

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**MODELAGEM DA EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO NA
PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE**

JOÃO DIONÍSIO HENN

Zootecnista – UFSM
Mestre em Zootecnia – UFRGS

Tese apresentada como um dos requisitos para a obtenção do grau de
Doutor em Zootecnia
Área de Concentração em Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil
Março de 2013.

CIP - Catalogação na Publicação

HENN, JOÃO DIONÍSIO
MODELAGEM DA EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO NA
PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE / JOÃO DIONÍSIO HENN. --
2013.
186 f.

Orientador: Alexandre de Mello Kessler.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2013.

1. Impacto Ambiental. 2. Gases de efeito estufa.
3. Eficiência de produção. 4. Fluxos de Carbono. 5.
Curvas e taxas de crescimento. I. Kessler, Alexandre
de Mello, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

JOÃO DIONÍSIO HENN
Bacharel em Zootecnia e
Mestre em Zootecnia

TESE

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

DOUTOR EM ZOOTECNIA

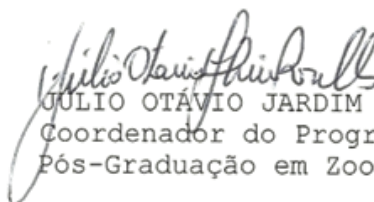
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 28.03.2013
Pela Banca Examinadora

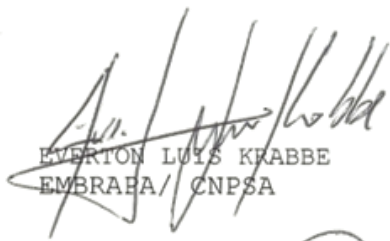
Homologado em: 14.06.2013
Por



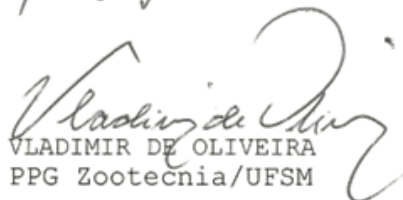
ALEXANDRE DE MELLO KESSLER
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador



JULIO OTÁVIO JARDIM BARCELLOS
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia



EVERTON LUIS KRABBE
EMBRAPA/ CNPSA



VLADIMIR DE OLIVEIRA
PPG Zootecnia/UFSM



ANDRÉA MACHADO LEAL RIBEIRO
PPG Zootecnia/UFRGS



PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade de Agronomia

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), por meio do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade e pelo ensino público, gratuito e de qualidade.

Aos professores Dr. Alexandre de Mello Kessler e Dra. Andréa Machado Leal Ribeiro, cientistas e professores admiráveis, pela oportunidade, confiança, estímulo, amizade e exemplo profissional e humano.

Ao professor Paulo Alberto Lovatto (in memoriam), meu primeiro orientador de iniciação científica, pelo incentivo, oportunidades e exemplo, que me permitiram trilhar os caminhos da pós-graduação e da pesquisa.

Aos membros da banca examinadora, pesquisador Dr. Everton Luis Krabbe e professores Dr. Vladimir de Oliveira, Dr^a. Andrea Machado Leal Ribeiro e Dr. Alexandre de Mello Kessler, pela disponibilidade e valiosas contribuições para a melhoria da versão final deste trabalho e reflexões sobre o tema. À Ione Borcelli, secretária do PPG, pela eficiência e amizade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa e taxa de bancada por dois anos.

À EMBRAPA, por valorizar e estimular a formação e qualificação dos seus empregados e por me proporcionar liberação em tempo integral das minhas atividades por quatro meses, para a conclusão e defesa desta tese.

Ao pesquisador Arlei Coldebella, pela grande colaboração nas análises estatísticas e interpretação de resultados.

Ao Jonas e à Marisa pelo incentivo e colaboração.

Aos colegas de pós-graduação e de laboratório (LEZO), pela valiosa troca de idéias, pelo convívio, ajuda mútua, pelos ótimos momentos compartilhados e pela amizade. *Foi ótimo ter interagido com vocês... Desejo muito sucesso a todos.*

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

Ao Prof. Dr. Cimélio Bayer e equipe, do departamento de Solos da UFRGS (Laboratório de Biogeoquímica Ambiental), pela coleta e análises dos gases nas camas de frango.

À Camila Marcola, bolsista de IC do projeto, e aos demais bolsistas e estagiários do LEZO, pela importante contribuição durante a condução dos experimentos e também nas análises laboratoriais.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da UFRGS que, no ambiente da universidade, seja nas disciplinas, laboratórios ou qualquer outro espaço, contribuíram sobremaneira para o conhecimento técnico-científico e demonstraram a importância da ciência para o país. Valeu também pela troca de idéias, pelo convívio, pela atenção, pelo estímulo e suporte nas dificuldades.

À minha família, pelo apoio, amor, estímulo e suporte em toda a minha trajetória acadêmica e pelos exemplos que servem para a vida toda.

A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

MODELAGEM DA EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE ⁽¹⁾

Autor: João Dionísio Henn

Orientador: Dr. Alexandre de Mello Kessler

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo principal de desenvolver modelos matemáticos capazes de estimar a emissão de CO₂ na produção de frangos de corte, com base no balanço de carbono no frango e na cama de aviário, considerando o crescimento e composição corporal, o consumo alimentar e a metabolizabilidade das dietas, a produção de excretas e seu teor de carbono e a conseqüente emissão de CO₂ pela respiração dos animais e pela fermentação da cama. Conduzimos um experimento para avaliar o consumo, o crescimento, a deposição de componentes corporais e seu crescimento alométrico em linhagem de alto (Cobb 500) e médio (C44) desempenho, machos (M) e fêmeas (F). Estes resultados estão no capítulo 2 “Crescimento e deposição de nutrientes corporais em duas linhagens de frangos de corte”. Avaliamos também o balanço de carbono na cama, para podermos estimar o CO₂ emitido pela cama, que resultou no capítulo 3 “Emissão de dióxido de carbono pela cama de primeiro lote de frangos de corte”. Estes dados experimentais e um conjunto de dados publicados foram utilizados para a obtenção dos modelos matemáticos, que constituem o capítulo 4, “Modelagem da emissão de dióxido de carbono na produção de frangos de corte”. Um excelente ajuste foi encontrado no modelo não-linear utilizado, com um R²>0,99 para todas as respostas. A produção de CO₂ foi altamente correlacionada com a taxa de crescimento, de modo que aos 42 dias de idade, o CO₂ expirado (g/ave) foi de 3384,4 nos machos Cobb; 2947,9 nas fêmeas Cobb; 2512,5 nos machos C44 e 2185,1 nas fêmeas C44. O efeito de idade também foi determinante na produção de CO₂, de modo que, para alcançar o mesmo peso corporal de 2,0 kg, o CO₂ expirado (g/ave) foi de 1794,3 nos machos Cobb; 2016,5 nas fêmeas Cobb; 2617,7 nos machos C44 e 3092,3 nas fêmeas C44. Uma regressão linear múltipla foi aplicada a todos os dados, obtendo-se as equações: CO₂ expirado (g/ave)= -70,2845 + 20,3322 * Idade (dias) - 0,0382 * Peso Vivo (g) + 0,0215 * IdadexPeso Vivo (P<0,0001, R²= 0,995). O CO₂ emitido pela cama (g/ave)= 1,8283 + 3,2714 * Idade (dias) - 0,0945 * Peso Vivo (g) + 0,00661 * Idade x Peso Vivo (P<0,0001, R²= 0,941). A soma do CO₂ emitido pelo frango e pela cama (g/ave)= -68,4562 + 23,6036 * Idade (dias) - 0,1327 * Peso Vivo (g) + 0,0281 * Idade x Peso Vivo (P<0,0001, R²= 0,994). Estas equações apresentam alta previsibilidade para estimar as emissões individuais de CO₂, em qualquer peso, idade ou linhagem, entre 1 a 49 dias de idade.

(1) Tese de Doutorado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (186 p.), março de 2013.

MODELING CARBON DIOXIDE EMISSION IN BROILER PRODUCTION ⁽¹⁾

Author: João Dionísio Henn

Advisor: Dr. Alexandre de Mello Kessler

ABSTRACT

The main objective of this study was to develop mathematical models capable of estimating the CO₂ emissions in the broilers production. This estimation was based on the carbon balance in broilers and in the litter, considering the body growth and composition, diet consumption and metabolizability, excreta production and its carbon content and the consequent emission of CO₂ by animal respiration and litter fermentation. An experiment was performed in order to evaluate the feed intake, growth, deposition of body components and allometric growth in the fast (Cobb 500) and medium (C44) growth broilers strains, considering males (M) and females (F). These results are reported in the Chapter 2 "Growth and body nutrient deposition in two broilers strains". Carbon balance in the litter was also evaluated, therefore it was possible to estimate the CO₂ emitted by the litter, resulting in the Chapter 3 "Carbon dioxide emission by the litter of the first batch of broilers". These experimental results and a set of previously published data were combined and used to obtain the mathematical models described in Chapter 4, "Modeling carbon dioxide emission in broiler production". An excellent fitting was found by the nonlinear model used, with a R² > 0.99 for all responses. CO₂ production was highly correlated with growth rate, at 42 days of age, the emitted CO₂ (g/bird) was: Cobb-M= 3384.4; Cobb-F= 2947.9, C44-M= 2512.5 and C44-F= 2185.1. The effect of age was also a determinant of CO₂ production, so that to achieve the same body weight of 2.0 kg, the emitted CO₂ (g/bird) was: Cobb-M= 1794.3; Cobb-F= 2016.5, C44-M= 2617.7 and C44-F= 3092.3. Multiple linear regression was applied to all the data to give the equation: emitted CO₂ (g/bird)= -70.2845 + 20.3322 * Age (days) - 0.0382 * Live Weight (g) + 0.0215 * Age x Live Weight (P<0.0001, R²= 0.995). CO₂ emitted by the litter (g/bird)= 1.8283 + 3.2714 * Age (days) - 0.0945 * Live Weight (g) + 0.00661 x * Age Body Weight (P<0.0001, R²= 0.941). The sum of CO₂ emitted by the broiler and the litter (g/bird)= -68.4562 + 23.6036 * Age (days) - 0.1327 * Live Weight (g) + 0.0281 * Age x Live Weight (P<0.0001, R²= 0.994). These equations present high predictability for individual estimating of CO₂ emission in any weight, age or strain, from 1 to 49 days of age.

⁽¹⁾ Doctoral Thesis in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil, (186 p.), march, 2013.

SUMÁRIO

	Página
Capítulo I	
1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Novos indicadores na avicultura de corte	21
2.2 Modelagem da emissão de dióxido de carbono: Aspectos do metabolismo e do crescimento do frango de corte.....	22
2.2.1 Digestibilidade dos componentes da dieta.....	23
2.2.2 Eficiência de utilização da EM da dieta para manutenção e para retenção de proteína e de gordura corporais.....	24
2.2.3 Taxas de eficiência de utilização da EM para produção.....	28
2.2.4 Curvas de crescimento e de deposição de nutrientes corporais.....	29
2.2.4.1 Função de Gompertz	30
2.2.4.2 Parâmetros das equações.....	30
2.3 Balanço de Carbono corpóreo no frango de corte	34
2.3.1 Carbono ingerido.....	35
2.3.2 Carbono depositado nos tecidos corpóreos.....	37
2.3.2.1 Carbono depositado na proteína	38
2.3.2.2 Carbono depositado na gordura	39
2.3.3 Carbono excretado.....	40
2.4 Balanço de Carbono na cama de frango	40
2.4.1 Fermentação	40
2.4.2 Emissão de GEE na cama de frango.....	42
2.5 Emissões globais de GEE na cadeia produtiva de frangos de corte ...	43
2.5.1 Emissão de dióxido de carbono no ciclo de produção de frangos de corte	44
3. HIPÓTESES E OBJETIVOS	48
Capítulo II	
Crescimento e Deposição de Componentes Corporais em Frangos de Corte de Médio e de Alto Desempenho.....	50
Resumo	51
Abstract	52
Introdução	53
Material e Métodos	55
Resultados e Discussão.....	61
Conclusões	73
Referências	74
Capítulo III	
Emissão de dióxido de carbono pela cama de primeiro lote de frangos de corte	80
Resumo	80
Abstract	81
Introdução	82

Material e Métodos	84
Resultados e Discussão.....	89
Conclusões.....	96
Agradecimentos.....	97
Referências Bibliográficas.....	98

Capítulo IV

Modelagem da emissão de dióxido de carbono na produção de frangos de corte.....	102
Resumo	102
Abstract	104
Introdução	105
Material e Métodos	107
Instalações, animais e tratamentos.....	107
Dietas experimentais e Manejo.....	108
Coleta, preparo de amostras e análises.....	110
Equações e cálculos.....	111
Definição dos parâmetros.....	112
Desenvolvimento do modelo.....	112
Análise estatística.....	113
Resultados e Discussão	115
Curvas dos fluxos de carbono.....	115
Fluxos de carbono e emissões de dióxido de carbono pelo frango e pela cama.....	120
Modelos lineares múltiplos.....	126
Referências Bibliográficas.....	131

Capítulo V

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	136
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	138
7. APÊNDICES.....	148

RELAÇÃO DE TABELAS

Capítulo I	Página
TABELA 01: Composição química e Metabolizabilidade de componentes orgânicos dos ingredientes de dietas práticas de frangos de corte, conforme vários autores (matéria natural).....	25
TABELA 02: Eficiência média na utilização de energia metabolizável e para deposição de gordura e proteína abaixo e acima da manutenção.....	28
TABELA 03: Estimativas de eficiência de utilização da energia metabolizável da dieta para deposição de proteína (kp) e gordura (kf) corporais, conforme vários autores.....	28
TABELA 04: Parâmetros das equações de Gompertz para o peso vivo de linhagens de frangos de corte de alto x médio e baixo desempenho produtivo, conforme vários autores.....	32
TABELA 05: Parâmetros das equações de Gompertz para os componentes corporais de linhagens de frangos de corte de alto desempenho produtivo, conforme vários autores.....	33
TABELA 06: Constantes para proteína, gordura e carboidratos quando oxidados no organismo animal	34
TABELA 07: Concentrações de aminoácidos (aa), teor de carbono ponderado (%Cp) e coeficientes de digestibilidade aparente (CDAaa) dos aminoácidos do milho e do farelo de soja.....	36
TABELA 08: Composição percentual dos ácidos graxos, teor de carbono calculado (%Cc) e teor de glicerol calculado do óleo de soja e do milho, conforme vários autores.....	37
TABELA 09: Concentrações de carbono e nitrogênio na carcaça inteira de frangos de corte e as frações de proteínas e gorduras corporais (%)......	38
TABELA 10: Concentrações de carbono (C) e de nitrogênio (N) na proteína e na gordura corporais e predição de extrato etéreo, conforme vários autores.....	38

TABELA 11: Conteúdo (%), peso molecular (PM), número de átomos na molécula, carbono ponderado (%Cp) e peso molecular ponderado (PMp) dos aminoácidos essenciais e não essenciais da proteína da carcaça do frango de corte.....	39
TABELA 12: Perfil de ácidos graxos e teor de carbono calculado (Cc) na gordura da carne de frangos de corte alimentados com dieta a base de milho, farelo de soja e óleo de soja.....	41

Capítulo II

TABELA 01: Valores e desvios-padrão (DP) da temperatura (T) e da umidade relativa do ar (URA) registradas no interior das instalações durante o período experimental.....	56
TABELA 02: Composições centesimal e nutricional das dietas experimentais pré-inicial e inicial.....	57
TABELA 03: Composições centesimal e nutricional das dietas experimentais da fase de crescimento.....	58
TABELA 04: Médias observadas e erros-padrão do peso corporal, consumo alimentar e deposição de água, proteína e gordura, em função da idade, sexo e linhagem.....	62
TABELA 05: Médias e erros-padrão das estimativas dos parâmetros da curva de Gompertz [$Y=a*\exp(-\exp(-b*(Idade-c)))$] e das taxas máximas de crescimento (TMC), de consumo de alimento (TMCA) e de água (TMA), proteína bruta (TMPB) e gordura bruta (TMGB) corporais e níveis descritivos de probabilidade do teste F da análise da variância.....	65
TABELA 06: Médias e erros-padrão dos coeficientes de crescimento alométrico (a ; b) da água, proteína e gordura corporais em relação ao peso vivo ($Y=aX^b$) e níveis descritivos de probabilidade do teste F da análise da variância.....	72

Capítulo III

TABELA 01: Caracterização da cama de frango: quantidade de cama inicial (kg MN m ²), quantidade de cama final (kg MN m ²), 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).....	85
TABELA 02: Concentrações de CO ₂ , CH ₄ (ppm) e N ₂ O (ppb) e temperatura (°C) do ar dentro e fora das instalações avícolas.....	89
TABELA 03: Médias e desvios-padrão do consumo médio de ração (CMR), peso médio (PM), emissão acumulada de C (EAC) e emissão acumulada de CO ₂ (EA CO ₂) na cama de aviário de primeiro lote de frangos de corte de médio e de alto desempenho, machos e fêmeas.....	92
TABELA 04: 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.....	94

Capítulo IV

TABELA 01: Composições centesimal e nutricional das dietas experimentais pré-inicial e inicial.....	109
TABELA 02: Composições centesimal e nutricional das dietas experimentais na fase de crescimento.....	110
TABELA 03: Médias observadas e erros-padrão das estimativas dos parâmetros da curva de Gompertz [$Y=a*\exp(-\exp(-b*(Idade-c)))$] do consumo de carbono total, consumo de carbono digestível, retenção de carbono corporal, carbono excretado, carbono e dióxido de carbono expirados e níveis descritivos de probabilidade do teste F da análise da variância	118
TABELA 04: Médias e erros-padrão das estimativas dos parâmetros da função exponencial [$Y=a*\exp(b*Idade)$] do carbono das excretas, do carbono acumulado na cama, do carbono e do dióxido de carbono emitidos pela cama e níveis descritivos de probabilidade do teste F da análise da variância.....	119

TABELA 05: Médias e erros-padrão do peso vivo e das estimativas dos fluxos de C e de CO ₂ de frangos de corte de médio e de alto desempenho e da cama, aos 42 dias de idade (g/frango/42 dias).....	123
TABELA 06: Médias e erros-padrão das estimativas dos fluxos de C e de CO ₂ de frangos de corte de médio e de alto desempenho e da cama, aos 2 kg de peso vivo (g/frango/2 kg de PV).....	125
TABELA 07: Modelos lineares múltiplos para CO ₂ expirado, CO ₂ emitido pela cama e total de CO ₂ emitido (g/frango).....	126

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
Capítulo I	
FIGURA 01: Representação determinística e estática dos fluxos de nutrientes e de metabólitos que representam o rendimento da utilização de energia dos nutrientes para deposição de proteína e de gordura corporal (adaptado de De Lange & Birkett, 2005)	27
Capítulo II	
FIGURA 01: Curvas $[Y=a*\exp(-\exp(-b*(Idade-c)))]$ de crescimento, de consumo alimentar e das taxas $[Y=a*b*\exp(-b*(idade-c)-\exp(-b*(idade-c)))]$ de crescimento e de consumo alimentar de frangos de corte de médio e alto desempenho, machos e fêmeas.....	67
FIGURA 02: Curvas $[Y=a*\exp(-\exp(-b*(Idade-c)))]$ de deposição de água, proteína e gordura corporais e taxas $[Y=a*b*\exp(-b*(idade-c)-\exp(-b*(idade-c)))]$ de deposição de água, proteína e gordura de frangos de corte de médio e alto desempenho, machos e fêmeas.....	70
Capítulo III	
FIGURA 01: Ilustração das câmaras utilizadas para a coleta dos gases.....	86
FIGURA 02: Curvas da emissão acumulada de dióxido de carbono pela cama de frangos de corte Cobb e C-44, machos e fêmeas (g/frango).....	93

Capítulo IV

- FIGURA 01: Curvas $[Y=a*\exp(-\exp(-b*(Idade-c)))]$ do dióxido de carbono expirado pelo frango (a), do dióxido de carbono emitido pela cama (c) $[Y=a*\exp(b*Idade)]$ e do total de dióxido de carbono emitido (e) e da taxa diária de dióxido de carbono expirado (b) $[Y=a*b*\exp(-b*(idade-c)-\exp(-b*(idade-c)))]$, da taxa de dióxido de carbono emitido pela cama (d) $[Y=a*b*\exp(b*Idade)]$ e da soma das taxas de dióxido de carbono emitido pela cama e pelo frango (f)..... 121
- FIGURA 02: Valores observados x estimados através dos modelos das emissões de CO₂ pela respiração, do CO₂ emitido pela cama e do total de CO₂ emitido, em g/frango..... 128

RELAÇÃO DE QUADROS

Capítulo IV

- Quadro 01: Parâmetros utilizados nas equações dos fluxos de C..... 113

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS E DE SÍMBOLOS

ACV= Análise de ciclo de vida
C= carbono
CaCO₃= Carbonato de Cálcio
CH₄= metano
CHO= carboidratos
CMEB= coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta
CMGB= coeficiente de metabolizabilidade da gordura bruta
CMMS= coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca
CMPB= coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta
CO₂= dióxido de carbono
CV= coeficiente de variação
CVs= cavalos vapor
D.P.= desvio padrão
Dig.= digestível
Disp.= disponível
EB= energia bruta
EM= energia metabolizável
EMi= energia metabolizável ingerida
EMm= energia metabolizável para a manutenção
EMA= energia metabolizável aparente
FAO= organização das Nações Unidas para agricultura e alimentação
FB= fibra bruta
FDN= fibra em detergente neutro
FDA= fibra em detergente ácido
g= grama
hpu= corresponde a 1000 W de produção total de calor pelo animal a 20°C
GB= gordura bruta
GEE= gás(es) de efeito estufa
IPCC= Grupo intergovernamental de especialistas sobre a mudança climática - Intergovernmental Panel on Climate Change
k₀= eficiência de uso da EM com consumo acima da manutenção
Kcal= quilocalorias
km= eficiência de uso da EM com consumo abaixo da manutenção
L= litro
Met. + Cist.= metionina + cistina
MS= matéria seca
CO₂e= dióxido de carbono equivalente
N= nitrogênio
N₂O= óxido nitroso
O₂= gás oxigênio
°C= graus Celsius
PB= proteína bruta
ppb= partes por bilhão
ppm= partes por milhão

QR= quociente respiratório

Σ= somatório

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Os frangos de corte são animais eficientes para transformar grãos em proteína animal de qualidade para a alimentação humana, em curto espaço de tempo, utilizando pequena área, pouca água e energia. Esta eficiência é baseada essencialmente na alta capacidade de consumo, em relação ao peso corpóreo, associada à alta taxa de produção, em relação às exigências de manutenção, entre outros fatores. Este potencial é constantemente reforçado pelos avanços na genética e na melhoria das condições ambientais, aplicados nos sistemas de produção. Estes avanços permitiram, nos últimos 50 anos, melhorar a conversão alimentar de 3,0 para 1,7 e reduzir a idade de abate de 100 para 42 dias, para produzir um frango de corte de 2,5 kg de peso vivo.

