de luz de 24 horas. Sobre o piso de concreto, foram colocados cerca de 9 cm de cama nova (maravalha de *Pinus elliottii* Engelm), caracterizada na Tabela 1. As coletas de amostras de gases das camas foram feitas no 34°, 36° e 37° dias de idade das aves. Para avaliação das emissões de gases da cama foram selecionados, aleatoriamente, dois boxes de frangos machos da linhagem COBB 500 e dois da C44.

A amostragem de ar da cama das aves foi realizada utilizando câmaras confeccionadas em material de cloreto de polivinil (PVC) com dimensões de 0,2 m de altura e 0,25 m de diâmetro e equipadas com válvula manual para acoplar as seringas de polipropileno (Figura 1).

Estas câmaras foram colocadas dentro do box, sobre a cama e as amostras do ar atmosférico foram coletadas para referenciar a concentração dos gases

no tempo zero, e imediatamente as câmaras foram fechadas, sendo o ar do interior da câmara coletado aos 10, 20 e 30 minutos após o fechamento das câmaras, com seringas de polipropileno de 20 mL. Uma amostra de ar de fora do aviário foi coletada ao início e ao término de cada coleta, para comparar com a concentração dos gases no interior do aviário (tempo 0). As seringas com as amostras, coletadas do interior das câmaras e do ar de fora e de dentro do aviário, foram analisadas por cromatografia gasosa (SHIMADZU GC-2014 Modelo “Greenhouse”) no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental da UFRGS, no prazo máximo de 12 horas.

O fluxo dos gases foi calculado a partir da variação da concentração do mesmo nos tempos 0, 10, 20 e 30 minutos dentro da câmara e expressos em $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$. A variação da concentração dos gases na câmara fechada durante a incubação foi obtido pelo coeficiente angular da equação da reta ajustada. Os fluxos de N₂O e de



Figura 1- Ilustração das câmaras utilizadas para a coleta dos gases.

Foto: João Dionísio Henn

Tabela 1 - Caracterização da cama de frango: quantidade de cama inicial (kg MN m²), quantidade de cama final (kg MN m²), umidade inicial e final, carbono na cama inicial (C-Ci), carbono na cama final (C-Cf), nitrogênio na cama inicial (N-Ci) e nitrogênio na cama final (N-Cf)

	Cobb-M	C44-M	Cobb-F	C44-F
Cama inicial (kg, MN)	10,00	10,00	10,00	10,00
Cama final (kg, MN)	29,68	25,30	27,31	26,33
Umidade inicial (%)	15,45	15,45	15,45	15,45
Umidade final (%)	34,44	34,41	34,38	36,80
C-Ci(%, MS)	46,40	46,40	46,40	46,40
C-Cf(%, MS)	42,84	44,21	43,35	43,67
N-Ci (%, MS)	0,256	0,256	0,256	0,256
N-Cf(%, MS)	2,38	2,41	2,27	2,28

CH₄ foram calculados de acordo com a equação $f = (\Delta Q/\Delta t) \cdot (PV/RT) \cdot (1/A)$, onde, f é fluxo de óxido nitroso (μg de N₂O m⁻² h⁻¹), Q é a quantidade do gás na câmara no momento da coleta (μg N₂O/câmara), P é a pressão atmosférica (atm) no interior da câmara assumida como 1 atm, V é o volume da câmara (L), R é a constante dos gases ideais (0,08205 atm.L mol⁻¹K⁻¹), T é a temperatura dentro da câmara no momento da coleta (°K) e A é a área da câmara (m²). A taxa de aumento do gás no interior da câmara foi obtida pelo coeficiente angular da equação da reta ajustada entre a concentração dos gases e o tempo.

Para a estimativa da emissão de CO₂ pelo balanço de C nas camas, no início e aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias do experimento, foi obtido o peso total da cama, nas unidades experimentais e foram coletadas amostras (± 300 g) da cama para análises de MS e C. As camas foram homogeneizadas antes da amostragem. Para evitar a modificação do ambiente fermentativo da cama pela pesagem e homogeneização, uma repetição diferente de cada tratamento foi amostrada em cada semana. As amostras da cama e de excretas foram secas à 60°C, para posterior análise de C total, em equipamento de combustão total seca em analisador Shimadzu TOC-VCSH, a uma temperatura de 900°C.