No Brasil, a produção de frangos de corte está próxima de 13 milhões de toneladas de carne anuais, o que representa um consumo aproximado de 31 milhões de toneladas de grãos, especialmente milho e soja, base das dietas. Nos animais, a energia da dieta é utilizada para a manutenção, processos de catabolismo e para produção. Segundo Kessler et al. (2004), os gastos energéticos de manutenção representam cerca de 40 a 50% da energia consumida, enquanto que os gastos associados à síntese de tecidos corporais correspondem entre 25 e 35% da energia consumida. Em linhagens de crescimento lento, a energia de manutenção assume maior proporção do total da energia ingerida. Desta forma, pode-se constatar que cerca de 20% da energia contida nos grãos, consumida pelos frangos de corte na sua dieta, é consumida pela população humana através da carne, sendo que a maior parte desta ineficiência é convertida em CO₂, liberado para a atmosfera.

Estes frangos do plantel brasileiro produzem cerca de 20 milhões de toneladas de CO₂, como produto final do metabolismo energético, apesar da sua eficiência em relação às outras espécies. Este CO₂ na atmosfera constitui-se num gás de efeito estufa (GEE), assim como o metano e o óxido nitroso. O conjunto destes gases é normalmente expresso em equivalentes de CO₂ (CO₂e), para explicar o aquecimento global potencial de cada gás em relação ao CO₂, com a seguinte equivalência: CO₂=1, CH₄=23 e N₂O=298 (Snyder et al. 2008). Na produção de frangos de corte, o CO₂ é emitido pela respiração das aves, fermentação da cama e sistema de aquecimento, considerando as emissões durante o ciclo de crescimento dos frangos. Ao longo da cadeia produtiva, também há emissões de GEE no transporte de insumos e animais, no uso de combustíveis fósseis, uso da terra e produção do alimento para os frangos. O CH₄ é oriundo basicamente da cama, visto que no animal não há fermentação entérica significativa (Wang & Huang, 2005). Em condições de cama seca, a fermentação aeróbica leva a pequenas emissões de CH₄, que aumentam consideravelmente quando a umidade e/ou compactação da cama aumenta. De forma geral, o CH₄ é produzido pela degradação microbiana de lipídios solúveis, carboidratos, ácidos orgânicos, proteínas e outros componentes orgânicos. A produção de N₂O na cama de frango ocorre pelos processos de desnitrificação e nitrificação, a partir do N das excretas, mas em baixíssimas quantidades, sendo que a maior parte do N₂O da agropecuária é emitida nos solos agrícolas, decorrente da adubação nitrogenada. Wathes 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.

Para cada quilo de peso vivo de frango produzido, são emitidos de 2 a 2,3 kg de CO_2 (Dong et al. 2006). A emissão pelo frango de corte é influenciada pelo peso do frango, dieta, taxa de maturidade, atividade física, época do ano, entre outros fatores. Somente através da respiração dos frangos, são emitidos 1,4 kg de CO_2 por kg de carne de frango produzido (Calvet et al. 2011a) e por frango de 2,43 kg de peso vivo, as emissões médias foram de 3,58 kg de CO_2 ; 1,63 g de CH_4 e de 2,07 g de N_2O (Calvet et al. 2011a). Na fermentação da cama são emitidas quantidades que podem variar entre 4 (Van Ouwerkerk & Pedersen, 1994) e 20% do emitido pelo frango através da sua respiração (Calvet et al. 2011b). Estes valores são inferiores em relação a outras espécies que, segundo Gill et al. (2010), são de 13 kg de CO_2 e para um kg de bovinos e ovinos produzidos e de 3,9 para cada kg de carne suína produzido.

A temática relacionada às mudanças climáticas globais tem gerado preocupações na comunidade científica, nos governos e na sociedade. O governo brasileiro apresentou na COP-15 em 2009, em Copenhague, plano voluntário de ações nacionais de mitigação, estabelecendo redução de 36,1 a 38,9% das emissões de GEE projetadas para 2020, sendo que a agropecuária uma área de importante poder de mitigação de GEE, com expectativa para ao final deste período reduzir em 166 milhões de toneladas de carbono equivalente, o que representa 43% da meta total do país (BRASIL, 2010). Neste sentido, ações políticas e de desenvolvimento tecnológico estão sendo adotadas, a exemplo da redução do desmatamento na Amazônia e no Cerrado, da ampliação da eficiência energética e da adoção de práticas e sistemas produtivos sustentáveis na agricultura, como o Programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). De acordo com estudo de Cerri et al. (2010), essas metas são passíveis de serem atingidas com as tecnologias disponíveis atualmente. Entretanto, são necessários estudos mais aprofundados para melhor quantificar as emissões e o potencial de mitigação de GEE dessas tecnologias, para embasar as políticas públicas e orientar a cadeia produtiva. Na avicultura, em particular, poucos dados relativos às emissões de GEE provenientes de sistemas de criação de aves estão disponíveis e as incertezas sobre os fatores de emissão são elevados, o que dificulta a definição de políticas públicas e ações no setor produtivo para atingir o objetivo assumido e para tornar a atividade mais sustentável.

Na avicultura industrial, o óxido nitroso e o metano são produzidos em quantidades pequenas, enquanto que a produção de CO_2 é mais importante. No lote de produção de frangos de corte, existem variáveis determinantes para o total de CO_2 emitido, como a eficiência energética dos animais, a idade do animal ao abate, a fermentação aeróbica da cama e outras, que são passíveis de manipulação, cujo resultado tem influência na emissão total de CO_2 daquele lote. Com parâmetros confiáveis dos gastos energéticos de manutenção, das curvas de crescimento e de deposição de tecidos, da eficiência energética de deposição de proteína e gordura corporais e estimativas alométricas do crescimento destes componentes corporais,

associados às estimativas do consumo de ração e a metabolizabilidade dos macro-componentes da dieta (proteína, gordura e carboidratos), é possível calcular a eficiência energética total do animal e, por diferença estequiométrica, a emissão de carbono para a atmosfera. Da mesma forma, a produção de CO₂ pela cama pode ser calculada pelo balanço de carbono, com medidas no início e final do lote produzido.

O presente trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de um modelo matemático, capaz de estimar a emissão de CO₂ na produção de frangos de corte, com base no balanço de carbono no frango e na cama, considerando o crescimento e composição corporal dos animais, a metabolizabilidade das dietas e a produção de excretas, a composição das excretas em carbono e a consequente emissão de C pela respiração dos animais e pela fermentação da cama.

Este documento é estruturado, de forma seqüencial, em capítulos constituídos por:

- (1) Introdução geral e revisão bibliográfica;
- (2) Crescimento e deposição de nutrientes corporais em duas linhagens de frangos de corte;
- (3) Emissão de dióxido de carbono pela cama de primeiro lote de frangos de corte;
- (4) Modelagem da emissão de dióxido de carbono na produção de frangos de corte;
- (5) Considerações finais, referências bibliográficas e apêndices.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Novos indicadores na avicultura de corte

As projeções recentes da FAO (FAO, 2011) indicam que a população humana chegará a 9,5 bilhões de habitantes no ano de 2050, quando deverá estabilizar. Cerca de 70% desta população viverá em regiões urbanas. Com este crescimento populacional projetado, estima-se que o consumo global de carne de aves será de 200 milhões de toneladas. A produção de alimentos, em geral, deverá ter acréscimo de 70%, principalmente via incrementos de produtividade, para atender às necessidades decorrentes do crescimento populacional, aumento de renda, urbanização e uso de grãos para produção de biocombustíveis, onde o uso eficiente de energia, terra e água serão desafios crescentes.

A indústria brasileira de carne de aves está concentrada nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país. Emprega mais de 4,5 milhões de pessoas, direta e indiretamente, e responde por aproximadamente 1,5% do Produto Interno Bruto nacional. Representa grande importância econômica e social, com fortes relações com outros setores da economia, como a produção de grãos (fertilizantes, defensivos, máquinas e equipamentos agrícolas), pesquisa agropecuária, agentes financeiros, transportes e processamento da produção, armazenamento, distribuição e comércio em geral, entre outros, apresentando um grande efeito multiplicador da renda e do emprego. Com crescimento anual da produção estimado em 3,64% e consumo per capita de 45 kg, além de gerar divisas e empregos, a avicultura de corte têm tido grande contribuição para a segurança alimentar, por ser uma fonte de proteína barata, acessível e de qualidade.

Entretanto, nas últimas décadas, o crescimento do setor e as tendências para a intensificação e a concentração da produção, deram origem a uma série de preocupações ambientais. Uma consequência direta dessas mudanças estruturais na produção de aves é a geração de resíduos em quantidade muito maior do que a capacidade de reciclagem, na região produtora, resultando em problemas ambientais. Neste contexto, novos índices adquirem cada vez mais importância, como: quantidade de resíduos gerados, concentração dos gases emitidos, eficiência hídrica, entre outros.

Nos cenários acadêmicos e governamentais, discute-se o impacto ambiental provocado pela crescente necessidade da produção intensiva de grãos destinados à alimentação das aves. Para reduzir a emissão de GEE, aspectos relativos à produção e transporte dos grãos, rações e animais vivos são importantes na emissão de GEE. Aumentar a eficiência alimentar dos frangos, utilizar ingredientes de menor emissão de GEE, menos transporte rodoviário, usar alimentos produzidos localmente, aumentar sua produção, principalmente via aumento da produtividade, podem ser importantes medidas mitigadoras de GEE, além de utilizar tecnologias já disponíveis e adotadas em algum grau, como reduzir o consumo de macro e micro minerais e a excreção de nitrogênio e fósforo, bem como fazer uso do conceito de proteína ideal, uso de aminoácidos sintéticos, minerais orgânicos e de enzimas nas dietas, entre outras tecnologias, além de diminuir a energia de manutenção dos animais, que é gasta antes do animal crescer e produzir.

Torna-se fundamental, portanto, internalizar aos processos de produção de alimentos os aspectos sociais, ambientais, relativos à qualidade alimentar e à sustentabilidade. Neste cenário, o setor produtivo e as pesquisas nas ciências avícolas devem proporcionar inovações tecnológicas, que possam produzir crescimento e desenvolvimento econômico, mas com ganhos importantes também nas dimensões social e ambiental. Estas tecnologias deverão contemplar uma redução do impacto ambiental na produção de frangos de corte, apresentar baixa emissão de carbono e ter bons indicadores de sustentabilidade, além do tradicional aumento da produtividade e da qualidade do produto.

2.2. Modelagem da emissão de dióxido de carbono: Aspectos do metabolismo e do crescimento do frango de corte

A modelagem em sistemas biológicos é uma ciência que consiste em identificar variáveis de grande influência em determinado fenômeno, estabelecer a relação entre elas e quantificá-las em modelos que possam prever resultados não sujeitos à observação direta ou experimentação empírica. Em nutrição e produção animal, busca-se modelos de alta precisão para a otimização de sistemas de produção de carne, leite e ovos. Estes modelos partem de uma descrição numérica do crescimento animal e suas exigências nutricionais (Gous, 2007) ou tentam agregar informações compartimentadas sobre o metabolismo intermediário dos nutrientes conforme afetados pelo genótipo e ambiente (Oviedo-Rondón, 2007). Um dos modelos mais simplistas, mas de alta precisão, dependendo da quantificação das variáveis de entrada e saída, é o modelo estequiométrico, apresentado por Kleiber (Kleiber, 1975). Este é um modelo fechado, de equilíbrio entre entrada e saída de elementos, derivado dos pressupostos da primeira Lei da Termodinâmica e que se aplica muito bem aos sistemas mais dinâmicos utilizados na bioenergética.

Um modelo animal que contemple como variáveis de entrada o carbono, nitrogênio, hidrogênio, oxigênio e enxofre, cuja origem é o alimento ingerido, acrescido do oxigênio do ar inspirado e usado na oxidação, e como saída o carbono, nitrogênio, hidrogênio, oxigênio e enxofre não digeridos, excretados na urina, acrescido do carbono e hidrogênio perdidos com gases (metano), e o carbono, hidrogênio e oxigênio produzidos pelo metabolismo energético e emitidos como água e CO₂ na expiração, permite que uma estimativa do CO₂ emitido possa ser realizada por diferença entre o carbono ingerido e a soma de carbono não digerido, do carbono urinário e de gases e do carbono retido na síntese de tecidos animais. Para a estruturação deste tipo de modelo, são indispensáveis estimativas bastante precisas da digestibilidade da proteína, gordura, carboidratos (amido, açúcares e fibra), dos principais ingredientes que compõem as dietas de frangos de corte no Brasil; do gasto energético de manutenção; da eficiência energética de retenção de gordura e proteína corporais dos frangos; das curvas de crescimento, do consumo e da deposição de tecidos corporais, com ajuste para linhagem e sexo, além do conhecimento do balanço de carbono na cama e da emissão de CO₂.

2.2.1 Digestibilidade dos componentes da dieta

No Brasil, as dietas para frangos de corte são elaboradas com milho e farelo de soja, bem como com alimentos alternativos, como o sorgo, farelo de arroz e de gérmen de milho, entre outros, conforme disponibilidade regional. Dependendo do mercado consumidor, são utilizados ainda ingredientes de origem animal, como a farinha de carne, sangue, vísceras, penas e outras. É fundamental o conhecimento da disponibilidade de energia destes alimentos e do seu aproveitamento pelos frangos, para facilitar a manipulação das dietas e produzir carcaças com maior deposição de proteína e menor de gordura.

Em função da grande diversidade de alimentos e de subprodutos de origem vegetal que podem ser utilizados, existem também diferenças na composição destes alimentos, decorrentes de vários fatores, como composição do solo, adubação, regime hídrico, variedade cultivada, tempo e condições de armazenamento, entre outros. Assim, estudos têm sido constantemente desenvolvidos, no Brasil e no exterior, para a avaliação da composição química, dos valores de energia metabolizável e da digestibilidade destes ingredientes e de suas principais frações, com importante variabilidade nos resultados. A energia metabolizável é a medida padrão para avaliação de energia dietética, na pesquisa e na produção frangos de corte, uma vez que pode ser determinada com rapidez e precisão, embora não considere ineficiências metabólicas e produção de calor (Lopez & Leeson, 2008). O sistema de energia líquida contempla estas perdas e oferece maior acurácia na avaliação, mas tem sido pouco difundido devido à complexidade de sua medição exata e aplicação prática, na nutrição de frangos de corte, dadas as condições de instalações, ambiência e do animal, que determinam perdas de calor diferentes em cada situação de granja.

De forma geral, as frações do alimento que contêm quantidades importantes de C são a gordura, proteína, fibra e extrativos não nitrogenados. Na tabela 1, estão apresentados valores obtidos por diversos autores, que podem servir como valores de referência. O farelo de soja apresenta em sua composição constituintes de baixa digestibilidade para as aves, os quais são denominados de polissacarídeos não-amiláceos (Zanella et al. 1999), sendo que 20% destes apresentam digestibilidade praticamente nula, explicando a baixa EM em relação à EB deste ingrediente. Além disso, os inibidores de tripsina e as lectinas são os fatores antinutricionais da soja e do farelo mais comumente destacados na literatura. Parsons et al. (2000), apresentam resultados da avaliação de farelos de soja convencional e com baixa quantidade de oligossacarídeos, sobre a digestibilidade dos carboidratos e da energia. A digestibilidade média da rafinose e da estaquiose foi de 74 e 79%, respectivamente, com resultados bastante variáveis. Como média dos diferentes tipos de farelo de soja avaliados, os dois tipos com menor teor de rafinose, estaquiose e galactinol (0,07 e 0,25%), tiveram valores médios de energia metabolizável verdadeira 9,8% superior à soja controle. Na média geral, incluindo todas as amostras, a energia metabolizável verdadeira foi maior (7%) para a soja com baixo teor de oligossacarídeos. Para estudar o processamento, Carvalho et al. (2011), avaliaram as sojas integral, soja integral processada a vácuo e soja integral processada a vapor. Não encontraram diferenças para digestibilidade da matéria seca, da proteína e do extrato etéreo

e para as energias metabolizáveis aparente e corrigida para retenção de nitrogênio.

Para o milho, também encontramos na literatura resultados que mostraram variações entre nutrientes de diferentes lotes e condições de armazenamento. A digestibilidade média da proteína do milho é de 87%, enquanto que da soja é de 91%, segundo Rostagno et al. (2011). Yadalan (2005) obteve digestibilidade média ponderada de 81,03% para os aminoácidos do milho e de 82,29% para o farelo de soja, enquanto que a proteína bruta teve 74,4% de digestibilidade no milho e de 79,3% no farelo de soja. A digestibilidade da gordura, quando adicionada nas dietas, apresenta elevada digestibilidade, com valor médio próximo de 96%, dependendo do nível de inclusão, enquanto que a gordura do grão é bem menos digestível, com valores entre 50 e 65%. Raber et al. (2009) obtiveram digestibilidade média da gordura do milho e do farelo de soja de 64,96%, quando calculada a partir da dieta basal. Para os carboidratos dos grãos, Zanella et al. (1999), obtiveram 99% de digestibilidade para o amido, enquanto que Weurding et al. (2001) obtiveram valores muito próximos de 97,5%. Já para a fibra, Krás (2010) para dietas de baixa (3,12% FB; 11,81% de FDN e 3,63% de FDA) e alta fibra bruta (5,19% FB, 19,51% de FDN e 7,37% de FDA), obteve para FDN 32,89 e 26,85% e para FDA 12,64 e 18,75% de digestibilidade, respectivamente. Na linhagem Label Rouge, a digestibilidade da FDA foi maior em comparação à Cobb (19,14 x 15,31%), sendo que para a FDN não houve efeito de linhagem.