Foi realizado um ensaio de metabolismo para avaliar a digestibilidade das dietas e também para estimar a produção total de excretas, bem como para determinar o seu teor de C total. Foram utilizadas as dietas dos quatro tratamentos, frangos de 21 dias de idade (retirados semanalmente para ajuste de lotação), sete repetições por tratamento e período de adaptação dos frangos às dietas e às gaiolas metabólicas de quatro dias, seguidos de três dias de coleta total de excretas (Cortez et al., 2009).

O modelo final para as estimativas de emissão de carbono na cama, pelo lote de frangos, apresenta balanço estequiométrico, conforme segue: (C emitido = C cama inicial + C excretas - C cama final), onde o C das excretas foi estimado pelo consumo e pela não-digestibilidade (1-digestibilidade) das dietas. O C inicial da cama e o C final da cama foram medidos experimentalmente, por pesagem total da cama e análise amostral de C. O total de CO₂ emitido seguiu a pressuposição de que 100% do C emitido estimado é CO₂ atmosférico (27,29% C; 72,71% O), sendo que a emissão = (igual C emitido)/0,2729.

Os dados relativos às concentrações de gases no ar foram submetidos à análise estatística descritiva, obtendo-se a média e o desvio padrão. Para os dados de emissão de CO₂ avaliados pelas câmaras e de C e CO₂ obtidos no balanço de C da cama, foi feita análise de variância e teste f (5% de probabilidade), utilizando o pacote estatístico SAS (2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que a concentração de CO₂ no interior da sala foi dentro dos limites toleráveis e se apresentou 3,5 vezes maior do que a concentração do ar atmosférico coletado no ambiente externo (Tabela 2). Wathes (1999) recomenda o limite máximo de 3.000 ppm de CO₂, para exposição contínua dos frangos de corte nas instalações. Como o CO₂ é mais denso que o ar e é oriundo principalmente da respiração dos animais e de aquecedores, sua tendência é permanecer no nível das aves, dificultando a atividade respiratória e causando abatimento.

No inverno da região sul do Brasil, Menegali et al. (2009) observaram valores de CO₂ dentro dos limites aceitáveis de qualidade do ar, em aviários de ventilação positiva e negativa, tanto no período da manhã quanto no da tarde. Valores mais altos de concentrações de CO₂ foram encontrados no horário de 9 h em relação às 15 h, que podem ser explicados pela ausência de manejo de abertura de cortinas durante a noite e nas primeiras horas do dia, em razão das baixas temperaturas.

Para os gases CH₄ e N₂O não foram detectadas diferenças ($P \geq 0,05$) entre a concentração interna e externa da sala. Portanto, a contribuição das aves na produção de CH₄, não foi significativa nas condições avaliadas para qualidade do ar no interior da sala. É bem aceito que no frango de corte não há fermentação entérica significativa (Wang & Huang, 2005). Estes resultados estão de acordo com Guizoui & Béline (2005), que não observaram emissões de CH₄ e de N₂O durante o crescimento dos frangos de corte e nem mesmo na cama, após o abate dos frangos, podendo ser ignorado nos inventários de emissões nacionais. Pequenas emissões foram obtidas por Wathes et al. (1997), que obtiveram uma emissão de CH₄ de 400 mg por frango produzido, enquanto que Wang & Huang (2005) encontraram valor bem inferior, de 15,87 mg por frango produzido.