2.2.2 Eficiência de utilização da EM da dieta para manutenção e para retenção de proteína e de gordura corporais

Frangos de corte utilizam a energia metabolizável da dieta para manutenção e para produção. O processo de manutenção envolve gastos inevitáveis e primários, atendidos a partir da energia da dieta ou da oxidação de reservas corporais. Além de atender às exigências de manutenção, a energia metabolizável ingerida (EMi) também é destinada à síntese de compostos orgânicos, isto é, para o crescimento corporal. A energia metabolizável para a manutenção está relacionada ao peso corporal e compreende o metabolismo basal, a produção de calor e as atividades normais do animal. A EMi é tradicionalmente particionada em energia retida (ER) na forma de tecidos corporais, notadamente como proteína e como gordura, e em produção de calor (PC): $EMi = PC + ER$ (Lopez & Leeson, 2008). Lopez et al. (2007) verificaram que entre 38 a 40% da EMA consumida pelos frangos foi depositada como proteína e gordura corporais. Em condições ambientais próximas da termoneutralidade, a PC representa o calor produzido associado com a utilização da EM ingerida para manutenção e para os processos produtivos que, em frangos de corte jovens, representam 52 a 64% do consumo (Noblet et al. 2003).

Tabela 1: Composição química e Metabolizabilidade de componentes orgânicos dos ingredientes de dietas práticas de frangos de corte, conforme vários autores (matéria natural)

Autores	Ingredientes	Composição Química (%)						Coeficiente de Digestibilidade (%)						Energia (kcal/kg)
		MS	GB	PB	FB	Amido	ENN	GB	PB	Amido	EB	ENN	EB	EMA
Rostagno et al. (2011)	Milho moído	87,48	3,65	7,88	1,73	62,66	72,95	92,0	87,0		86,4	91,80	3.940	3.404
	Farelo de soja 45	88,75	1,69	45,22	5,3	12,38	30,71	50,0	91,0			31,6	4.090	2.254
	Óleo de soja	99,60	99,6					95,0					9.333	8.790
	Óleo de milho	99,25	99,0					95,1					9.350	8.892
	Amido de Milho	88,50				87,70	87,70			94,4		97,10	3.737	3.528
Weurding et al. (2001)	Milho 1	87,2	4,0	8,1	2,6	61,0				97,4				
	Milho 2	86,9	4,1	8,6	2,6	60,9				97,7				
	Milho 3	85,4	5,0	8,8	2,7	58,0				97,2				
Zelenka & Čerešňáková (2005)	Amido ¹									98,11				
	Amido ²									98,89				
Nunes, R.V. et al. (2008)	Milho A	87,8	4,30	6,92		59,21					87,0		3.964	3.924
	Milho B	88,0	3,98	7,17		59,62					85,0		3.932	3.799
Eyng, C. et al. (2009)	Milho**	88,2	4,3	8,65		66,94							3.974	3.390
Freitas, E.R. et al. (2006)	Milho	87,1	3,46	8,57										3.390
	Óleo de Soja	98,0	92,0											7.525
Andreotti, M.O. et al. (2004)	Óleo de Soja													9.148
NRC – Aves (1994)	Milho	89,0	3,9	8,30										
	Óleo de Soja	89,0	1,5	43,8										
Raber et al. (2009)	Óleo de Soja							95,5						8.977***
Vieira et al. (2002)	Óleo de Soja													8.540***
	4% inclusão							86,6						8.083***
	8% inclusão							95,4						8.906***
Krás, 2010	Dietas	FDN	FDA											
	Dieta Baixa fibra (3,12% FB)	32,89	26,85											
	Dieta alta fibra (5,19% FB)	12,64	18,75											
	Linhagem	FDN	FDA											
	Label Rouge	29,90	19,14 ^a											
	Cobb 500	30,15	15,31 ^b											

*Ensaio com frangos de corte entre 39 a 42 dias de idade. ** Médias de 8 diferentes cultivares de milho. ***na MS. ¹Com frangos de crescimento rápido (Ross 208). ²Com frangos de crescimento lento (Isa Brown).

Por outro lado, a ER representa a diferença entre a EMI e a PC, de modo que $EMI-PC=ER$. Para a mensuração da ER, é necessário medir a energia retida na forma de gordura e na forma de proteína. Estimativas de ER, na forma de proteína e de gordura, com frangos de corte, são bem determinadas através dos métodos de calorimetria indireta (Farrell, 1974; van Milgen et al. 2001; Noblet et al. 2003) e através da técnica do abate comparativo.

A EM para manutenção é definida como a energia necessária para manter o equilíbrio dinâmico do turnover da proteína e da gordura, a temperatura corporal e o nível normal de locomoção, entre outras. Kielanowski (1965) elaborou uma equação que diferencia a energia requerida para manutenção daquela demandada para retenção de proteína e de gordura: $EM=EM_m+1/k_p ERP + 1/k_f ERG$, onde ERP representa a energia retida na forma de proteína e ERG na forma de gordura. A EM para manutenção corresponde uma grande proporção da EM ingerida pelos frangos de corte, representando de 42 a 44% (Lopez & Leeson, 2005). Estes autores obtiveram como exigência de manutenção, $155 \text{ kcal kg PV}^{0,60}$ por dia, sendo que quando baseado por kg de $PV^{0,75}$ foi 8% mais baixo dos valores estimados usando $PV^{0,60}$, sendo este último o estimador mais preciso. Em teoria, vale ressaltar que a exigência de EM para manutenção é influenciada pelas condições de alojamento, uma vez que a atividade física das aves pode representar cerca de 50% da exigência do metabolismo basal. Sakomura et al. (2011) verificaram aumento na exigência de manutenção de 20% para as aves criadas no piso em relação às gaiolas. Latshaw & Moritz (2009) verificaram que linhagens de frangos de corte menos selecionadas para ganho de peso, utilizam maior proporção da energia consumida para a manutenção, em relação às linhagens de rápido crescimento.

A eficiência de utilização da EM para produção está em função do tipo de tecido depositado, seja como ganho de proteína, de gordura ou a combinação de ambos, e ainda em função da composição da dieta, porque proteínas, gorduras e carboidratos não são utilizados com a mesma eficiência. Para suínos, Noblet (2001) estimou a eficiência de utilização da EM da gordura em 90%, do amido de 82%, da proteína de 52% e para a fibra dietética de 58%. Para frangos de corte, foram estimados valores de 60, 90 e 75% para proteína, gordura e carboidratos, respectivamente (De Groote, 1974).

A produção de calor é influenciada pela temperatura ambiente, peso da ave, consumo, genótipo, composição corpórea, empenamento e atividade física. Pequena variação na produção de calor é verificada entre 19 e 27°C. Entretanto, abaixo da zona crítica inferior as aves necessitam produzir calor para manter a sua temperatura corpórea e, acima de 27°C, energia é despendida para dissipar calor.

Os frangos de corte apresentam diferenças na eficiência de uso de cada grande grupo químico do alimento, em função do nível de consumo e da composição química e digestibilidade do alimento ingerido. De acordo com Boekholt et al. (1994), frangos em crescimento apresentam eficiências de deposição de proteína e de gordura de 0,66 e 0,85, respectivamente. A retenção de gordura e de proteína resulta de um balanço positivo entre os processos de síntese e degradação de proteína dos aminoácidos e das gorduras dos ácidos graxos e do glicerol. Eficiências semelhantes (0,65 e 0,83)

foram obtidas para suínos em crescimento (Noblet et al., 1999). Segundo MacLeod (2002), a eficiência de uso de gordura e de proteína é de 20% superior e 20% inferior em relação aos carboidratos, respectivamente. O grau de oxidação das moléculas lipídicas é menor que o dos carboidratos, e para a utilização da cadeia carbônica da proteína, semelhante a dos carboidratos, é necessária a desaminação e excreção do nitrogênio na forma de ácido úrico. O balanceamento de aminoácidos, a relação energia:proteína e o nível de consumo de energia também afetam a eficiência de deposição corporal de proteína e de gordura. Na figura 1 estão ilustradas algumas transformações biológicas e bioquímicas, associadas com a utilização dos nutrientes ingeridos e a geração de ATP, que representa a energia disponível a nível celular e que serve para diversas funções corpóreas e para a deposição de proteína e lipídeos.

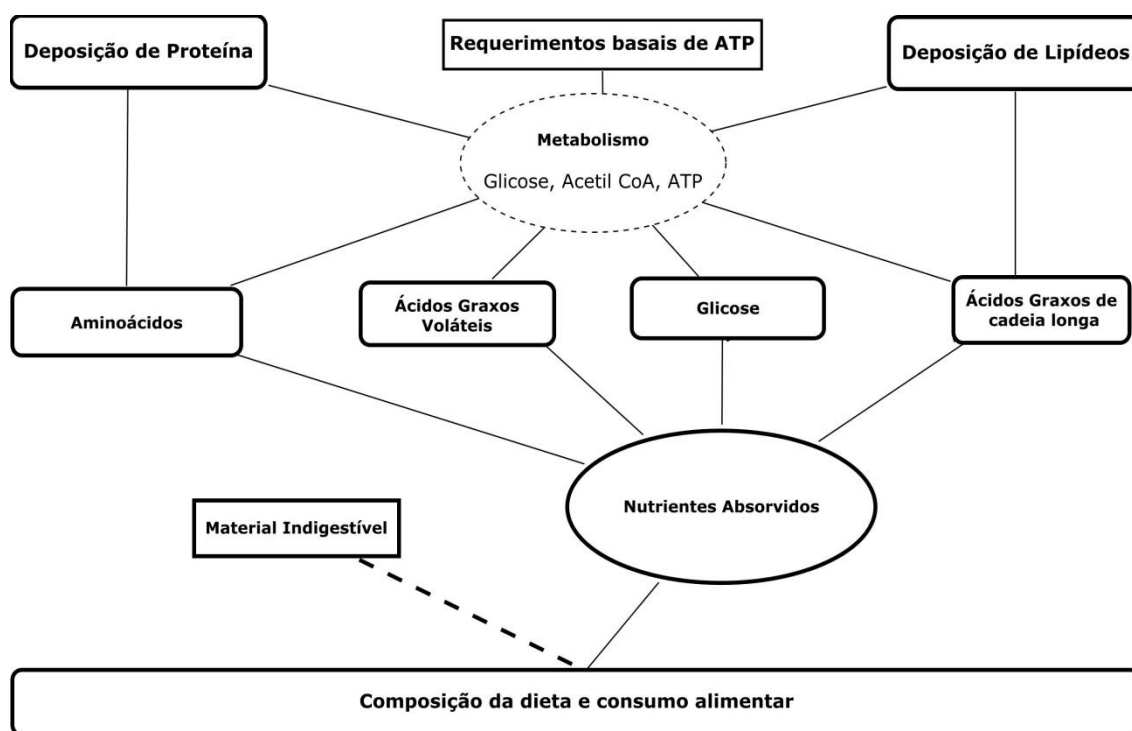


Figura 1: Representação determinística e estática dos fluxos de nutrientes e de metabólitos que representam o rendimento da utilização de energia dos nutrientes para deposição de proteína e de gordura corporais (adaptado de De Lande & Birkett, 2005).

A eficiência de uso da EM, com consumo de energia abaixo da manutenção (k_m), é maior do que a eficiência acima da manutenção (k_0). De acordo com Blaxter (1989), isso é explicado pelo menor custo de processamento, quando o substrato para a oxidação são gordura e proteína depositados, em relação à situação com processamento de nutrientes ingeridos combinado também com o custo de síntese e deposição tecidual, e com uma maior taxa de reciclagem de proteína. De acordo com Lopez & Leeson (2008), a eficiência de

utilização da EM acima da manutenção varia entre 70 e 84% para deposição de gordura em frangos adultos e entre 37 e 85% em frangos em crescimento.

Para Sakomura et al. (2011), a eficiência de utilização de EM para manutenção varia entre 0,67 e 0,80, enquanto que as eficiências para ganho ficam entre 0,57 e 0,69. Segundo estes autores, não há efeito de temperatura, genótipo e idade da ave nas eficiências de utilização de EM. Na tabela 2 encontramos os valores das eficiências de uso dos nutrientes, abaixo e acima da manutenção, segundo Blaxter (1989).

Tabela 2: Eficiência média na utilização de energia metabolizável e para deposição de gordura e proteína abaixo e acima da manutenção

Nutriente	Eficiência	
	Abaixo da manutenção	Acima da manutenção
Carboidratos	0,95	0,77
Gorduras	0,95	0,78
Proteínas	0,80	0,55
Média	0,90	0,70

Adaptado de Blaxter (1989).

2.2.3 Taxas de eficiência de utilização da EM para produção

Existem poucas estimativas da eficiência da utilização da EM para deposição de proteína e de gordura. Valores reportados na literatura (Tabela 3) apresentam alta variação, que pode ser explicada pelas fontes de variação inerentes, como a genética do animal, sexo, idade, dieta, peso e composição corpórea, tamanho dos órgãos e estágios de crescimento ou de produção, ou ainda, os métodos utilizados na sua determinação (Blaxter, 1989).

Tabela 3: Estimativas de eficiência de utilização da energia metabolizável da dieta para deposição de proteína (k_p) e gordura (k_f) corporais, conforme vários autores

Referência	k_p	k_f	Espécie
Kielanowski, 1965	0,70	0,79	Suínos
Pullar & Webster, 1977	0,45	0,74	Ratos
Boekholt et al., 1994	0,66	0,86	Frangos
van Milgen & Noblet, 1999	0,51	0,92	Suínos
Sakomura, 2004	0,45	0,69	Frangos
McKinney, 2005	0,75	0,86	Frangos

No trabalho de Sakomura et al. (2011), a eficiência da EM para deposição de energia corporal foi igual para frangos de corte machos e fêmeas. Esta eficiência foi calculada utilizando-se a fórmula: $K_g = ER_c / (EM_c - EM_m)$, sendo ER_c =energia corpórea retida; EM_c =EM consumida e EM_m =EM de manutenção. Para as condições de conforto térmico, a exigência de manutenção determinada neste trabalho foi de 112 kcal/kg^{0,75}/dia e a eficiência de uso da energia acima da manutenção foi de 0,59 e na manutenção de 0,80.

McKinney (2005) determinou a eficiência de utilização da energia metabolizável para deposição de proteína e gordura corporais, em frangos de corte machos Cobb 500, dos 15 aos 34 dias de idade. Os valores determinados por meio de análises de regressão foram de 0,75 e 0,86, para k_p e k_f , respectivamente. A energia de manutenção foi independente da idade e determinada como 114 kcal/kg $PV^{0,67}$. A análise de regressão separando energia retida em proteína e gordura, tem sido criticada devido à colinearidade entre a proteína e a deposição de tecido lipídico. Os valores da estimativa de k_f (McKinney 2005) são semelhantes aos obtidos por Leclercq & Saadoun (1982), que obtiveram k_f de 0,87, de Boekholt et al. (1994), de 0,86, enquanto van Milgen & Noblet (1999) encontraram 0,92. Para a eficiência de retenção de proteína, o valor 0,75 de McKinney (2005) é bem superior ao 0,4 encontrado por Leclercq & Saadoun (1982); de Boekholt et al. (1994), que obtiveram 0,66; e de Pullar & Webster (1977), que obtiveram k_p de 0,45. Nota-se, portanto, que existe uma considerável variabilidade entre os valores propostos que, segundo De Lange & Birkett (2005), pode ser atribuída a problemas metodológicos, em especial a interpretação estatística dos dados individuais confundindo parcialmente a energia de manutenção, a energia retida como gordura e a energia retida como proteína.

2.2.4 Curvas de crescimento e de deposição de nutrientes corporais

Na produção animal, é crescente o uso de modelos para a descrição matemática de fenômenos biológicos, como o crescimento. O crescimento corporal é determinado pela deposição de proteína, gordura, água e cinzas, através de multiplicação celular (hiperplasia), aumento no tamanho das células (hipertrofia) e pelo acúmulo de substâncias extracelulares (Zuidhof, 2005). A deposição e as proporções destes componentes individualmente em cada órgão corporal determinam a idade fisiológica das aves e seu estágio de maturidade. Para estas avaliações, existe a necessidade da utilização de modelos matemáticos, que expressem, com boa precisão, o crescimento das aves em função da idade para fins de pesquisa e programas de alimentação (Gous et al. 1999; Sakomura & Rostagno, 2007).

Entre as várias aplicações das curvas de crescimento na produção animal, Freitas (2005) destaca: 1) resumem em três ou quatro parâmetros, as características de crescimento da população, pois alguns parâmetros dos modelos não-lineares utilizados possuem interpretabilidade biológica; 2) avaliam o perfil de respostas de tratamentos ao longo do tempo; 3) estudam as interações de respostas das subpopulações ou tratamentos com o tempo; 4) identificam em uma população os animais mais pesados em idades mais precoces; 5) obtêm a variância entre indivíduos de grande interesse nas avaliações genéticas. Atualmente, as funções de crescimento de quatro parâmetros têm sido consideradas superiores para a adequada descrição do crescimento em função do tempo, em animais monogástricos, como a de Richards. Ainda, o ponto de inflexão fixo pode ser uma limitação, em funções como a de Gompertz e Logística. Em geral, o ponto de inflexão nos frangos de corte ocorre em pesos abaixo da metade do peso adulto e varia conforme a idade, sexo, linhagem e tipo de animal.

2.2.4.1 Função de Gompertz

Existem vários modelos atualmente disponíveis na literatura. Entretanto, estudiosos da área preferem a função de Gompertz para descrever o crescimento e a deposição de nutrientes nas aves. Isso se deve ao fato de que é necessário apenas o conhecimento de três parâmetros que possuam significados biológicos e de permitir um ajuste dos dados de forma semelhante ao obtido com outras funções de crescimento mais complexas. A função de Gompertz é apresentada como: $P_t = P_m \cdot \exp\{-\exp[-b \cdot (t - t^*)]\}$, em que: P_t = peso estimado (g) do animal ao tempo t (dias); P_m = peso (g) à maturidade do animal; b = constante de maturidade; t^* = idade (dias) no ponto de inflexão. Além disso, estabelece taxas de crescimento para os componentes corporais, como penas, gordura, proteína, cinzas e água, que auxiliam na definição de relações alométricas entre esses componentes. Segundo Fialho (1999), a curva de Gompertz tem propriedades desejáveis numa curva de crescimento, pois, ao contrário de outras funções, a massa corporal inicial é sempre superior a zero, o que reflete no fato de que o animal já nasce com algum peso. Para determinar o modelo matemático mais adequado para a simulação do crescimento de frangos de corte machos e fêmeas, Freitas (2005) compararam equações não lineares de Gompertz, Richards, Logística, Bertalanffy e de regressão polinomial até 3º grau. Baseando-se nos valores do coeficiente de determinação, quadrado médio residual e interpretabilidade biológica dos parâmetros, estes autores concluíram que o modelo que mais se ajusta aos dados de pesagens, em ambos os sexos, foi a equação de Gompertz, onde 99% da variação total existente durante a fase de crescimento das aves foi explicada pelo modelo.

A equação de Gompertz foi utilizada pela primeira vez pelo geneticista Wright (1926), para descrever a função de crescimento do todo e das partes do animal. Cada tipo de animal (indivíduo) apresenta sua própria curva de crescimento, que deve ser determinada em condições ambientais adequadas de criação. Nos frangos de corte, diferentes linhas genéticas e sexos podem diferir em vários aspectos, como peso à maturidade, composição e proporção dos componentes químicos, que afetam as características da curva de crescimento. A simulação do crescimento e da deposição de componentes corporais, através de modelos matemáticos como a equação de Gompertz, contribuiu para estimar o peso vivo dos frangos de corte e o crescimento dos componentes corporais em função da idade, em idades nas quais não foram feitas pesagens, para comparar o crescimento corporal relativo entre sexo, estimar a conversão alimentar, o consumo e o ganho de peso diário, bem como para realizar análises econômicas.

2.2.4.2 Parâmetros das equações

O crescimento biológico do frango de corte segue padrão sigmoidal, com uma taxa de crescimento inicial lenta, mas que aumenta com a idade da ave até certo ponto (aceleração), quando atinge a taxa máxima (ponto de inflexão), e a partir daí diminui gradualmente (desaceleração). Após o ponto de inflexão da curva, a inclinação passa de côncava para convexa, correspondendo à idade de máximo crescimento (Kessler et al. 2000).

O peso corporal tende a atingir um valor máximo dado pelo parâmetro ***Pm*** da função, que teoricamente só seria alcançado após um tempo infinito, mas pode ser extrapolado a partir dos dados experimentais. As características da curva de Gompertz giram em torno do ponto de inflexão em que a taxa de crescimento é máxima. A idade em que ocorre o ponto de inflexão é dada pelo parâmetro ***t**** da função. O outro parâmetro da função é o ***b***, que indica a taxa de crescimento relativo no ponto em que o crescimento é máximo. O ganho diário de peso, em g/dia, é dado pela derivada da equação de Gompertz.