O fato de não haver emissões de CH₄ e N₂O da cama de aves pode estar associado à qualidade da

Tabela 2 - Concentrações de CO₂, CH₄ (ppm) e N₂O (ppb) e temperatura (T°C) do ar dentro e fora das instalações avícolas

Local	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	T°C
Fora das instalações	363 ± 61	1,78 ± 0,04	334 ± 40	26 ± 1
Dentro das instalações	1260 ± 297	1,81 ± 0,05	306 ± 11	25 ± 1

cama. No caso deste experimento, utilizou-se cama nova, a qual ainda não apresentava compactação, nem acúmulo de umidade. No entanto, nas condições de um aviário comercial, onde a cama é reutilizada por até 12 lotes, nas condições de clima do Brasil, é esperado que a emissão de gases aumente, e além de CO₂ também seja detectada emissão de N₂O, a qual é favorecida por elevados teores de água e nitrogênio, na presença de microrganismos. Watches et al. (1997) estimaram a emissão de N₂O nas instalações de frangos de corte em 0,59 g/h, para cada 500 kg de peso vivo.

Do total de C emitido pela cama, 99,85% estava na forma de CO₂, enquanto que apenas 0,15% na forma de CH₄. Em condições aeróbicas, o dióxido de carbono e a água são os produtos finais, sendo praticamente todo o carbono emitido na forma de dióxido de carbono. As condições anaeróbicas, onde o processo fermentativo resulta em metano, praticamente não existem, em função das características dos materiais utilizados como cama e pelo revolvimento feito pelos frangos. Por serem baixas as emissões de CH₄ na produção de frangos de corte, o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) não considera emissões de CH₄ nos seus relatórios dos inventários nacionais.

Na Tabela 3, verificam-se diferenças estatísticas importantes para peso vivo e consumo de ração entre as duas linhagens, bem como entre os sexos, dentro de cada linhagem, com médias maiores para a linhagem Cobb 500 e para os machos. A emissão acumulada de dióxido de carbono, obtida através do balanço de carbono na cama, quando expressa por frango, é maior na linhagem e sexo de maior consumo e maior ganho de peso. Entretanto, quando a emissão foi expressa por kg de peso vivo, não se observou diferença estatística aos 42 e 49 dias de idade ($P \geq 0,05$) entre os fatores considerados.

Em idades mais precoces, 28 e 35 dias, houve maior emissão acumulada de dióxido de carbono na cama das fêmeas da linhagem C-44, quando expressa por kg de peso vivo, o que pode ser explicado pelo menor potencial de ganho de peso destes frangos.

Na Figura 2 são apresentadas as curvas da emissão acumulada de dióxido de carbono pela cama de frangos de corte Cobb e C-44, machos e fêmeas (g frango⁻¹).

A emissão acumulada de CO₂ pode ser estimada pelas equações de regressão quadrática, enquanto que a estimativa da emissão por frango por dia é obtida através da derivada desta função (Tabela 4). Para os machos da linhagem de alto desempenho (Cobb), no 35° dia, a emissão calculada foi de 32 g frango dia⁻¹ e de 1,33 g frango hora⁻¹. Para as fêmeas, foi de 25,28 g frango dia⁻¹ e de 1,05 g frango hora⁻¹. Para os machos da linhagem de médio desempenho (C44), a estimativa da emissão por frango por dia, para o 35° dia, foi de 21,37 g frango dia⁻¹ e de 0,89 g frango hora⁻¹. Para as fêmeas foi de 14,50 g frango dia⁻¹ e de 0,60 g frango hora⁻¹.

Os valores obtidos para a linhagem de alto desempenho (Cobb) são menores aos obtidos por Calvet et al. (2011b) que estudaram as emissões de CO₂ da cama (6 cm de maravalha nova) de frangos Ross e obtiveram 2,66 g frango hora⁻¹, no 35° dia do lote, valor maior que as 1,33 g frango hora⁻¹, no 35° dia do lote, obtidos no presente trabalho. Estes autores verificaram que o CO₂ emitido pelos frangos foi de 5,45 L frango hora⁻¹ e que o CO₂ emitido pela cama representou 20% do total emitido pelos frangos. Valores mais baixos foram obtidos por Van Ouwerkerk & Pedersen (1994), que propuseram 4%, mas ressaltam que percentuais bem superiores são possíveis, em função das reações que ocorrem na cama e das características do substrato. Xin et al. (2006) calcularam a emissão de CO₂ obtendo 7% do total oriundo da cama. Em valores absolutos, Miles et al. (2011) obtiveram um fluxo de dióxido de carbono na superfície da cama de 24,2 g m² hora⁻¹ no inverno e de 27,2 g m² hora⁻¹ no verão. (Calvet et al., 2011b) verificaram emissão média de CO₂ de 3,71 e 2,6 L hora⁻¹ por kg de peso metabólico, nas instalações experimentais e granja comercial, respectivamente. A emissão de CO₂ obedece a uma dinâmica complexa, influenciada por propriedades da cama, do tipo de material, da umidade, da relação C:N do substrato e especialmente