Em trabalho clássico, Gous et al. (1999) descreveram o desenvolvimento (carcaça, peito e penas), deposição de proteína, gordura, água e cinzas de duas linhagens de frangos de corte através da curva de Gompertz. Os valores dos parâmetros da equação determinados neste trabalho estão apresentados na tabela 4, juntamente com resultados de outros autores. Podemos destacar que na fase final, os machos apresentaram significativamente menor quantidade de lipídeos e maior quantidade de proteína e água que as fêmeas.

Com o objetivo de avaliar o potencial de crescimento dos frangos machos e fêmeas da linhagem Ross em termos de peso corporal, peso das penas e composição química corporal, Longo (2000) observou que os machos possuem maior potencial de crescimento e conseqüentemente maior capacidade em depositar nutrientes em relação às fêmeas, exceto para a deposição de gordura. Embora os machos tenham apresentado maiores taxas de crescimento corporal em relação às fêmeas, o comportamento das curvas de crescimento foi o mesmo, havendo um crescimento acelerado até 42 dias e a partir dessa idade as taxas de crescimento foram reduzindo. O comportamento das taxas de deposição protéica foi diferente entre os sexos, sendo maior nos machos.

Nos trabalhos de Gous et al. (1999) e Longo (2000), as taxas à maturidade de deposição de gordura foram maiores para os machos comparados com as fêmeas. Boekholt et al. (1994) observaram que frangos de corte de crescimento lento e mesmo peso final, apresentaram menor deposição de lipídeo e maior deposição de proteína do que os animais de crescimento rápido. De acordo com Kessler et al. (2000), quanto maior e mais prolongado o platô de deposição de proteína, mais eficiente será o animal para produzir carne e melhor será a composição de carcaça.

As linhagens avícolas atualmente disponíveis podem ser distinguidas, de acordo com a velocidade de ganho de peso, em rápido e lento crescimento. Diferenças nas taxas de aceleração do ganho de peso e no ganho de peso absoluto podem ser observadas através da análise das curvas de crescimento destas linhagens (Gous et al. 1999; Eits et al. 2003). Em razão de distintos objetivos aplicados na seleção genética de frangos de corte, nas últimas décadas, os parâmetros das equações de crescimento diferem em vários aspectos, quando comparamos diferentes genótipos e sexos, como podemos observar nos valores apresentados nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Parâmetros das equações de Gompertz para o peso vivo de linhagens de frangos de corte de alto x médio e baixo desempenho produtivo, conforme vários autores

Autores	Linhagem	Idade (dias)	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas
			A (g)		B (por dia)		C (dias)	
Linhagens de Alto Desempenho								
Marcato et al. (2008)	Ross	56	6627,8	4657,7	0,0420	0,0468	39,19	34,41
Marcato et al. (2008)	Cobb-500	56	6812,3	4282,8	0,0416	0,0510	39,41	32,07
Brito (2007)	Ross	42	4356,3	3550,7	0,05355	0,0526	32,88	30,58
Santos et al. (2005)	Cobb-500	42	5723,0	4704,0	0,0389	0,0367	37	36
Sakomura et al. (2005)	Ross	112	6050,0	4801,0	0,0389	0,0362	39,0	38,0
Pophal (2004)	Cobb-500	49	Média = 6110,0		Média = 0,0458		Média = 34,8	
Pophal (2004)	Ross-308	49	Média = 6694,0		Média = 0,0431		Média = 37,2	
Figueiredo et al. (2003)	Ross	85	Média = 5557,0		-	-	Média = 59,7	
Gous et al. (1999)	Ross x Arbor Acres	112	6087,0	5217,0	0,0382	0,0355	42,7	44,9
Gous et al. (1999)	Steggles x Arbor Acres	112	5888,0	4805,0	0,0375	0,0367	43,5	43,4
Hancock et al. (1995)	6**	182	5171 a 6145	4279 a 4705	0,0355 a 0,0371	0,0363a 0,0382	39,2 a 41,8	41,9 a 44,2
Linhagens de Médio e Baixo Desempenho								
Dourado et al. (2009)	Isa Label JA 57*	84	3874,2	2911,3	0,0283	0,0298	49,28	45,28
Dourado et al. (2009)	Sassô*	84	4301,0	3156,7	0,0287	0,0306	49,62	44,10
Santos et al. (2005)	Paraíso Pedrês	63	4764,0	4222,0	0,0318	0,0264	44	48
Santos et al. (2005)	Isa Label	77	4320,0	3136,0	0,0280	0,0237	52	53
Figueiredo et al. (2003)	Label Rouge	85	Média = 3471,0		-	-	Média = 49,30	
Figueiredo et al. (2003)	Embrapa 041	85	Média = 3961,0		-	-	Média = 49,08	

*Linhagens Pescoço Pelado. ** 6 linhagens: Ross 708, Ross 788, Ross 608, Ross 688, Hubbard e Hybro (linhagens disponíveis na indústria avícola da África do Sul, em 1995).

Tabela 5: Parâmetros das equações de Gompertz para os componentes corporais de linhagens de frangos de corte de alto desempenho produtivo, conforme vários autores

Autores/variáveis	Linhagem	Idade	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas
			A (g)		B (por dia)		C (dias)	
Sakomura et al. (2005)								
Peso Vivo, sem penas	Ross	112	5.939	4.457	0,0356	0,0349	42	39
Peso Penas	Ross	112	213	180	0,0653	0,0588	31	30
Proteína Corporal	Ross	112	616	368	0,0483	0,1092	31	25
Gordura Corporal	Ross	112	818	1234	0,0455	0,0297	42	56
Água Corporal	Ross	112	3773	2313	0,0327	0,0379	43	34
Cinzas Corporais	Ross	112	201	127	0,0283	0,0320	50	42
Marcato et al. (2008)								
Peso Vivo, sem penas	Cobb-500	56	6.715,5	3.999,1	0,041	0,041	40,34	31,8
Água Corporal	Cobb-500	56	4.027,9	2.342,6	0,045	0,054	37,3	29,2
Cinzas Corporais	Cobb-500	56	173,83	87,35	0,051	0,082	34,1	23,8
Peso Vivo, sem penas	Ross	56	6.351,5	4.319,0	0,042	0,042	39,2	33,9
Água Corporal	Ross	56	3215,7	2269,9	0,052	0,057	32,7	28,9
Cinzas Corporais	Ross	56	360,3	115,1	0,038	0,061	52,6	29,1
Gous et al. (1999)								
Peso Vivo, sem penas	Ross x Arbor Acres	112	5.735,0	4.820,0	0,0371	0,0350	43,6	45,2
Proteína Corporal	Ross x Arbor Acres	112	1.010,0	717,0	0,0356	0,0366	46,5	43,6
Gordura Corporal	Ross x Arbor Acres	112	1.069,0	1.669,0	0,0371	0,0292	49,5	65,7
Água Corporal	Ross x Arbor Acres	112	3.400,0	2.356,0	0,0379	0,0396	41,4	37,6
Cinzas Corporais	Ross x Arbor Acres	112	154	151	0,0382	0,0352	44,3	44,7
Peso Vivo, sem penas	Steggles x Arbor Acres	112	5.539,0	4.545,0	0,0366	0,0354	44,4	44,8
Proteína Corporal	Steggles x Arbor Acres	112	1.003,0	697,0	0,0354	0,0372	47,6	43,3
Gordura Corporal	Steggles x Arbor Acres	112	923,0	1.221,0	0,0371	0,0320	50,9	60,5
Água Corporal	Steggles x Arbor Acres	112	3.389,0	2.399,0	0,0368	0,0385	42,7	38,9
Cinzas Corporais	Steggles x Arbor Acres	112	143,0	131,0	0,0381	0,0352	45,6	47,8

2.3 Balanço de Carbono corpóreo no frango de corte

De acordo com Brouwer (1965), no 1º Simpósio sobre Metabolismo da Energia, foi constituído um pequeno comitê (K.L. Blaxter, Scotland; K. Nehring, Germany – D.D.R.); W. Wöhlbier, Germany – D.D.R.; E. Brouwer, Netherlands), para discutir e apresentar valores de constantes e de fatores, que pudessem ser utilizados nos cálculos do metabolismo da energia. Neste comitê, foi reconhecido que alguns destes valores não constituíam constantes, no sentido real, mas sim médias, cujos valores de consenso estão apresentados na tabela 6.

Tabela 6: Constantes para proteína, gordura e carboidratos quando oxidados no organismo animal

	Carbono (%)	Consumido na oxidação de 1 g		Produto da oxidação de 1 g			Q.R.
		O ₂ (g)	O ₂ (L)	CO ₂ (g)	CO ₂ (L)	Calor (kcal)	
Proteína*	52,00	1,36	0,96	1,52	0,77	4,40	0,81
Gordura	76,70	2,87	2,01	2,81	1,43	9,50	0,71
Amido	44,45	1,18	0,83	1,62	0,82	4,20	1,00
Sacarose	42,11	1,12	0,78	1,54	0,78	3,96	1,00
Glicose	40,00	1,06	0,74	1,46	0,74	3,74	1,00

* A composição da proteína é: N=16%, C=52% e kcal/g= 5,7.

Fonte: Brouwer (1965)

As constantes físicas para os pesos atômicos do C, O, H e N acordadas foram 12,011; 15,999; 1,008 e 14,007, respectivamente. Com base nas constantes da tabela 6, estes autores elaboraram as seguintes equações:

- Proteína (P, g) do nitrogênio (N, g): **$P = 6,25 \times N$**
- Carbono (C, g) do nitrogênio na proteína (N, g): **$C = 325 \times N$**
- Gordura (G, g) do carbono (C, g) na gordura: **$G = 1,304 \times C$**
- Balanço de energia (E, kcal) do balanço de carbono (C, g) e do balanço de nitrogênio (N, g): **$E = 12,388 \times C - 4,636 \times N$**
 - Produção de calor (H, kcal) do oxigênio consumido (O₂, L), dióxido de carbono produzido (CO₂, L), produção de metano (CH₄, L) e nitrogênio na urina (N, g): **$H = 3,866 \times O_2 + 1,200 \times CO_2 - 0,518 \times CH_4 - 1,431 \times N$**
 - Produção de calor (kcal) = **$\{(16,18 \times \text{oxigênio consumido}) + (5,02 \times \text{dióxido de carbono produzido})\} \times 4,184$** .

A produção de CO₂ pelos animais é derivada da sua taxa de metabolismo energético, que está relacionada com o nível de alimentação e com a composição da dieta (Brouwer 1965). Para a mensuração das emissões de CO₂ pelos animais, a calorimetria indireta é uma metodologia clássica, baseada no quociente respiratório (QR), constituído pela relação dióxido de carbono produzido/oxigênio consumido. Uma estimativa do QR pode ser baseada na composição dos nutrientes da dieta (proteína, gordura e carboidratos) e da composição do ganho de peso, em termos de tecido protéico e gordura (tabela 6).

Quando os animais são alimentados num nível próximo da manutenção, o QR tende a ser baixo e aumenta com alto nível de consumo. A produção de CO₂ pelo animal aumenta de forma linear com o aumento do QR, sendo que a produção de CO₂, por unidade de calor produzido, é de cerca de 0,16 m³h⁻¹hpu⁻¹ (1 hpu=1000 W de calor do animal, a 20°C) a um QR de 0,9, aumentando para 0,20 m³h⁻¹hpu⁻¹ com o aumento do QR para 1,2 (Pederson et al. 2008). Esta relação é verdadeira para bovinos de corte, suínos e frangos de corte, confirmada em medições em câmaras respiratórias realizadas na Dinamarca e na Holanda.

A produção de CO₂ pelo frango de corte é proporcional à sua produção de calor, que corresponde a aproximadamente 1,5 l/h/kg de peso vivo, equivalente a 2,946 g CO₂/h/kg de peso vivo (Knížatoná et al. 2010 b). Em termos práticos, num aviário de 25 mil aves com 2 kg de peso vivo, haverá uma emissão de 147,3 kg de CO₂ por hora, como consequência da respiração das aves.

O método do balanço de carbono e de nitrogênio é utilizado há várias décadas para estimar a retenção de energia. A composição em C dos alimentos e dos tecidos animais é passível de estimativa precisa, uma vez que estes são compostos por proteínas, gorduras e carboidratos, cujo teor de C é calculável a partir da composição das suas moléculas formadoras: aminoácidos, ácidos graxos e monossacarídeos (Blaxter, 1989). Skinner-Noble & Teeter (2003) avaliaram o balanço corpóreo de C de frangos de corte com diferentes intensidades de seleção para eficiência alimentar e verificaram que a linhagem mais selecionada apresentou a mesma proporção de C depositado no organismo e expirado como gás, ambos representando cerca de 40% do C ingerido. A linhagem menos selecionada para eficiência alimentar, apresentou 46,7% do C consumido expirado como gás e o C corpóreo representou 34,76% do C consumido.

2.3.1 Carbono Ingerido

As dietas práticas dos frangos de corte são constituídas para atender às necessidades nutricionais, utilizando grãos, co-produtos, aditivos, vitaminas e minerais. O C ingerido pelo frango de corte está presente basicamente na proteína, na gordura, nos carboidratos e no CaCO₃. Este C pode ser quantificado, considerando o C de cada molécula destes componentes, como os aminoácidos, glicerol e ácidos graxos, amido e demais CHOs e no CaCO₃. O carbonato de Ca apresenta 12% de C na forma pura, sendo que no ingrediente, a concentração é de 10,8%. Nos fosfatos de Ca, o teor de C é bastante baixo, podendo ser considerado desprezível.

Na tabela 7 podemos observar a composição aminoacídica dos dois principais ingredientes utilizados nas dietas: milho e farelo de soja, bem como a digestibilidade dos aminoácidos. O óleo de soja é a principal fonte de suplementação energética das dietas dos frangos de corte, cuja composição em ácidos graxos está apresentada na tabela 8.

Tabela 7: Concentrações de aminoácidos (aa), teor de carbono ponderado* (%Cp) e coeficientes de digestibilidade aparente (CDAaa) dos aminoácidos do milho e do farelo de soja

	Milho			Farelo de Soja		
	aa (g/kg)	% Cp	CDAaa (%)	aa (g/kg)	% Cp	CDAaa (%)
Proteína Bruta	84,4		74,4	483		79,3
Aminoácidos Essenciais						
Arginina	04,4	2,47	82,1	35,6	5,83	87,9
Histidina	02,8	2,31	82,3	14,0	2,04	82,9
Isoleucina	03,1	8,42	78,3	23,7	2,92	82,8
Leucina	11,3	2,32	87,9	38,8	4,78	83,4
Lisina	02,8	4,13	72,9	30,6	4,20	84,4
Fenilalanina	04,4	2,03	82,5	25,3	3,93	83,0
Treonina	03,0	2,78	66,0	18,4	2,06	73,6
Valina	04,5	3,00	76,4	25,8	2,84	81,6
Aminoácidos Não-essenciais						
Alanina	06,4	3,24	85,0	20,9	1,75	82,3
Ac. Aspártico	05,5	4,36	72,0	56,8	6,20	78,6
Glicina	03,3	3,62	67,8	20,0	1,41	79,3
Ac. Glutâmico	17,2	12,72	88,0	90,1	11,02	83,4
Serina	03,7	1,40	73,3	20,9	2,07	80,0
Tirosina	02,7	2,21	74,3	19,5	3,32	84,7
Total	75,1	55,03	77,4	440,4	54,37	81,6

*Calculado pelo autor, com base no carbono e no peso molecular ponderados dos aminoácidos.

Fonte: Ravindran et al. (1999)

O consumo de carbono total e de carbono digestível pode ser calculado pelas fórmulas:

O cálculo do carbono ingerido = consumo de alimento * teor de proteína no alimento * teor de C na proteína + consumo de alimento * teor de gordura no alimento * teor de C na gordura + consumo de alimento * teor de carboidratos no alimento * teor de C nos carboidratos.

O carbono digestível ingerido = consumo de alimento * teor de proteína no alimento * teor de C na proteína * digestibilidade da proteína + consumo de alimento * teor de gordura no alimento * teor de C na gordura * digestibilidade da gordura + consumo de alimento * teor de carboidratos no alimento * teor de C nos carboidratos * digestibilidade dos carboidratos.

Tabela 8: Composição percentual dos ácidos graxos, teor de carbono calculado (%Cc) e teor de glicerol calculado do óleo de soja e do óleo de milho, conforme vários autores

Ácidos Graxos	Estrutura Química	Óleo de Milho ^{***}	Óleo de Milho [#]	Óleo de Soja [#]	Óleo de Soja [*]	Óleo de Soja ^{**}	Óleo de Soja ^{***}
Mirístico	C 14:0	0,00	0,00	0,60	-	0,10	0,10
Palmítico	C 16:0	10,90	12,20	11,30	12,91	9,76	10,30
Palmitoléico	C 16:1	0,00	0,50	0,30	5,92	0,20	0,20
Esteárico	C 18:0	1,80	0,70	3,90	1,69	3,77	3,80
Oléico	C 18:1	24,20	24,70	27,20	28,03	23,32	22,80
Linoléico	C 18:2	59,00	60,50	49,80	48,73	52,78	51,00
Linolênico	C 18:3	0,70	1,40	7,50	2,46	6,97	6,80
Araquidônico	C 20:4	0,00	0,00	0,00	0,24	-	0,20
Σ Saturados	(C 16:0 + C 18:0)	12,70	12,90	15,20	14,60	13,53	14,10
Σ Monoinsaturados	(C 16:1 + C 18:1)	24,20	25,20	27,50	33,95	23,52	23,00
Σ Poliinsaturados	(C 18:2 + C 18:3 + C20:4)	59,70	61,90	57,3	51,43	59,75	58,00
Total de AG	-	96,6	100,0	100	99,98	96,9	95,2
(%Cc)	-	77,23	77,22	77,21	77,11	77,27	77,25
% Glicerol		5,32	5,32	5,29	5,46	5,32	5,32

Fontes: *Lara et al. (2005); **Rostagno et al. (2011) (na MN); ***NRC-Suínos (1998). #NRC-Aves (1994).

2.3.2 Carbono depositado nos tecidos corpóreos

Para a avaliação da composição corporal de frangos de corte, além da técnica do abate comparativo, é possível fazer uso das medidas de C, N, conteúdo energético das dietas e das excretas, e a produção de CO₂ (Farrel, 1974). Esta técnica assume alguns pressupostos: 1) Que a energia é retida apenas na forma de tecidos adiposo e proteína; 2) A composição da gordura e da proteína é constante; 3) Os tecidos adiposo e protéico têm composição semelhante a outras espécies. No trabalho de McKinney (2005), a proporção média de carbono na proteína e na gordura de frangos de corte foi determinada como sendo 52,96±0,14 e 74,0±1,4%, respectivamente (tabela 9) e no total da carcaça de 59,4±0,41.

Tabela 9: Concentrações de carbono e nitrogênio na carcaça inteira de frangos de corte e as frações¹ de proteínas e gorduras corporais (%)

Variável	Total Carcaça		Proteína		Extrato Etéreo
	C	N	C	N	C
1	61,0	10,9	52,9	15,5	80,0
2	58,8	12,4	53,4	15,9	79,9
3	61,1	11,0	52,9	15,9	79,5
4	60,6	10,8	52,5	15,7	78,9
5	61,2	9,60	53,6	16,0	74,3
6	58,5	10,2	52,6	15,7	70,6
7	58,2	10,3	52,2	15,6	71,6
8	59,2	10,0	53,6	16,3	69,9
9	60,1	9,60	52,5	16,0	72,9
10	59,3	9,90	53,5	15,9	71,0
11	57,0	10,0	52,7	15,9	65,3
12	57,5	11,3	53,3	15,8	68,9
Média	59,4	10,5	52,9	15,9	74,0
EPM	0,41	0,24	0,14	0,06	104

¹ Na matéria seca, livre de cinzas.

Fonte: McKinney (2005).

Analisando os valores publicados sobre o assunto, observa-se pequena variação nas concentrações de C na proteína e na gordura, conforme apresentado na tabela 10.

Tabela 10: Concentrações de carbono (C) e de nitrogênio (N) na proteína e na gordura corporais e predição de extrato etéreo, conforme vários autores

Referência	Tecido	C(%)	N(%)	EE (%) ¹
Armsby (1903)	Proteína	52,5	16,7	24,7
	Gordura	76,5	-	
Blaxter & Rook (1953)	Proteína	51,2	16,0	24,5
	Gordura	74,8	-	
Brouwer (1965)	Proteína	52,0	16,0	23,3
	Gordura	76,7	-	
McKinney (2005)	Proteína	52,9	15,9	22,8
	Gordura	74,0	-	

¹ Calculado pelo autor: carbono total – (proteína x carbono na proteína)/carbono na gordura).

A retenção de carbono pode ser calculada através da retenção de proteína * teor de C na proteína + retenção de gordura * teor de C na gordura.

2.3.2.1 Carbono depositado na proteína

A estimativa do C na proteína, com base na composição aminoacídica da proteína do frango de corte e a quantidade de C em cada molécula dos aminoácidos, foi de **53,55%**, valor semelhante ao de McKinney (2005), que obteve 52,9. O cálculo está baseado nos dados apresentados na

tabela 11, considerando o somatório da média ponderada do peso molecular de cada aminoácido (125,66), o somatório do percentual ponderado de C (45,89) e o peso metabólico da oxidrila + hidrogênio ($\text{OH}+\text{H}\rightarrow\text{PM}=18$) liberados em cada ligação peptídica. O C médio (g) = 57,66 ($45,89/100*125,66$); peso molecular médio do peptídeo=107,65 (125,66-18), e por fim, **C%Prot= 53,55** ($57,66/107,65$).

Tabela 11: Conteúdo (%), peso molecular (PM), número de átomos na molécula, carbono ponderado (%Cp) e peso molecular ponderado (PMp) dos aminoácidos essenciais e não essenciais da proteína da carcaça do frango de corte

Aminoácidos	%	PM	C	H	O	N	S	% Cp	PMp
Aminoácidos Essenciais									
Histidina	2,91	155	6	9	2	3		1,34	4,51
Isoleucina	4,07	131	6	13	2	1		2,22	5,33
Leucina	7,59	131	6	13	2	1		4,14	9,94
Lisina	7,50	146	6	14	2	2		3,67	10,95
Metionina	1,76	149	5	11	2	1	1	0,70	2,06
Fenilalanina	4,05	165	9	11	2	2		2,63	6,68
Treonina	4,50	119	4	9	3	1		1,80	5,36
Triptofano	0,77	204	11	12	2	2		0,49	1,57
Tirosina	3,03	181	9	11	3	1		1,79	5,48
Valina	5,33	117	5	11	2	1		2,71	6,24
Aminoácidos não essenciais									
Alanina	6,81	89	3	7	2	1		2,73	6,06
Arginina	7,02	174	6	14	2	4		2,88	12,21
Ac. Aspártico	9,30	116	4	6	3	1		3,81	10,79
Ac. Glutâmico	14,7	130	5	8	3	1		6,73	19,11
Glicina	8,50	75	2	5	2	1		2,70	6,38
Cisteína	1,73	121	3	7	2	1	2	0,51	1,54
Prolina	6,78	115	5	9	2	1		3,51	7,80
Serina	4,53	105	3	7	3	1		1,54	4,76
Total	100,88							45,89	125,66

Fonte: Adaptado de Yadalan (2005).

2.3.2.2 Carbono depositado na gordura

A composição de ácidos graxos da gordura abdominal, músculo do peito e da coxa do frango de corte pode ser manipulada mediante mudança na composição de ácidos graxos da dieta (Hrdinka et al. 1996), dependendo da fonte lipídica utilizada, sua origem e composição em ácidos graxos. A quantidade total de gordura na carcaça, por sua vez, varia principalmente em função da linhagem, sexo, relação energia/proteína da dieta, nível de inclusão e grau de saturação dos ácidos graxos da dieta. Nas dietas práticas utilizadas no Brasil, é bastante usual o óleo de soja nas dietas e em menor escala, a gordura de frango.

Na tabela 12 estão apresentados resultados do perfil de ácidos graxos na gordura do frango, publicados no Brasil. O teor de carbono na

gordura do frango, calculada através do perfil médio de ácidos graxos apresentados na tabela 12, considerando o peso metabólico de cada ácido graxo e sua contribuição ponderada no triglicérideo, acrescido do peso metabólico do glicerol, foi de 76,85%, corroborando com os dados de vários autores, apresentados na tabela 10. O teor de glicerol médio calculado foi de 5,45%.

2.3.3 Carbono Excretado

O total de C presente nas excretas representa o somatório do C fecal e do C urinário. O C fecal pode ser calculado pela diferença entre o consumo de C total e o consumo de C digestível. O C urinário é calculado por = $((\text{Consumo de N digestível} - \text{N retido})/0,3333) \cdot 0,3572$. O ácido úrico contém 33,33% de N e 35,72% de C.

2.4 Balanço de Carbono na cama de frango

Na produção de frangos de corte, a cama para aviários representa um recurso que impacta na qualidade do produto final e na produtividade. A cama absorve umidade, dilui uratos e fezes, fornece isolamento térmico e proporciona uma superfície de contato adequada para as aves, evitando a formação de calos de peito e de pé. De acordo com Kelleher et al. (2002), a mistura dos dejetos com a cama é composta predominantemente por água e carbono, com menores quantidades de nitrogênio e fósforo e leves traços de cloro, cálcio, magnésio, sódio, manganês, ferro, cobre, zinco e arsênico. 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).

2.4.1 Fermentação

O dióxido de carbono é um produto da degradação microbiana de matéria orgânica, em condições aeróbicas e anaeróbicas. 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. Em condições anaeróbicas, o dióxido de carbono é um dos produtos da decomposição da matéria orgânica. Sob estas condições, o dióxido de carbono é formado como um subproduto das reações de decomposição, envolvendo complexos de compostos orgânicos que contêm oxigênio.

No processo de fermentação da cama de frango, ocorre liberação de CO₂ como um produto da quebra aeróbica do ácido úrico e de outros compostos orgânicos. Ao final do lote (35 dias), a emissão de CO₂ decorrente da cama nova (6 cm maravalha) pode representar cerca de 20% do total, podendo apresentar grande variação em função do reuso da cama para lotes sucessivos e manejo da cama (Calvet et al. 2011b). Quando se utiliza cama nova, espera-se menor atividade microbiana e conseqüentemente, menor emissão de CO₂ ao final do lote.

Tabela 12: Perfil de ácidos graxos e teor de carbono calculado (Cc) na gordura da carne de frangos de corte alimentados com dieta a base de milho, farelo de soja e óleo de soja

Ácido Graxo	Potença et al. (2010) ¹	Potença et al. (2010) ²	Lara et al. (2006)	Novello et al. (2008) ¹	Novello et al. (2008) ²	Rostagno et al. (2011).*
C14:0 (mirístico)	0,320	0,290	0,290	0,480	0,490	1,010
C16:0 (palmítico)	19,35	19,02	27,89	21,12	22,29	21,05
C16:1 (palmitoleico)	3,240	3,010	6,810	4,250	5,710	5,480
C18:0 (esteárico)	5,910	5,570	7,260	7,130	6,450	6,840
C18:1 (oleico)	36,56	34,95	40,91	41,92	40,90	43,31
C18:2n-6 (linoleico)	32,93	34,90	15,51	23,59	22,65	20,99
C18: 3n-3 (linolênico)	1,980	2,280	1,320	1,510	1,500	1,320
AG saturados	25,59	24,87	35,44	28,73	29,23	28,18
AG monoinsaturados	39,50	37,95	47,72	46,17	46,62	49,29
AG poliinsaturados	34,91	37,18	16,83	25,10	24,15	22,53
Somatório	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00
Cc (%)	77,13	76,95	76,65	76,82	76,79	76,78
Glicerol calculado (%)	5,43	5,44	5,46	5,45	5,45	5,45
Corte avaliado	Coxa e sobrecoxa		Carcaça	Peito	Coxa e sobrecoxa	Gordura aves
Idade	42 dias		45 dias	40 dias	40 dias	-
Linhagem/sexo	Cobb 500/macho		Ross/macho	Ross/macho	Ross/macho	-

¹Experimento 1: inclusão de 3% de óleo de soja na dieta inicial (1-21 dias) e 4,5% na de crescimento (22 a 42 dias)

²Experimento 2: Idem experimento 1. *Rostagno et al. (2011).

2.4.2 Emissão de GEE na cama de frango

A agricultura representa entre 10 a 12% das emissões globais de GEE, sendo que os dejetos animais e sua utilização representam 13% das emissões da agricultura (Fournel et al. 2012). No Brasil, existe produção significativa de cama de frango, dado o grande rebanho existente e a reutilização da cama por até 6 lotes, numa situação de ausência de problemas sanitários (algumas empresas já reutilizam a cama por mais lotes, chegando a 12). Durante o desenvolvimento do lote, na estocagem e na utilização desta cama, ocorre a formação e liberação de CO_2 , N_2O , CH_4 , entre outros gases, como H_2O , NH_3 e N_2 . As emissões de metano e óxido nitroso são menores de 1 g por ave produzida, sendo que estas estimativas têm incertezas elevadas, pois as concentrações medidas estão muito perto do limite de medição do monitor (aparelho) de medição destes gases.

A emissão de CO_2 e de outros GEE obedece a uma dinâmica complexa, influenciada por propriedades da cama, do tipo de material, da umidade, da relação C:N do substrato e especialmente do manejo da cama. Em geral, a emissão de CO_2 pela cama é expressa como um percentual do emitido pelos frangos. Calvet et al. (2011b) estudaram as emissões de gases e de poeira na produção de frangos de corte. A emissão de CO_2 antes do abate dos animais, obtida no intervalo dos 30 ao 33º dia antes do abate, foi de 6,81 L/animal/h, resultante dos animais e da cama. Nas primeiras 24 horas após o abate dos animais, as emissões foram de 1,36 L/animal/h, sendo a cama a única fonte do CO_2 emitido. Por diferença, o CO_2 emitido pelos frangos foi de 5,45 L/animal/h. Neste estudo, verificou-se que o CO_2 emitido pela cama representou 20% do emitido pelos animais na fase final antes do abate, aos 35 dias, representando 2,66 g/frango/h, no 35º dia do lote. Este valor contrasta com os percentuais menores reportados na literatura. Van Ouwerkerk & Pedersen (1994) 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 CO_2 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 $\text{CO}_2/\text{m}^2/\text{h}$ no inverno e de 27,2 g $\text{CO}_2/\text{m}^2/\text{h}$ no verão.

Fournel et al. (2012) realizaram um estudo comparativo para identificar o sistema de produção de ovos de menor impacto ambiental. Cada um dos 3 sistemas consistiu de 4 níveis de gaiolas, sendo que no sistema (1) os dejetos foram recolhidos numa calha fechada abaixo das gaiolas e se apresentaram na forma líquida (adição de água da limpeza), e nos outros sistemas, os dejetos foram recolhidos por uma esteira recolhadora e desidratados naturalmente (2) ou por circulação forçada de ar (3). No sistema 2 e 3, as emissões de CO_2 foram menores (28,2 e 28,7 kg/poedeira/ano, respectivamente), CH_4 (25,3 e 27,7 g/poedeira/ano, respectivamente) e N_2O (2,60 e 2,48 g/poedeira/ano, respectivamente). Estas emissões representam reduções de cerca de 21, 16 e 9% em comparação ao sistema 1 (36,0 kg CO_2 /poedeira/ano, 31,6 g CH_4 /poedeira/ano e 2,78 g N_2O /poedeira/ano, respectivamente). De acordo com estes autores, a mudança para sistemas os sistemas 2 ou 3 precisa ser estimulada, uma vez que este sistema diminui em 12% a emissão média de GEE, sendo importante medida de mitigação.

Meda et al. (2011) em revisão de literatura, identificaram a influência de práticas e condições de criação na emissão de GEE, verificando que a idade e o peso ao abate são as maiores fontes de variação nos inventários nacionais de emissões. Dentre as possibilidades de mitigação, ressaltam a manipulação da dieta dos animais, com redução da proteína bruta, uso de aminoácidos sintéticos, alimentação por fases, acidificação das dietas, ajustes nas taxas de ventilação e temperatura interna dos aviários. Acerca da cama, fatores como umidade, teor de N, pH, tipo de cama, bem como a utilização de tratamentos da cama, como acidificação e inibidores de urease, podem ser alternativas tecnológicas para mitigar a emissão de GEE na avicultura.

2.5 Emissões globais de GEE na cadeia produtiva de frangos de corte

O consumo total de energia no aviário (aquecimento, energia elétrica, para manejos, etc..) representou 25% das emissões de CO₂ na produção de frangos de corte, enquanto que a energia utilizada na produção e no transporte dos grãos e concentrados, representaram cerca de 70% das emissões de CO₂ de toda a cadeia, no trabalho de Spedding et al. (1983). Para realizar uma avaliação ambiental ampla do uso de materiais e de energia e das emissões, em toda a cadeia de suprimentos da avicultura, Pelletier (2008) aplicou o método da análise do ciclo de vida (ACV) para avaliar a sustentabilidade ambiental da avicultura americana. A conclusão foi que o fornecimento de alimento para aves representa 80% do uso de energia e 82% das emissões de GEE. Na Inglaterra, Leinonen et al. (2012), avaliaram a sustentabilidade de diferentes sistemas de produção de frangos de corte através da ACV, onde a produção de ração, processamento e transporte resultaram em maiores impactos ambientais, representando 65 a 81% do consumo de energia primária e de 71 a 72% do potencial de aquecimento global. A utilização de gás e de petróleo teve o segundo maior impacto, variando de 12 a 25%, seguido pelo uso de eletricidade nas propriedades. Para Xin et al. (2011) e Alvarenga et al. (2012), a metodologia da análise do ciclo de vida é bastante robusta e adequada para avaliação de impactos de um determinado produto, pois considera a entrada e saída de recursos e energia do início ao fim do processo produtivo, envolvendo a produção de matérias primas, produção, distribuição, consumo, reuso e reciclagem e destino final do produto, proporcionando resultado sistêmico e representativo.

Pesquisadores Dinamarqueses (Nielsen et al. 2011) estudaram a emissão de GEE na produção de frangos, em seu país, através da metodologia de ACV. Neste estudo, o peso vivo médio foi de 2,127 g e de carcaça de 1,489, acrescido de 181 g de subprodutos (coração, fígado, pés, pescoço), também utilizados para consumo humano. O potencial de aquecimento global de um frango embalado no frigorífico, pronto para expedição, foi estimado em 3,85 kg CO₂e (correspondente a 2,31 kg de CO₂e por kg de carcaça e 1,67 kg para peso de carcaça). A variação entre os lotes foi muito grande, de 2,31 a 3,30 kg CO₂e por frango produzido. Deste total, a produção de ovos incubáveis (granja + incubatório) contribuiu com 13,5%; a produção dos frangos de corte com 76,4% e o abate com 10,1% das emissões de GEE. Na granja de produção do

frango de corte, a alimentação representou 91% (dos 76,4%) das emissões de GEE.

Prudêncio da Silva et al. (2010a), compararam os impactos ambientais de quatro sistemas de produção de aves no Brasil e na França: um de grande escala no centro oeste (CO) brasileiro e outro de pequena escala no sul e dois sistemas na França, um semi-intensivo, conhecido como “Label Rouge” e outro sistema intensivo tradicional. Através da ACV, os autores concluíram que o “Label Rouge” teve o maior impacto ambiental por tonelada de frango resfriado e embalado, pronto para distribuição. Este resultado é fortemente impactado pela pior conversão alimentar (3,1, contra 1,86 no Brasil e 1,89 na França, nos outros sistemas) neste sistema e pelo forte impacto ambiental na produção dos grãos. O rendimento de carcaça também é menor, de 67%, contra mais de 70 dos demais sistemas. Os dois sistemas brasileiros tiveram menor emissão de CO₂e em relação aos sistemas franceses. A produção em larga escala no CO brasileiro apresentou 2,0 toneladas de CO₂e, contra 1,7 no sistema em pequena escala no sul, por tonelada de frango resfriado e embalado, pronto para distribuição. O sistema semi-intensivo “Label Rouge” da França emite 3,3 e o sistema tradicional 2,6 toneladas de CO₂e. Para estes autores, esforços para melhorar a taxa de conversão alimentar e de rendimento de carcaça e também para reduzir o uso de combustíveis fósseis, na cadeia de suprimentos, podem ajudar a melhorar o desempenho ambiental na produção de frangos de corte.

Comparando os estágios do ciclo de vida dos dois sistemas brasileiros avaliados, na contribuição relativa para a emissão de GEE, o abatedouro representou 2% para ambos; a produção de frangos representou 25% no CO e 30% no sul; a produção do milho representou 30% nas duas regiões; a produção de soja representou 23% no CO (desmatamento) e 13% no sul; a produção do óleo de soja representou 11% no CO e 6% no sul. O transporte de ração representou 5% no CO e 11% no sul, enquanto que outros estágios da ACV representaram 4% no CO e 6% no sul. Sobre os efeitos do transporte da ração e dos grãos, Prudêncio da Silva et al. (2010b) afirmam que no Brasil, o predomínio atual do transporte rodoviário provoca graves impactos ambientais e que melhorias na logística de transporte, dando prioridade aos transportes ferroviários e transportes fluviais, podem contribuir significativamente para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e diminuir o consumo de energia.

2.5.1 Emissão de dióxido de carbono no ciclo de produção de frangos de corte

O dióxido de carbono é um gás inodoro, presente na atmosfera na concentração média de 300 ppm. Mais denso que o ar e oriundo principalmente da respiração dos animais e de aquecedores, sua tendência é permanecer no nível das aves, dificultando a atividade respiratória e causando abatimento. Níveis de CO₂ superiores a 1,2% causaram efeitos negativos em pintos e frangos, como ofegação, anóxia, redução do consumo de ração e redução do crescimento (Reece et al. 1980; Olanrewaju et al. 2008). Para instalações avícolas, Wathes (1999) recomenda o limite de 3.000 ppm para CO₂ como o máximo para exposição contínua dos animais nas instalações, embora

Olanrewaju et al. (2008) não observaram redução de desempenho das aves até 9.000 ppm, porém com aumento de mortalidade, pela síndrome da hipertensão pulmonar.

Nos animais, o CO₂ é liberado como produto final do metabolismo energético. Ao longo de sua vida, um frango de 2 kg de peso vivo produz cerca de 3 kg de CO₂, de modo que a avicultura industrial apresenta alta produção global de CO₂. Vários autores realizaram pesquisas sobre a metodologia de emissão de CO₂ nas instalações de produção de frangos de corte (Groot Koerkamp et al. 1998; Hinz & Linke, 1998; Owada et al. 2007; Knížatóná et al. 2010 b, entre outros), com o objetivo de reduzir a concentração deste gás no ambiente de criação e/ou como medida auxiliar nas práticas de redução do nível de amônia neste ambiente. Estes trabalhos são importantes para o desenvolvimento de sistemas de ventilação e exaustão, mas não fornecem estimativas precisas da emissão por categoria animal, um dado importante nas questões ambientais. Na avicultura, a maior parte do CO₂ é emitida pela respiração dos animais, seguido pela produção na fermentação aeróbica das excretas e do sistema de aquecimento no início do lote. Embora esta emissão de C seja reciclável, uma vez que o C emitido é novamente incorporado na produção dos grãos, sua emissão contribui para o fluxo localizado e momentâneo de CO₂ atmosférico, contribuindo para o efeito estufa.

Na Espanha, Calvet et al. (2011a) avaliaram as concentrações e emissões de amônia, dióxido de carbono e óxido nitroso em lotes comerciais de frangos de corte, no inverno e no verão. Observaram que as emissões destes gases aumentam com a idade das aves e obtiveram taxas médias de emissão de amônia de 19,7 a 18,1 mg/hora/ave; de dióxido de carbono de 3,84 e 4,06 g/hora/ave; de metano de 0,44 e 1,87 mg/hora/ave e de óxido nitroso de 1,74 e 2,13 mg/hora/ave, no verão e inverno, respectivamente. Neste trabalho, foram abatidos 19 mil frangos, com peso médio de 2,43 kg, que resultaram em emissões médias de 3,58 kg de CO₂; 1,63 g de CH₄ e de 2,07 g de N₂O por frango produzido. Em outro experimento, com frangos de corte alojados em cama nova (6 cm de maravalha), a cama representou 20% da produção total de CO₂ ao final da fase de crescimento (35 dias). Contudo, segundo os autores (Calvet et al. 2011b), existem evidências de que este percentual pode ser influenciado pelo tipo de cama, do seu manejo e umidade. Neste mesmo trabalho, verificou-se que a produção de CO₂ pelos frangos variou de forma linear com o peso metabólico dos frangos (1 a 35 dias). A emissão média por frango foi de 3,71 e 2,6 L/h por kg de peso metabólico, nas instalações experimentais e granja comercial, respectivamente. A produção de CO₂ aumentou com a atividade física dos frangos. O grupo inativo teve média de 3,02 L/h por kg de peso metabólico, enquanto que o grupo bastante ativo teve média de produção de CO₂ de 4,73 L/h por kg de peso metabólico. Wachenfelt et al. (2001) verificaram que poedeiras apresentam no período noturno apenas 66% da produção de CO₂ do período diurno.