Tabela 3 - Médias e desvios-padrão do consumo médio de ração (CMR), peso médio (PM), emissão acumulada de C (EAC) e emissão acumulada de CO₂ (EA CO₂) na cama de aviário de primeiro lote de frangos de corte de média (C44) e de alta (Cobb) taxa de crescimento, machos e fêmeas

Var./Trat.	Cobb-M	C44-M	Cobb-F	C44-F	Prob F
Aos 21 dias					
CMR (g)	1276±21 ^a	942±5,5 ^b	1187±9,5 ^{ab}	871±8,6 ^b	<0,0001
PM (g)	1054±20 ^a	700±4,6 ^b	945±7,5 ^a	630±4,8 ^b	<0,0001
EAC (g ave ⁻¹)	28,27±4,5 ^b	30,85±1,2 ^b	48,15±4,9 ^a	34,55±2,3 ^b	0,0025
EA CO ₂ (g ave ⁻¹)	103,6±16,6 ^b	113,1±4,5 ^b	176,4±18,2 ^a	126,6±8,5 ^b	0,0025
EA CO ₂ (g kg PV ⁻¹)	98,29±12,2 ^b	161,57±5,2 ^a	186,67±18,8 ^a	200,95±9,1 ^a	0,0006
Aos 28 dias					
CMR (g)	2299±39 ^a	1626±14 ^c	2068±24 ^b	1476±15 ^c	<0,0001
PM (g)	1710±28 ^a	1090±84 ^c	1491±21 ^b	959±7,8 ^c	<0,0001
EAC (g ave ⁻¹)	50,8±5,5	42,1±2,5	53,5±2,7	53,1±4,3	0,1806
EA CO ₂ (g ave ⁻¹)	186,4±20,2	154,1±9,3	196,1±10	194,2±16	0,1806
EA CO ₂ (g kg PV ⁻¹)	108,9±11,8 ^b	141,4±8,6 ^b	131,5±6,7 ^b	202,5±16,6 ^a	<0,0001
Aos 35 dias					
CMR (g)	3517±80,2 ^a	2498±26,2 ^c	3134,5±49 ^b	2218±23,1 ^c	<0,0001
PM (g)	2424±44,5 ^a	1540±13,5 ^c	2084±33,1 ^b	1321±10,3 ^d	<0,0001
EAC (g ave ⁻¹)	122,6±11,7 ^a	69,8±8,2 ^c	87,7±9,8 ^{bc}	109,7±6,9 ^{ab}	0,0035
EA CO ₂ (g ave ⁻¹)	449,2±42,7 ^a	355,8±30,1 ^b	321,4±36 ^c	401,9±25 ^a	0,0035
EA CO ₂ (g kg PV ⁻¹)	185,3±17,6 ^b	166,1±19,5 ^b	154,2±17,3 ^b	304,2±19,1 ^a	<0,0001
Aos 42 dias					
CMR (g)	4847±122 ^a	3422±41,2 ^c	4276±70,9 ^b	3014±36,0 ^c	<0,0001
PM (g)	3100±64,4 ^a	1977±26,9 ^c	2609±28,9 ^b	1652±13,9 ^d	<0,0001
EAC (g ave ⁻¹)	187,9±10,6 ^a	144,1±6,5 ^b	172,2±7,7 ^a	111,5±7,4 ^c	<0,0001
EA CO ₂ (g ave ⁻¹)	688,5±38,7 ^a	527,7±24,0 ^b	631,3±28,3 ^a	408,7±27,3 ^c	<0,0001
EA CO ₂ (g kg PV ⁻¹)	222,1±12,5	266,9±12,2	241,9±10,8	247,4±16,5	0,1532
Aos 49 dias					
CMR (g)	6087±190 ^a	4457±71,2 ^c	5377±82,1 ^b	3891,6±51 ^c	<0,0001
PM (g)	3557±114 ^a	2315±31,9 ^c	2999±48,8 ^b	1932±19,2 ^d	<0,0001
EAC (g ave ⁻¹)	265,9±21,2 ^a	180,7±9,6 ^c	223,2±10,8 ^b	148,6±7,8 ^b	<0,0001
EA CO ₂ (g ave ⁻¹)	974,4±77,7 ^a	662,4±35,3 ^c	818,1±39,5 ^b	544,8±28,9 ^c	<0,0001
EA CO ₂ (g kg PV ⁻¹)	273,9±21,8	286,1±15,2	272,7±13,2	281,9±14,9	0,9289