Gill et al. (2010) discutem em seu artigo a influência da pecuária na mitigação das alterações climáticas e num comparativo das emissões de GEE, expressas em kg de CO₂ equivalente por quilo de produto. Apresentam um valor de 13 kg CO₂e por kg de carne bovina e ovina, 3,9 por kg de carne suína e 2,7 por kg de carne de frango. Calvet et al. (2011b) obtiveram uma emissão

de 1,4 kg de CO₂ por kg de carne de frango, oriundo da respiração das aves, sem considerar as emissões da cama. Fiala (2008) estimou, a nível mundial, que a produção de 1 kg de carne suína resulta na emissão de 3,8 kg de GEE expressos em equivalentes de CO₂. No Canadá, país que é o terceiro maior exportador mundial de carne suína (ABIPECS, 2010), estima-se que a suinocultura contribua com 15, 12 e 3% das emissões anuais de CO₂, CH₄ e N₂O, respectivamente, do setor agropecuário daquele país (Laguë, 2011). Verifica-se então que, comparativamente com outros setores de produção animal de carne, a avicultura tem menor impacto ambiental em termos de uso de terra, energia, água e emissões de compostos carbonados como CO₂ e CH₄ (Vries & De Boer, 2010). Na avicultura, o maior impacto em termos de aquecimento global deriva da alimentação dos animais, representando mais de 70%, enquanto que na produção de bovinos de corte, representa menos de 50% (Vries & Boer, 2010; Leinonen et al. 2012).

Os avanços genéticos obtidos na avicultura de corte, nas últimas décadas, proporcionaram animais com maior ganho de peso diário e maior capacidade de consumo de dietas de alta digestibilidade. Comparando uma linhagem moderna (Ross 708) com uma linhagem sem seleção desde 1950, até aos 35 dias de idade, Schmidt et al. (2009), verificaram maior capacidade de crescimento (1,8 x 1,0 kg de peso vivo) e maior eficiência alimentar na linhagem moderna, que apresentou também maior proporção de peito (18 x 9% do peso vivo), fígado com desenvolvimento e funcionamento mais precoces e maior comprimento de jejuno e íleo, sugerindo maior absorção e utilização dos nutrientes. A linhagem não selecionada apresentou maior crescimento alométrico de todos os órgãos, exceto o fígado. Além disso, estes autores destacam que há relação destes avanços genéticos com uma diminuição da produção de CO₂ na avicultura. De Verdal et al. (2003) verificaram que a seleção genética para aproveitamento da energia metabolizável aparente corrigida para retenção zero de nitrogênio, promoveu melhora no aproveitamento da matéria seca da dieta e aumento na retenção de nitrogênio e de fósforo, reduzindo de uma forma importante o impacto ambiental da atividade avícola. Esta seleção não influenciou a composição da carcaça e da carne dos frangos, em comparação ao genótipo referência.

Hume et al. (2011) avaliaram os efeitos dos ganhos genéticos nos frangos de corte, no período de 1988 a 2007, sobre emissões de gases de efeito estufa e o potencial de aquecimento global, e verificaram que as emissões de metano reduziram 20% e de óxido nitroso em 23%, resultando em diminuição potencial de aquecimento global desta atividade em 23% no período. Neste mesmo período, o melhoramento genético em bovinos e ovinos têm resultado em pouca ou nenhuma redução de emissões de metano e de óxido nitroso, por unidade de produto.

Leonard et al. (1984) avaliaram a emissão de CO₂ em duas granjas, por nove meses e obtiveram a seguinte equação: $C=340-40,7*a-5,59*a^2-0,0683*a^3$, onde C= dióxido de carbono produzido (L/h) por 1000 frangos; e a= idade dos frangos (dias). Esta curva representou excelente ajuste aos dados ($R^2=0,99$) e o seu formato foi muito similar à típica curva de crescimento desta linhagem de frangos, sendo similar nas duas granjas avaliadas. Para verificar o efeito da idade das aves na emissão de CO₂, Knížatoná et al. (2010a)

verificaram emissões de 120 a 247 kg/h no período de 1 a 21 dias e de 325 a 459 dos 22 aos 42 dias, num lote de 25 mil frangos. O sistema de aquecimento do ambiente, para atender ao conforto térmico dos frangos, foi responsável pela emissão de 39 kg/h de CO₂, mas pode ter resultados bastante variados, conforme o tipo de sistema, fonte de energia utilizada e condições ambientais. Nos primeiros dias do lote, o sistema de aquecimento foi responsável pelas maiores emissões de CO₂, depois, a respiração das aves. Em outro estudo, Knížatoná et al. (2010b) verificaram que numa granja de 25 mil frangos na Eslováquia, anualmente, é emitida uma tonelada de amônia e 1.828,1 toneladas de CO₂. Verificaram também forte influência da idade dos frangos na emissão de CO₂.

No Canadá, Vergé et al. (2009) verificaram, numa avaliação sistêmica da produção de frangos de corte, que o GEE mais importante foi o N₂O, representando 57% do total das emissões, sem considerar as emissões de CO₂. O combustível fóssil representou aproximadamente 38% e o metano 5%, entre os anos de 1981 e 2006. Na comparação com outras carnes, a de frango emitiu apenas 47 e 10%, respectivamente, do emitido por kg de peso vivo dos suínos e do gado de corte. Neste estudo, as emissões de CO₂ não foram incluídas, em função do teórico balanço nulo, considerando que o CO₂ do alimento veio e retornou para a atmosfera, na produção dos grãos. Leinonen et al. (2012) compararam três sistemas de produção no Reino Unido, sendo o convencional, ao ar livre e orgânico, em termos de impactos ambientais, concluindo que para produzir 1 tonelada de carcaça de frango, o potencial de aquecimento global obtido foi de 4,41, 5,13 e 5,66 toneladas de CO₂e, respectivamente, sendo que fatores como a eficiência alimentar, a importação, o transporte e o alto custo de produzir os insumos orgânicos para a alimentação, foram as principais diferenças apontadas pelos autores entre os sistemas.

3. HIPÓTESES E OBJETIVOS

As hipóteses deste trabalho são:

A) Através da experimentação empírica e da utilização de dados publicados na literatura científica especializada, é possível elaborar um modelo estequiométrico geral para estimar a emissão de CO₂ de um lote de frangos de corte.

B) Linhagens de médio desempenho apresentam menor emissão de CO₂ por frango ao abate em relação às linhagens de alto desempenho, apresentando, por consequência, contribuições diferentes para o modelo final.

C) Incluindo a variável gênero, há melhoria da precisão e da abrangência do modelo gerado.

D) Incluindo dados de linhagens com taxas de crescimento diferentes, há melhoria da precisão e da abrangência do modelo gerado.

Neste sentido, o objetivo geral é a elaboração de um modelo estequiométrico, para estimar a emissão de CO₂ em diferentes variáveis de criação de um lote de frangos de corte.

Os objetivos específicos foram:

1- Produzir modelo de crescimento (Gompertz modificado) com ajuste para linhagem e sexo dos frangos de corte, a partir da realização de experimento, em condições não restritivas para o crescimento dos frangos;

2- Compilar estimativas publicadas de gasto energético de manutenção, eficiência energética de retenção de gordura e proteína corporais dos frangos;

3- Compilar estimativas publicadas de digestibilidade da proteína, gordura, carboidratos (amido, açúcares e fibra), dos principais ingredientes que compõem as dietas de frangos de corte no Brasil;

4- Medir experimentalmente o balanço de carbono na cama de frangos de corte, tendo como referência um lote de produção;

5- Produzir dados úteis para a elaboração de inventários nacionais da contribuição da avicultura na emissão de GEE e para a elaboração de políticas públicas para o setor.

CAPÍTULO II⁽¹⁾

⁽¹⁾Artigo submetido para a Revista Brasileira de Ciência Avícola (Brazilian Journal of Poultry Science)

Crescimento e Deposição de Componentes Corporais em Frangos de Corte de Médio e de Alto Desempenho

João Dionísio Henn^{1,3}, Luciane Bockor¹, Andrea Machado Leal Ribeiro², Arlei Coldebella³ e Alexandre de Mello Kessler²

¹Laboratório de Ensino Zootécnico (LEZO) - UFRGS. joao.henn@embrapa.br; lubockor@hotmail.com

²Professor(a) Associado(a) do Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia (UFRGS). Avenida Bento Gonçalves, 7712. CEP: 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. aribeiro@ufrgs.br ; akessler@ufrgs.br

³Embrapa Suínos e Aves. BR 153, km 110, Distrito de Tamanduá, Caixa Postal 21, Concórdia, SC. CEP: 897000-000

Mail Adress:

Alexandre de Mello Kessler

Av. Bento Gonçalves, 7712. 91.540-000. Porto Alegre, RS, Brazil

Fone: (51) 3308 7424

E-mail: akessler@ufrgs.br

Keywords: Body composition, Gompertz curve, growth rate, Cobb-500, C44.

RESUMO

Objetivou-se determinar os parâmetros das equações de Gompertz e elaborar curvas e taxas de crescimento, de consumo de alimento e de deposição de componentes corporais, bem como obter os coeficientes alométricos da água, proteína e gordura corporais, em relação ao peso vivo, de frangos de corte de médio (C44) e de alto desempenho (Cobb-500), machos e fêmeas. Foram utilizados 384 pintos de um dia, distribuídos em quatro tratamentos: macho Cobb 500; macho C44; fêmea Cobb 500 e fêmea C44, com 6 repetições de 16 pintos, num delineamento experimental inteiramente casualizado. Semanalmente, foi determinado o peso corporal médio, o ganho de peso e o consumo médio por ave e abatidos seis frangos representativos do peso médio de cada tratamento, para a avaliação da composição corporal. As curvas de crescimento foram determinadas aplicando-se a função de Gompertz, com excelente ajuste, enquanto que as taxas de crescimento, consumo e deposição de tecidos foram obtidas pela sua derivada. As taxas de crescimento foram superiores na linhagem Cobb 500 e nos machos. Esta linhagem apresenta maior capacidade de consumo, sendo o platô atingido em idade mais precoce em comparação à linhagem C44. A deposição de proteína e de gordura corporais apresenta maior precocidade em machos em relação às fêmeas, na linhagem Cobb 500. Os coeficientes alométricos caracterizaram maior precocidade para água corpórea na linhagem C44 e nas fêmeas. Para proteína, machos Cobb 500 foram mais precoces em relação às fêmeas e a linhagem Cobb mais precoce que a C44. A gordura foi mais precoce nos Cobb 500 e nas fêmeas.

ABSTRACT

This study aimed to determine the parameters of Gompertz equations and curves and growth rates of food consumption and deposition of body components, as well as obtain the allometric coefficients of water, protein and fat in relation to body weight, for broiler with medium (C44) and high performance (Cobb-500), males and females. Three hundred eighty four day-old chicks were divided into four treatments: male Cobb 500; male C44, female Cobb 500 and female C44 with 6 replicates of 16 chicks in a completely randomized design. Weekly, mean body weight, weight gain and average consumption per bird were determined and six chickens were killed representing the average weight of each treatment for body composition assessment. Growth curves were determined by applying the Gompertz function with excellent fit, while the growth rate, consumption and disposal of tissues were obtained by its derivative. Growth rates were higher in Cobb 500 and in males. This strain has a higher capacity to feed intake, which is reached at an earlier age compared to the C44 strain. The deposition of body protein and fat has a higher rate of maturity in males compared to females in Cobb 500. The allometric coefficients showed greater precocity for body water in the line C44 and in females. For protein, male Cobb were precocious compared to females, and the strain was more precocious than C44. Fat was precocious in Cobb 500 and in females.

INTRODUÇÃO

O crescimento corporal é representado pelo somatório das deposições de proteína, gordura, água e cinzas. Nos frangos de corte, as taxas de deposição e as proporções destes componentes caracterizam a idade fisiológica das aves e o seu estágio de maturidade, que são influenciadas pelo genótipo e pelo ambiente (Vincek *et al.* 2011). Os avanços genéticos obtidos na avicultura de corte, nas últimas décadas, proporcionaram animais com maior ganho de peso diário e maior capacidade de consumo de alimento (Sakomura *et al.* 2005). Através da seleção para características como crescimento, composição corporal e eficiência alimentar, obtêm-se ganhos genéticos anuais de 2 a 3% na eficiência da produção de carne. Melhorias em parâmetros como rusticidade, resistência a doenças, específicas ou não, e a ausência de defeitos metabólicos, também contribuem para este progresso (McKay, 2008). Schmidt *et al.* (2009), comparando uma linhagem moderna (Ross 708) com uma linhagem sem seleção desde 1950, até os 35 dias de idade, verificaram maior capacidade de crescimento (1,8 x 1,0 kg peso vivo) e maior eficiência alimentar na linhagem moderna, que apresentou também maior proporção de peito (18 x 9% do peso vivo), desenvolvimento mais precoce do fígado e maior comprimento de jejuno e íleo, sugerindo maior absorção e utilização dos nutrientes.

Na produção animal, é crescente o uso de modelos para a descrição matemática dos fenômenos biológicos, que permitem comparar taxas de crescimento e descrever a evolução do peso e da deposição de tecidos corporais, em função da idade dos animais (Gous *et al.* 1999; Freitas 2005;

Darmani *et al.* 2010). Existem diversos modelos atualmente disponíveis na literatura. Entretanto, estudiosos da área preferem a função de Gompertz para descrever o crescimento e a deposição de nutrientes nas aves, pois é necessário apenas o conhecimento de três parâmetros (valor assintótico, por exemplo, peso à maturidade; a taxa de crescimento e a idade em que a taxa máxima de ganho de peso é alcançada), que possuem significado biológico e permitem um ajuste dos dados de forma semelhante ao obtido com outras funções de crescimento mais complexas. Além disso, a massa corporal inicial é sempre superior a zero, o que reflete o fato de que o animal já nasce com alguma massa. Hruby *et al.* (1996), comparando várias funções, concluíram que a equação de Gompertz descreveu com mais precisão a quantidade de proteína em diversas idades. As características desejáveis da equação de Gompertz foram também confirmadas por Fialho (1999).

Nos frangos de corte, diferentes linhas genéticas e sexos podem diferir em vários aspectos, como peso à maturidade, composição e proporção dos componentes químicos, que afetam as características da curva de crescimento. A simulação do crescimento e da deposição de componentes corporais, através de modelos matemáticos, contribuiu para estimar o peso vivo e o crescimento dos componentes corporais em função da idade, para comparar o crescimento corporal relativo entre sexo, estimar a conversão alimentar, o consumo e o ganho de peso diário. O crescimento biológico do frango de corte segue padrão sigmoidal, com uma taxa de crescimento inicial lenta, aumentando com a idade da ave até certo ponto (aceleração), quando atinge a taxa máxima (ponto de inflexão), e a partir daí diminuindo

gradualmente (desaceleração). No ponto de inflexão da curva, a inclinação passa de côncava para convexa, correspondendo à idade de máximo crescimento. Menos importante é o ponto de inflexão exato, mas sim, o tamanho do trecho em que a taxa de crescimento é constante, onde ocorre a maior deposição de tecido magro (Kessler *et al.* 2000). Em geral, o ponto de inflexão ocorre em pesos abaixo da metade do peso adulto (Darmani *et al.* 2010), mas varia dependendo da idade, sexo, genética e tipo de animal.

Este estudo foi realizado com o objetivo de (1) determinar os parâmetros das equações de Gompertz, (2) elaborar as curvas e as taxas de crescimento, de consumo de alimento e de crescimento de componentes corporais, e (3) avaliar o crescimento alométrico de componentes corporais de frangos de corte de linhagem de crescimento rápido (Cobb 500) e de crescimento lento (C44), machos e fêmeas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos adotados na condução deste experimento estão de acordo com as diretrizes brasileiras, baseadas na Lei Federal n^o 11.794 de 08 de outubro de 2008 e aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O trabalho foi realizado no Laboratório de Ensino Zootécnico – LEZO, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 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) e 6

repetições de 16 pintos por tratamento, em delineamento inteiramente casualizado. Em sala climatizada com ar central e com exaustor, as aves foram alojadas em 24 boxes de 1 m², tendo sido inicialmente alojados 16 pintos por box, terminando com 10 frangos na última semana, em função dos abates semanais. A temperatura e a umidade relativa do ar no interior da sala foram medidas diariamente, durante todo o período experimental (tabela 1). A cama utilizada foi de maravalha nova, com predomínio de pinus (*pinus elliottii*).

Na primeira semana de experimento, todos os pintos receberam a mesma dieta pré-inicial. Após este período, foram utilizadas dietas inicial (8-21 dias) e crescimento (22-49 dias), fareladas (tabelas 2 e 3), fornecidas *ad libitum* em comedouros tubulares, formuladas conforme especificações para linhagem de médio e de alto desempenho e de sexo, conforme Rostagno *et al.* (2005). Água limpa e fresca estava disponível em bebedouros tipo nipple.

Tabela 1. Valores e desvios-padrão (DP) da temperatura (T) e da umidade relativa do ar (URA) registradas no interior das instalações durante o período experimental.

T(°C) e URA (%)	Semana						
	1	2	3	4	5	6	7
T Máxima	32,6	30,2	30,7	34,0	27,9	28,8	31,5
T Mínima	27,4	25,7	24,3	20,0	18,0	18,4	22,1
T Média	29,6	27,6	27,1	24,3	23,0	24,2	26,6
DP	1,75	1,26	2,01	4,27	3,27	3,31	2,72
URA Máxima	78,0	78,0	78,0	78,0	79,0	89,0	79,0
URA Mínima	53,0	39,0	58,0	47,0	43,0	40,0	37,0
URA Média	67,8	57,4	70,4	64,0	61,2	64,2	62,1
DP	7,17	13,75	6,13	10,46	10,94	15,27	12,70

Semanalmente, as aves e as rações foram pesadas para determinação do peso corporal médio, do ganho de peso e do consumo médio

de cada repetição. A mortalidade também foi avaliada, para correção do consumo médio e do peso médio final, em cada fase.

Tabela 2. Composições centesimal e nutricional das dietas experimentais pré-inicial e inicial

Ingredientes	Pré-inicial*	Inicial			
		Cobb-M	C44-M	Cobb-F	C44-F
Milho	51,772	56,95	56,95	56,95	56,95
Farelo de soja (46)	39,36	35,42	35,42	35,42	35,42
Óleo de soja	4,263	3,33	3,33	3,33	3,33
Fosfato bicálcico	1,938	1,90	1,90	1,90	1,90
Calcário	1,224	1,14	1,14	1,14	1,14
Amido de Milho	-	-	0,160	0,08	0,230
Sal comum	0,540	0,463	0,463	0,463	0,463
DL Metionina	0,332	0,273	0,213	0,243	0,183
L-Lisina	0,316	0,286	0,186	0,236	0,146
L-Treonina	0,032	-	-	-	-
Premix Vitamínico ⁽¹⁾	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
Premix Mineral ⁽²⁾	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
Monensina 20%	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto de Colina (60%)	0,048	0,055	0,055	0,055	0,055
Valores Calculados					
Proteína Bruta (%)	23,00	21,50	21,50	21,50	21,50
EM - kcal/kg	3.050,0	3.050,0	3.050,0	3.050,0	3.050,0
Cálcio (%)	1,000	0,950	0,950	0,950	0,950
Fósforo disp. (%)	0,460	0,450	0,450	0,450	0,450
Metionina dig. (%)	0,625	0,552	0,492	0,549	0,462
Met.+Cist. dig. (%)	0,940	0,850	0,804	0,845	0,711
Lisina dig. (%)	1,300	1,190	1,090	1,140	0,96
Colina (mg/kg)	1.550	1.500	1.500	1.500	1.500
Triptofano dig. (%)	0,236	0,217	0,217	0,217	0,217
Treonina dig. (%)	0,860	0,774	0,774	0,774	0,774

A dieta pré-inicial foi fornecida para todos os tratamentos, nos primeiros 7 dias de vida.