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas, na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05).

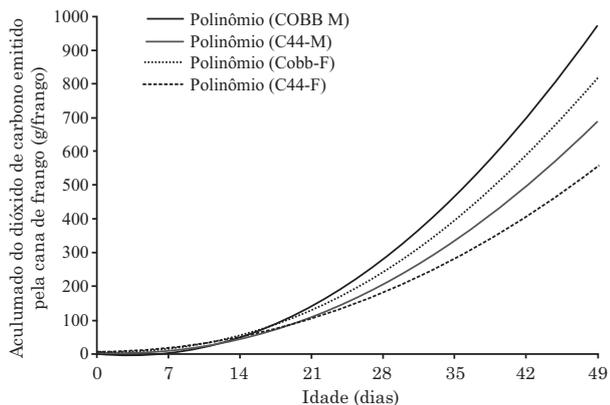


Figura 2 - Curvas da emissão acumulada de dióxido de carbono pela cama de frangos de corte Cobb e C-44, machos e fêmeas (g/frango).

do manejo da cama, e de acordo com os presentes resultados, da quantidade de excreta depositada, que por sua vez é dependente da taxa de crescimento do frango.

4. CONCLUSÕES

As emissões de CO₂ da cama de aviário foram maiores com a criação da linhagem COBB em relação à C44.

Do total de C emitido pela cama, 99,85% estava na forma de CO₂, enquanto que 0,15% na forma de CH₄.

As emissões de CH₄ e de N₂O pela cama de aviário foram muito baixas, podendo ser consideradas desprezíveis. Os valores de CH₄ e de N₂O no ar foram semelhantes dentro e fora das instalações. A

Tabela 4 - Equações de regressão quadrática da estimativa da emissão acumulada de dióxido de carbono pela cama (a) e estimativa da emissão diária por frango obtida pela derivada desta função (b) de frangos de corte Cobb e C-44, machos e fêmeas

Tratamento	Equação de regressão quadrática (a) e sua derivada (b)	R ²
Cobb-M =	(a) $Y = -0,3063 - 7,739X + 0,5681X^2$ (b) $CO_2 = -7,739 + 1,1362X$	0,996
Cobb-F =	(a) $Y = 10,164 - 3,8063X + 0,4155X^2$ (b) $CO_2 = -3,8063 + 0,831X$	0,9755
C44-M =	(a) $Y = 4,6764 - 4,149X + 0,3645X^2$ (b) $CO_2 = 4,149 + 0,729X$	0,9779
C44-F =	(a) $Y = -7,1154 - 4,3255X + 0,1454X^2$ (b) $CO_2 = 4,3255 + 0,2908X$	0,9595

concentração de CO₂ do ar no interior das instalações foi 3,5 vezes maior em relação ao ar externo.

As emissões de CO₂ estimadas pelo balanço de C da cama, em g/frango, foram maiores nos machos Cobb em relação às fêmeas Cobb e ambos maiores que a linhagem C44, independentemente do sexo, no período de 1 a 49 dias de idade. Quando expressas em g kg PV⁻¹, não foram diferentes entre linhagens e sexos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Agrogen S.A. Desenvolvimento Genético e à Gramado Avicultura e Agropecuária, pela doação dos pintos.