(1) Conteúdo/kg da dieta pré-inicial e inicial: Premix vitamínico: 10000 IU vit. A; 2000IU vit. D3; 35mg vit. E; 3,5 mg vit. K3; 2 mg B1; 6mg B2; 3,0 mg B6; 15 mcg B12; 12 mg ác pant; 35mg niacina; 0,8 mg ác fólico e 100 mcg biotina.

(2) Conteúdo/kg da dieta pré-inicial e inicial: Premix mineral: 0,3 mg Se; 1,0 mg I; 60 mg Fe; 12 mg Cu; 80 mg Zn e 80 mg Mn.

Tabela 3. Composições centesimal e nutricional das dietas experimentais na fase de crescimento

Ingredientes	Cobb-M	C44-M	Cobb-F	C44-F
Milho	60,00	60,00	60,00	60,00
Farelo de soja (46)	31,77	31,77	31,77	31,77
Óleo de soja	4,265	4,265	4,265	4,265
Fosfato bicálcico	1,765	1,765	1,765	1,765
Calcário	1.063	1.063	1.063	1.063
Amido de Milho	-	0,381	0,459	0,762
Sal comum	0,412	0,412	0,412	0,412
DL Metionina	0,247	0,190	0,149	0,147
L-Lisina	0,252	0,175	0,197	0,098
Premix Vitamínico ⁽¹⁾	0,040	0,040	0,040	0,040
Premix Mineral ⁽²⁾	0,070	0,070	0,070	0,070
Monensina 20%	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto de Colina (60%)	0,062	0,062	0,062	0,062
Valores Calculados				
Proteína Bruta (%)	20,00	20,00	20,00	20,00
EM - kcal/kg	3150,0	3150,0	3150,0	3150,0
Cálcio (%)	0,880	0,880	0,880	0,880
Fósforo disp. (%)	0,420	0,420	0,420	0,420
Metionina dig. (%)	0,509	0,453	0,412	0,409
Met.+Cist. dig. (%)	0,790	0,703	0,639	0,635
Lisina dig. (%)	1,080	1,003	1,025	0,926
Colina (mg/kg)	1.450	1.450	1.450	1.450
Triptofano dig. (%)	0,199	0,199	0,199	0,199
Treonina dig. (%)	0,718	0,718	0,718	0,718

⁽¹⁾ Conteúdo/kg da dieta: Premix vitamínico: 8000 IU vit. A; 1600 IU vit. D3; 30 mg vit. E; 2,5 mg vit. K3; 1,5mg B1; 4 mg B2; 2,0 mg B6; 12 mcg B12; 10 mg ác pant; 30mg niacina; 0,7 mg ác fólico e 60mcg biotina.

⁽²⁾ Conteúdo/kg da dieta: Premix mineral: 0,3mg Se; 0,8mg I; 50mg Fe; 10mg Cu; 80mg Zn e 70mg Mn.

No início do experimento e aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias de idade das aves, foram sacrificadas 6 aves representativas do peso médio de cada tratamento (1 por repetição), depenadas e posteriormente removido o conteúdo intestinal. A partir dos 21 dias, foi feita escaldagem e não foi utilizado *chiller* em nenhum dos abates. A percentagem de penas foi estimada a partir de diferença de peso do animal antes e após o depenamento, e uma amostra das penas por tratamento foi coletada para posterior análise. O restante do

animal (carcaça com pés e cabeça, vísceras e sangue) foi congelado à -20°C. Para o preparo das amostras para análise, este material foi serrado e triturado em moinho de carne industrial, por três vezes, para melhor homogeneização da amostra e retiradas sub-amostras de aproximadamente 250 g, secas em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas, moídas em moinho de bolas, para posteriores análises laboratoriais. Os ingredientes, as dietas experimentais e as amostras da composição corporal dos animais foram analisados nos seus teores de matéria seca, proteína bruta e gordura (AOAC, 1993).

Para avaliação do crescimento das duas linhagens e dois sexos foi utilizada a equação de Gompertz (Gous *et al.* 1999). Os parâmetros a, b e c se ajustam no modelo de Gompertz, modificado segundo a equação: $Y = a * \exp(-\exp(-b * (Idade - c)))$. Nesta equação, o parâmetro **a** é o valor assintótico (por exemplo, peso à maturidade, ou seja, peso adulto). O parâmetro **b** representa a taxa de maturidade, sendo uma função entre a máxima taxa de crescimento e o peso adulto do animal. Quanto maior esse valor, mais precoce será o animal em termos de crescimento, pois atingirá o peso adulto em menor tempo. O parâmetro **c** é a idade em que a taxa máxima de ganho de peso é alcançada, sendo o ponto de inflexão da curva sigmoidal.

As taxas de crescimento, de consumo e de deposição de componentes da carcaça (água, proteína e gordura, em g/dia), como função do tempo, foram calculadas utilizando a derivada das equações de Gompertz, pela equação elaborada por Fialho (1999), onde: $Y = a * b * \exp(-b * (idade - c) - \exp(-b * (idade - c)))$. A avaliação do crescimento alométrico da água, da proteína e da gordura corporais em relação ao peso vivo foi realizada através da equação

exponencial $Y=aX^b$, em que Y é o peso de cada componente corporal (total de água, proteína e gordura corporais); X, o peso corporal; **a** é a intercepção do logaritmo da regressão linear sobre Y e **b** é o coeficiente de crescimento relativo ou coeficiente de alometria. Para os coeficientes alométricos “b” e os valores de “a”, foi realizada análise da variância usando o procedimento GLM do SAS (SAS INSTITUTE INC, 2008). Finalmente, foi usado o teste t para comparar as médias dos tratamentos dois a dois, sempre que o teste F (5% de probabilidade) detectou efeito significativo dos tratamentos ($p \leq 0,05$).

O procedimento “NLIN” do pacote estatístico SAS (SAS INSTITUTE INC, 2008) foi utilizado para ajustar os dados e estimar os valores dos parâmetros (a, b, c) da curva de Gompertz, para cada unidade experimental, para as variáveis de peso vivo e consumo de alimento e também para a deposição de água, proteína e gordura corporais. Foi realizada análise da variância, por meio do procedimento GLM, para verificar o efeito dos tratamentos sobre as estimativas dos parâmetros da curva. Finalmente, foi usado o teste t para comparar as médias dos tratamentos dois a dois, sempre que o teste F detectou efeito significativo dos tratamentos. Complementando a análise, as variáveis foram analisadas, utilizando-se a teoria de modelos mistos para medidas repetidas e 16 tipos de estruturas de matriz de variâncias e covariâncias, usando o PROC MIXED, conforme Xavier (2000). A estrutura de variâncias e covariâncias usada na análise foi escolhida com base no menor valor do Critério de Informação de Akaike (AIC). O método de estimação usado foi o de máxima verossimilhança restrita.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 4, observamos as médias de peso verificadas semanalmente, o consumo de ração e os componentes da carcaça acumulados ao longo do período experimental. Verifica-se diferenças estatísticas importantes 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.

Para a maioria dos parâmetros de Gompertz (tabela 5), a linhagem Cobb apresenta maiores valores assintóticos do que a C44 e os machos das duas linhagens têm maiores valores assintóticos do que as fêmeas. Para as curvas de crescimento, machos e fêmeas da mesma linhagem apresentaram diferenças para o peso à maturidade (a) e semelhanças para a idade de máxima taxa de crescimento (c), indicando curvas de formato semelhante (figura 1), mas com ganhos diários maiores para os machos em função do maior valor do peso à maturidade (a). A taxa máxima de crescimento (b), em gramas, foi maior na linhagem Cobb 500 e para os machos, nas duas linhagens. O valor da taxa de maturidade foi maior na linhagem Cobb e igual para os sexos, nas duas linhagens, mostrando crescimento mais tardio na linhagem C44, em função de menor taxa de maturidade e maior idade de máxima taxa de crescimento, do que os Cobb 500. Na comparação dos valores obtidos com outros estudos, observa-se grande variação em função de diferentes linhagens empregadas e da idade considerada. Marcato et al. (2008) observaram que machos Cobb 500 tiveram maior peso à maturidade (6.812 g)

Tabela 4: Médias observadas e erros-padrão do peso corporal, consumo alimentar e deposição de água, proteína e gordura, em função da idade, sexo e linhagem

Tratamento	Peso Corporal (g)							
	1° dia	7° dia	14° dia	21° dia	28° dia	35° dia	42° dia	49° dia
Cobb-M	46,5±0,19	200±1,7	543±4,8 ^a	1054±20 ^a	1710±28 ^a	2424,5±44,5 ^a	3100±64,4 ^a	3557±114 ^a
Cobb-F	46,4±0,11	193±2,9	507±6,3 ^a	945±7,5 ^a	1491±21 ^b	2084±33,1 ^b	2609±28,9 ^b	2999±44,8 ^b
C44-M	42,4±0,15	172±1,1	394±3,1 ^b	700±4,6 ^b	1090±8,4 ^c	1540±13,5 ^c	1977±26,9 ^c	2315±31,9 ^c
C44-F	41,8±0,32	165±1,5	371±2,7 ^b	630±4,8 ^b	959±7,87 ^c	1321±10,3 ^d	1652±13,9 ^d	1932±19,2 ^d
Consumo Alimentar Acumulado (g)								
Cobb-M	-	160±1,3 ^a	570±4,7 ^a	1276±20,4 ^a	2299±39,5 ^a	3517±80,2 ^a	4847±122 ^a	6087±190 ^a
Cobb-F	-	158±2,2 ^a	548±6,2 ^a	1187±9,5 ^{ab}	2068±24,2 ^b	3134±49,3 ^b	4276±70,9 ^b	5377±82,1 ^b
C44-M	-	152±0,9 ^a	449±3,0 ^a	942±5,51 ^b	1626±13,7 ^c	2498±26,2 ^c	3422±41,2 ^c	4457±71,2 ^c
C44-F	-	149±1,0 ^b	431±4,3 ^b	871±8,65 ^b	1476±14,6 ^c	2218±23,1 ^c	3014±36,0 ^c	3891,6±51 ^c
Proteína Corporal Acumulada (g)								
Cobb-M	7,8±0,03 ^a	30,7±0,19 ^a	87,1±1,98 ^a	197,3±4,2 ^a	321,1±8,6 ^a	472,2±7,9 ^a	590,3±11 ^a	660,5±20 ^a
Cobb-F	7,4±0,02 ^b	30,6±0,41 ^a	83,4±1,51 ^a	180,2±1,6 ^b	292,8±2,8 ^a	392,5±11 ^b	508,7±7,0 ^b	617,3±12 ^a
C44-M	6,4±0,02 ^c	27,5±0,43 ^b	67,3±1,38 ^b	137,4±1,1 ^c	219,5±2,3 ^b	308,5±11,5 ^c	406,8±6,1 ^c	478,0±7,3 ^b
C44-F	6,4±0,05 ^c	24,7±0,40 ^c	67,4±0,83 ^b	129,4±1,7 ^c	191,8±2,2 ^b	262,1±3,8 ^c	342,7±3,4 ^d	370,5±8,8 ^c
Gordura Corporal Acumulada (g)								
Cobb-M	2,96±0,01 ^b	13,6±0,22 ^a	50,9±2,2 ^a	97,0±4,4 ^a	200,2±13,5 ^a	272,8±10,1 ^a	389,1±18,7 ^a	415,2±13,0 ^a
Cobb-F	3,05±0,01 ^a	14,1±0,28 ^a	47,6±2,5 ^a	95,9±4,9 ^a	159,3±5,9 ^{ab}	256,8±14,6 ^a	369,1±20,1 ^a	424,6±7,15 ^a
C44-M	2,32±0,01 ^c	13,1±0,31 ^{ab}	32,4±1,0 ^b	64,1±2,1 ^b	113,6±3,9 ^b	184,7±5,2 ^b	241,8±4,30 ^b	319,5±14,8 ^b
C44-F	2,39±0,02 ^c	12,1±0,25 ^b	32,2±1,0 ^b	60,3±2,5 ^b	111,9±2,8 ^b	178,9±3,7 ^b	233,7±5,55 ^b	303,4±8,93 ^b
Água Corporal Acumulada (g)								
Cobb-M	34,9±0,14 ^a	149,4±1,45 ^a	353,1±3,2 ^a	673,8±14 ^a	1158±23,6 ^a	1506,5±26,8 ^a	1912,8±46,9 ^a	2244,3±80,5 ^a
Cobb-F	35,2±0,08 ^a	142,9±2,24 ^a	324,0±4,3 ^b	601,8±7,3 ^b	926,4±11,4 ^b	1278,7±25,9 ^b	1568,2±21,8 ^b	1789,6±36,9 ^b
C44-M	33,1±0,12 ^b	126,3±0,55 ^b	260,4±2,0 ^c	447,1±4,6 ^c	672,4±6,30 ^c	916,9±9,96 ^c	1185,2±17,2 ^c	1353,6±36,3 ^c
C44-F	32,4±0,25 ^b	123,8±1,56 ^b	238,2±1,7 ^d	392,9±3,6 ^d	582,5±4,10 ^d	775,1±7,14 ^d	958,02±10,3 ^d	1127,6±16,9 ^d

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem significativamente pelo teste t (p<0,05).

e semelhante para as fêmeas (4.282 g) em comparação a este estudo (5.178 e 4.256 g, para machos e fêmeas), sendo que a idade de máximo crescimento foi 9 dias mais tardia (39,41 x 29,6) para machos e 3 dias para as fêmeas (32,07 x 28,66), mostrando o ganho genético na taxa de crescimento e maior precocidade da linhagem atual.

Na comparação com Sakomura *et al.* (2005), no presente trabalho a idade de máximo crescimento foi atingida 9 dias antes, nos machos e nas fêmeas. Em comparação com os resultados de Gous *et al.* (1999) a idade de máximo crescimento foi atingida 10 dias antes nos machos e 13 dias antes nas fêmeas, embora comparações deste tipo sejam difíceis em função das variações de manejo, dietas, genéticas e outras.

Para linhagens de crescimento mais lento, Dourado *et al.* (2009) obtiveram peso à maturidade para as linhagens Sasso e ISA Label variando entre 4301 g e 2911 g, para machos e fêmeas, sendo que a Sasso apresentou valores maiores, para ambos os sexos. Por outro lado, Santos *et al.* (2005) obtiveram valores maiores para a linhagem Paraíso Pedrês (4764 e 4222 g nas idades de 44 e 48 dias, para machos e fêmeas, respectivamente) e para a ISA Label (4230 e 3136 g nas idades de 52 e 53 dias, para machos e fêmeas, respectivamente). Hancock *et al.* (1995), através da equação de Gompertz, obtiveram peso à maturidade variando de 5171 a 6145 g para machos e de 4279 a 4705 g para fêmeas nas 6 linhagens avaliadas, enquanto que a taxa de crescimento máxima (parâmetro b) ficou entre 0,0355 a 0,0371 para machos e 0,0363 a 0,0382 nas fêmeas, sendo que a idade no ponto de inflexão variou entre 39,2 a 41,8 para as fêmeas e 41,9 a 44,2 para os machos.

As curvas de consumo de alimento caracterizam-se por menor valor assintótico para as fêmeas da linhagem C44 e valores semelhantes para os demais. O valor de b é maior nos Cobb e semelhante para machos e fêmeas, independentemente de linhagem. A idade para máximo consumo foi menor nos Cobb 500 e mais tardia nos C44, sem diferença para sexo. Machos apresentaram taxas máximas de consumo maiores que as fêmeas, nas duas linhagens.

Quanto à deposição de água corpórea, machos Cobb apresentaram maior valor assintótico em relação às fêmeas e em ambos o valor foi maior do que na C44, que não apresentou diferença entre machos e fêmeas. A taxa máxima de deposição de água foi maior na linhagem Cobb 500 e nos machos, em ambas as linhagens. Para a deposição de proteína corporal, machos e fêmeas da linhagem Cobb 500 tiveram valores assintóticos semelhantes e superiores a C44, enquanto que nesta os machos tiveram valor maior. Machos Cobb 500 mostraram taxa de maturidade mais precoce para deposição de proteína do que fêmeas, enquanto que estas taxas foram maiores na linhagem Cobb 500 e em machos. A deposição de gordura corpórea não apresentou diferenças nos valores assintóticos, em função da maior variabilidade entre os dados obtidos. Esta variabilidade pode estar influenciada pela idade de abate precoce (49 dias) em relação a outros trabalhos (Gous *et al.* 1999 e Sakomura *et al.* 2005), que abateram os animais com 120 dias.

O abate mais tardio para a definição dos parâmetros de Gompertz parece ser mais importante para linhagens mais tardias, como a C44 e para características que se manifestam mais tardiamente, como a deposição de

Tabela 5: Médias e erros-padrão das estimativas dos parâmetros da curva de Gompertz [$Y=a*\exp(-\exp(-b*(Idade-c)))$] e das taxas máximas de crescimento (TMC), de consumo de alimento (TMCA) e de água (TMA), proteína bruta (TMPB) e gordura bruta (TMGB) corporais e níveis descritivos de probabilidade do teste F da análise da variância

Parâmetro	Linhagem/sexo				Prob F
	Cobb-M	Cobb-F	C44-M	C44-F	
Peso Vivo (g)					
a	5178,7 ± 355,6 ^a	4256,1 ± 119,6 ^b	3737,8 ± 144,2 ^b	2972,6 ± 60,23 ^c	< 0,0001
b	0,0536 ± 0,0023 ^a	0,0527 ± 0,0012 ^a	0,0454 ± 0,0013 ^b	0,0458 ± 0,0006 ^b	0,0007
c	29,6 ± 1,2 ^b	28,66 ± 0,65 ^b	32,31 ± 0,87 ^a	30,47 ± 0,43 ^{ba}	0,0365
TMC	100,65 ± 2,92 ^a	82,36 ± 1,31 ^b	62,13 ± 1,03 ^c	50,02 ± 0,49 ^d	< 0,0001
Consumo de alimento (g)					
a	11346 ± 661,9 ^a	10167 ± 134,4 ^a	10316 ± 410 ^a	8798,9 ± 250,7 ^b	0,0033
b	0,0453 ± 0,001 ^a	0,0436 ± 0,0005 ^a	0,0376 ± 0,0006 ^b	0,0373 ± 0,0005 ^b	< 0,0001
c	38,29 ± 0,89 ^b	38,69 ± 0,25 ^b	44,32 ± 0,74 ^a	43,61 ± 0,54 ^a	< 0,0001
TMCA	188,18 ± 7,52 ^a	163,09 ± 2,89 ^b	142,46 ± 3,79 ^c	120,66 ± 2,17 ^d	< 0,0001
Água Corporal (g)					
a	3502,5 ± 312,3 ^a	2482,0 ± 93,81 ^b	2199,3 ± 199,3 ^{bc}	1784,0 ± 91,93 ^c	< 0,0001
b	0,0489 ± 0,0022 ^{ab}	0,0533 ± 0,0016 ^a	0,0448 ± 0,0020 ^{bc}	0,0431 ± 0,0016 ^c	0,0048
c	31,25 ± 1,61	27,44 ± 0,78	31,38 ± 1,87	30,60 ± 1,24	0,2066
TMA	61,76 ± 2,45 ^a	48,43 ± 0,88 ^b	35,51 ± 1,19 ^c	28,05 ± 0,41 ^d	< 0,0001
Proteína Bruta Corporal (g)					
a	870,56 ± 42,80 ^{ab}	981,58 ± 86,1 ^a	788,51 ± 58,8 ^b	515,44 ± 30,8 ^c	0,0001
b	0,0629 ± 0,0022 ^a	0,0485 ± 0,0027 ^b	0,0482 ± 0,0041 ^b	0,0557 ± 0,0028 ^{ab}	0,0074
c	27,37 ± 0,80 ^b	32,48 ± 1,96 ^a	33,34 ± 2,04 ^a	27,21 ± 1,21 ^b	0,0184
TMPB	20,00 ± 0,48 ^a	17,13 ± 0,48 ^b	13,56 ± 0,22 ^c	10,41 ± 0,12 ^d	< 0,0001
Gordura Bruta Corporal (g)					
a	573,93 ± 40,3	804,56 ± 92,0	1079 ± 329,5	642,28 ± 80,2	0,2565
b	0,0666 ± 0,0056 ^a	0,0501 ± 0,0062 ^b	0,0399 ± 0,0065 ^b	0,0419 ± 0,0026 ^b	0,0096
c	29,25 ± 1,50 ^b	37,63 ± 3,06 ^{ab}	49,65 ± 7,85 ^a	41,23 ± 2,42 ^{ab}	0,0310
TMGB	13,70 ± 0,61 ^a	13,88 ± 0,41 ^a	12,46 ± 1,90 ^{ab}	9,58 ± 0,55 ^b	0,0334

Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem significativamente pelo teste t ($p < 0,05$).

gordura nesta linhagem. A taxa de crescimento (b) foi maior nos machos Cobb 500, indicando maior precocidade para deposição de gordura, sendo que para os demais este valor foi similar.