Ao Prof. Dr. Cimélio Bayer e sua equipe do Departamento de Solos da UFRGS (Laboratório de Biogeoquímica Ambiental), pela coleta e análises dos gases, cálculos e análise de resultados.

Ao CNPq pelas bolsas de estudo, taxa de bancada e financiamento do Projeto.

6. LITERATURA CITADA

CALVET, S.; CAMBRA-LÓPEZ, M.; ESTELLÉS, F. et al. Characterization of gas emissions from a Mediterranean broiler farm. *Poultry Science*, v.90, p.534-542, 2011a.

CALVET, S.; ESTELLÉS, F.; CAMBRA-LÓPEZ, M. et al. The influence of broiler activity, growth rate, and litter on carbon dioxide balances for the determination of ventilation flow rates in broiler production. *Poultry Science*, v.90, p.2449-2458, 2011b.

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

CORTEZ, M.E.M.; RIBEIRO, A.M.L.; GIANFELICI, M.F. et al. Study of methodological variations in apparent nutrient metabolism determination in broiler chickens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.38, n.10, p.1921-1927, 2009.

GUIZIOU, F.; BÉLINE, F. In situ measurement of ammonia and greenhouse gas emissions from broiler house in France. *Bioresouce Technology*, v.96, p.203-207, 2005.

KELLEHER, B.P.; LEAHY, J.J.; HENIHAN, A.M. et al. Advances in poultry litter disposal technology – a review. *Bioresouce Technology*, v.83, p.27-36, 2002.

MENEGALI, I.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C. et al. Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período de aquecimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.13, p.984-990, 2009.

MILES, D.M.; BROOKS, J.P.; SISTANI, K. Spatial contrasts of seasonal and intraflock broiler litter trace gas emissions, physical and chemical properties. *Journal of Environmental Quality*, v.40, n.1, p.176-87, 2011.

MIRAGLIOTTA, M.Y. **Avaliação dos níveis de amônia em dois sistemas de produção de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciadas.** (Dissertação de mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 122p. 2000.

REICOSKY, D.C.; ARCHER, D.W. Moldboard plow tillage depth and short-term carbon dioxide release. *Soil & Tillage Research*, v.94, p.109-121, 2007.



SAS INSTITUTE. **SAS/STAT software: changes and enhancement through release 9.2.** Cary: SAS Institute, 2008.

SNYDER, C.S.; BRUULSEMA, T.W.; JENSEN, T.L. Melhores práticas de manejo para minimizar emissões de gases de efeito estufa associadas ao uso de fertilizantes. Piracicaba, SP. **Informações Agronômicas**, n.121, p.13-14, 2008.

Van OUWERKERK, E.N.J.; PEDERSEN, S. Application of the carbon dioxide mass balance method to evaluate ventilation rates in livestock buildings. In: XII World Congress on Agricultural Engineering, Milan, Italy. **Proceedings**, v.1, p.516-529, 1994.

VERGÉ, X.P.C.; DYER, J.A.; DESJARDINS, R.L. et al. Long-term trends in greenhouse gas emissions from the Canadian poultry industry. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.18, p.210 - 222, 2009.

WANG, S.Y.; HUANG, D.J. Assessment of greenhouse gas emissions from poultry enteric fermentation. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seul, v.18, n.6, p.873-878, 2005.

WATCHES, C.M.; HOLDEN, M.R.; SNEATH, R.W. et al. Concentrations and emission rates of aeral ammonia, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, dust and endotoxin in UK broiler and layer houses. **British Poultry Science**, v.38, p.14-28, 1997.

WATHES, C.M. Strive for clean air in your poultry house. **World Poultry**, v.15, n.3, p.17-19, 1999.

XIN, H.; LI, H.; BRUNS, R.T. et al. **Use of CO₂ concentrations or CO₂ balance to estimate ventilation rate of modern commercial broiler houses.** Paper N^o. 064156, ASABE Annual Meeting, Portland, Oregon. 15p. 2006 (site pesquisado: <http://democrats.agriculture.house.gov/testimony/111/h070110/Burns.pdf>; page7)

Recebido para publicação em 30/04/2014 e aprovado em 30/07/2014.