A linhagem Cobb 500 mostrou uma idade mais precoce para máxima taxa de gordura em relação à C44, sem diferença entre sexos. As fêmeas C44 apresentaram taxa máxima de deposição de gordura corpórea menor, sem diferença para os demais tratamentos. Segundo Kessler & Snizek (2001), a deposição de proteína é estreitamente controlada pela genética e, portanto, há um limite para sua deposição diária, independentemente de sua ingestão de nutrientes. Entretanto, outros fatores como o consumo, dieta e condições ambientais são importantes. A quantidade de gordura depositada, em qualquer fase de desenvolvimento dos animais, por sua vez, é diretamente relacionada à quantidade de nutrientes (proteínas, carboidratos e gorduras) disponíveis para a sua síntese, podendo variar, especialmente com a variação na ingestão de energia.

Na Figura 1 estão apresentadas as curvas de crescimento e de consumo alimentar (equações de Gompertz), bem como as curvas das taxas de ambos (primeira derivada das equações de Gompertz). As maiores taxas de crescimento e de consumo observadas nos machos (tabela 5) são decorrentes do maior potencial de ganho destes em relação às fêmeas, em cada linhagem.

A taxa de crescimento aumenta com a idade da ave até certo ponto, quando atinge a taxa máxima, e a partir daí diminui gradualmente. Este ponto é chamado de ponto de inflexão da curva, passando de côncava para convexa, o que corresponde à idade de máximo crescimento (Kessler *et al.* 2000). As

diferenças observadas no parâmetro “b” da equação indicam diferentes taxas de máximo crescimento ou de deposição de tecidos. Para Fialho (1999), maiores taxas fazem com que o crescimento seja menos distribuído ao longo do tempo, ou seja, quanto maior taxa, menor idade para alcançá-la (c). Longo *et al.* (2000) observaram que os machos possuem maior potencial de crescimento e conseqüentemente maior capacidade em depositar nutrientes em relação às fêmeas, exceto para a deposição de gordura.

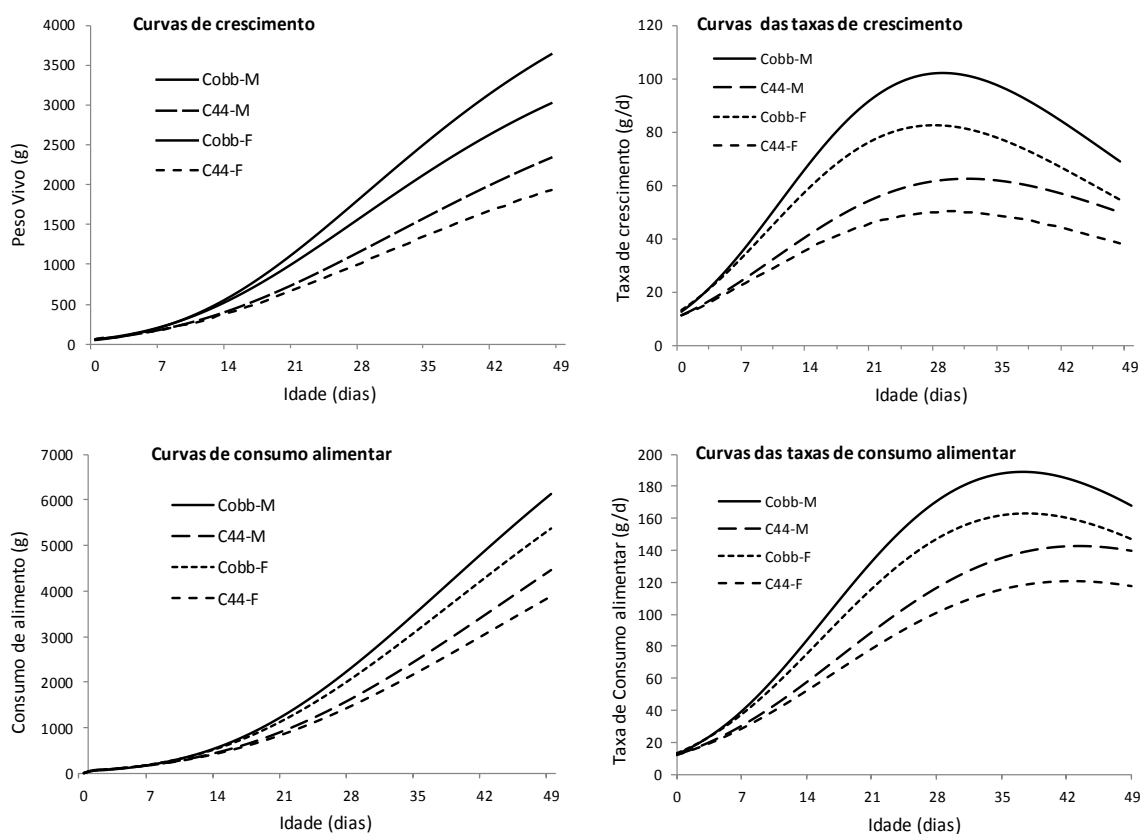


Figura 01: Curvas $[Y=a*\exp(-\exp(-b*(Idade-c)))]$ de crescimento, de consumo alimentar e das taxas $[Y=a*b*\exp(-b*(idade-c)-\exp(-b*(idade-c)))]$ de crescimento e de consumo alimentar de frangos de corte de médio e alto desempenho, machos e fêmeas.

Embora os machos tenham apresentado maiores taxas de crescimento corporal em relação às fêmeas, o comportamento das curvas de crescimento foi similar: houve um crescimento acelerado até 28 - 30 dias e a partir dessa idade as taxas de crescimento foram se reduzindo. Já o comportamento das taxas de deposição protéica foi diferente entre os sexos, sendo maior nos machos.

Em linhagens de crescimento mais lento Figueiredo *et al.* (2003), observaram que as aves da linhagem EMBRAPA 041 tiveram maior taxa de crescimento (43,3 g/d aos 56 dias) enquanto que a Label Rouge teve menor taxa e foi mais tardia (38,5 g/d aos 56 dias). A linhagem Sasso teve taxas de 45,41 g/d aos 49 dias para machos e 35,46 g/d aos 42 dias para as fêmeas, enquanto que na linhagem ISA Label as taxas foram de 40,33 g/d aos 49 dias para os machos e 31,77 g/d aos 42 dias para as fêmeas. No presente trabalho, a taxa de ganho de peso em machos C44 foi de 62,1 g/dia aos 32 dias e em fêmeas, de 50,0 g/d, aos 30 dias de idade (Tabela 4), resultados superiores aos observados nos trabalhos listados acima.

As taxas de consumo alimentar foram semelhantes para machos e fêmeas C44, que consumiram mais aos 44 dias de idades, quando os machos consumiram 142 g/d e as fêmeas 120 g/d. Para a linhagem Cobb 500, a capacidade de consumo foi bem superior; nos machos 188 g/d, no 38º dia e nas fêmeas, 163 g/d, na mesma idade dos machos.

Na Figura 2 estão apresentadas as curvas de deposição de água, proteína e gordura corporais e taxas de deposição, em g/dia, baseadas nos valores da tabela 5. Na linhagem Cobb 500, os machos apresentaram taxa

máxima de deposição de proteína maior e em idade mais precoce em relação às fêmeas. Este quadro se inverte após os 40 dias de idade, quando as fêmeas apresentaram maior taxa de deposição protéica. Entre as linhagens, a Cobb 500 apresentou maior taxa. Na linhagem C44, os machos também apresentaram maior taxa máxima de deposição protéica, mas em idade mais avançada do que nas fêmeas. A deposição de gordura foi mais tardia na linhagem C44 em relação à Cobb 500. Nesta, os machos tiveram taxa máxima mais precoce em relação às fêmeas (dias 29 e 37), mas os valores das taxas máximas foram equivalentes para machos e fêmeas Cobb 500. A taxa máxima de deposição de água foi superior na linhagem Cobb 500 e nos machos, em ambas as linhagens, porém ocorreu em idades semelhantes.

Boekholt *et al.* (1994) observaram que frangos de corte de crescimento lento e mesmo peso final, apresentaram menor deposição de lipídeo e maior deposição de proteína do que os animais de crescimento rápido comparados para mesmo peso. Nos trabalhos de Gous *et al.* (1999) e Longo (2000), as taxas à maturidade de deposição de gordura foram maiores para os machos comparados às fêmeas, corroborando com os resultados da linhagem Cobb 500 do presente trabalho. De acordo com Kessler *et al.* (2000), quanto maior e mais prolongado o platô de deposição de proteína, mais eficiente será o animal para produzir carne e melhor será a composição de carcaça.

Para todas as respostas avaliadas houve excelente ajuste no modelo não-linear utilizado, com $R^2 > 0,99$. Referente às respostas associadas ao consumo, cujo comportamento não é assintótico, optou-se por manter o

mesmo modelo, uma vez que o ajuste foi muito bom e as previsões deste trabalho limitam-se a animais criados até o abate, e não animais adultos.

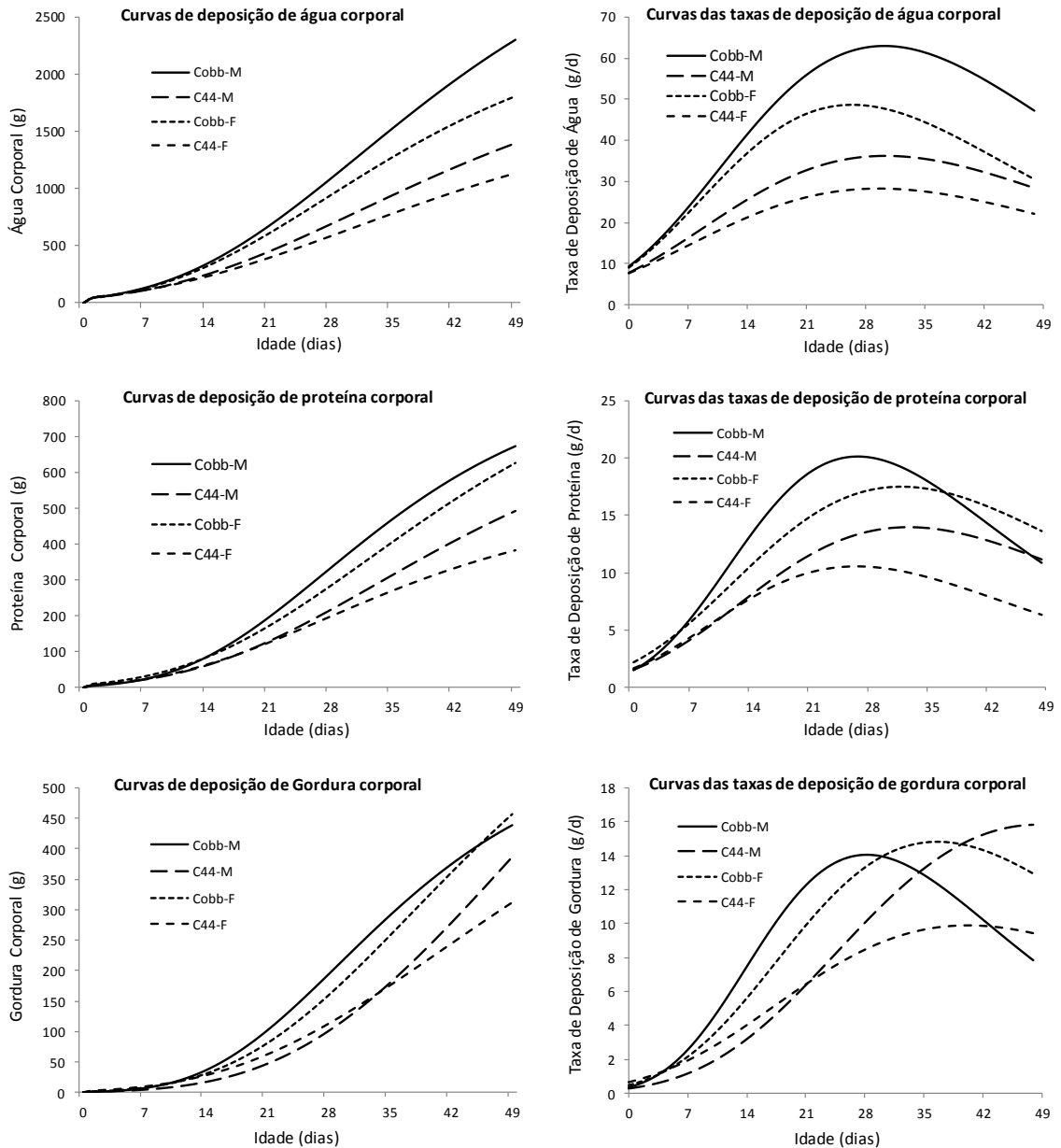


Figura 02: Curvas $[Y=a*\exp(-\exp(-b*(Idade-c)))]$ de deposição de água, proteína e gordura corporais e taxas $[Y=a*b*\exp(-b*(idade-c)-\exp(-b*(idade-c)))]$ de deposição de água, proteína e gordura de frangos de corte de médio e alto desempenho, machos e fêmeas.

Na tabela 6 estão apresentados os coeficientes de crescimento alométrico (b), para água, proteína e gordura corporais, em relação ao peso vivo, e o intercepto do logaritmo da regressão linear (a). Em teoria, quando $b=1$, o crescimento é denominado isogônico, indicando que as taxas de desenvolvimento de "X" e "Y" são semelhantes no intervalo de crescimento considerado. Quando $b \neq 1$, o crescimento é chamado heterogônico, sendo positivo ($b > 1$), quando o desenvolvimento é tardio; ou negativo ($b < 1$), quando o desenvolvimento é precoce. Na ordem, a deposição de água foi mais precoce do que a de proteína, que foi mais precoce do que a de gordura corporal ($p < 0,05$). Na linhagem C44, a deposição de água foi mais precoce do que na Cobb e as fêmeas mais precoces em relação aos machos ($p < 0,05$). Em geral, a deposição de água corpórea foi mais precoce em relação ao ganho de peso. Todos os coeficientes alométricos foram significativos ($p < 0,05$) para todas as variáveis e tratamentos.

Os coeficientes alométricos da proteína revelaram valores menores para a linhagem Cobb 500 e para os machos Cobb 500 em relação às fêmeas Cobb 500. Entre machos e fêmeas C44, não houve diferença. A deposição de proteína foi parecida com o ganho de peso, mostrando-se levemente tardia. Isto pode ser explicado pelo aumento proporcional da proteína depositada nas penas à medida que a idade das aves avança, sendo as penas compostas por alta quantidade de proteína e baixa de água. A gordura é o tecido mais tardio, sendo mais precoce nos Cobb 500 em relação aos C44 e mais precoce nos machos em relação às fêmeas, independentemente da linhagem.

Tabela 6: Médias e erros-padrão dos coeficientes de crescimento alométrico (a ; b) da água, proteína e gordura corporais em relação ao peso vivo ($Y=aX^b$) e níveis descritivos de probabilidade do teste F da análise da variância

	Água		Proteína		Gordura	
	a	b	a	b	a	b
Cobb-M	0,9255±0,0044 ^d	0,9492±0,0010 ^a	0,1316±0,0009 ^a	1,0448±0,0012 ^c	0,0322±0,0008 ^a	1,1622±0,0041 ^d
Cobb-F	0,9772±0,0062 ^c	0,9381±0,0012 ^b	0,1186±0,0014 ^b	1,0642±0,0019 ^b	0,0294±0,0010 ^b	1,1882±0,0074 ^c
C44-M	1,0488±0,0096 ^b	0,9246±0,0018 ^c	0,1054±0,0012 ^c	1,0882±0,0022 ^a	0,0242±0,0011 ^c	1,2149±0,0086 ^b
C44-F	1,0860±0,0100 ^a	0,9158±0,0018 ^d	0,1089±0,0023 ^c	1,0843±0,0038 ^a	0,0199±0,0004 ^d	1,2612±0,0034 ^a
Prob F	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem significativamente pelo teste t ($p<0,05$).

CONCLUSÕES

As equações de Gompertz foram eficientes para descrever o crescimento corporal, o consumo e a deposição de componentes corporais, com coeficiente de determinação maior que 0,99.

As taxas de crescimento foram superiores na linhagem Cobb 500 em relação à C44 e nos machos em relação às fêmeas em ambas as linhagens.

A linhagem Cobb 500 apresenta maior capacidade de consumo e atinge a sua máxima capacidade em idade mais precoce em comparação à linhagem C44.

A deposição de proteína e de gordura corporais apresenta maior taxa de maturidade nos machos em relação às fêmeas, na linhagem Cobb 500.

Os coeficientes alométricos caracterizaram maior precocidade para água corpórea na linhagem C44 e nas fêmeas, em ambas as linhagens. Para proteína, a linhagem Cobb 500 foi mais precoce que a C44, sendo que na Cobb 500 os machos foram mais precoces em relação às fêmeas, enquanto que na linhagem C44 não houve diferença entre sexos. A gordura foi mais precoce nos Cobb 500 e nas fêmeas, em ambas as linhagens.

REFERÊNCIAS

Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis. 16 ed. Washington, 1993.

Boekholt HA, Van der Grinten PH, Schrours VVAM, Los MJN, Lefferinge CP. Effects of divergent selection for body weight on three skeletal muscles characteristics in the chicken. *British Poultry Science*, v.35, p.603-614, 1994.

Darmani HK, Porter T, LÓPEZ S, Kebreab E, Strathe AB, Dumas A, Dijkstra J, France J. A review of mathematical functions for the analysis of growth in poultry. *World's Poultry Science Journal*, 66, p. 227-240, 2010.

Dourado LRB, Sakomura NK, Nascimento DCN, Dorigam JC, Marcato S M, Fernandes JBK. Crescimento e desempenho de linhagens de aves pescoço pelado criadas em sistema semi-confinado. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 33, n.3, p. 875-881, maio/junho de 2009.

Fialho FB. Interpretação da curva de crescimento de Gompertz. Concórdia. Embrapa- CNPSA, p.1-4. (Comunicado Técnico 237), 1999.

Figueiredo EAP, Avila VS, Schmidt GS, Baroni Júnior W, Coldebella A, Piccinin I. Curvas de crescimento de linhagens criadas em sistema alternativo. *Revista Brasileira de Ciências Avícolas*, Campinas, v.5, n.5, p. 111, 2003. Suplemento.

Freitas AR. Curvas de crescimento na produção animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.3, p. 786-795, 2005.

Gous RM, Moran Jr ET, Stilborn HR, Bradford GD, Emmans GC. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. *Poultry Science*, v.78, n.6, p.812-821, 1999.

Hancock CE, Bradford GD, Emmans GC, Gous RM. The evaluation of the growth parameters of six strains of commercial broiler chickens. *British Poultry Science*, Basingstoke, v.36, p.247-264, 1995.

Hruby M, Haure KL, Coon CN. Non-linear and linear functions in body protein growth. *Journal of Applied Poultry Research*, v.5, p. 109-115, 1996.

Kessler AM, Snizek PN, Brugalli I. Manipulação da quantidade de gordura na carcaça de frangos. Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas. FACTA, Campinas, SP, Brazil. p.117-133, 2000.

Kessler AM, Snizek PN. Considerações sobre a quantidade de gordura na carcaça do frango. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.111-159.

Longo F. Estudo do metabolismo energético e do crescimento de frangos de corte. (Dissertação). Jaboticabal (SP): Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista; 2000.

Marcatto SM, Sakomura NK, Munari DP, Fernandes JBK, Kawauchi IM, Bonato MA. Growth and body nutrient deposition of two broiler commercial genetic lines. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v. 10, n.2, p. 117-123, 2008.

McKay JC. The genetics of modern commercial poultry. In: Proceedings of the XXIII World's Poultry Congress, Brisbane, Australia. 2008.

Rostagno HS, Albino LFT, Donzelle JL. Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais. 2 ed. Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 186p., 2005.

Sakomura NK, Longo FA, Oviedo-Rondon EO, Boa-Viagem C, Ferraudo A. Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. Poultry Science, 84: 1363-1369, 2005.

Santos AL, Sakomura NK, Freitas ER, Fortes CMLS, Carrilho ENVM, Fernandes JBK. Estudo do crescimento, desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de três linhagens de frango de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v.34, n.5, p.1589-1598, 2005.

Schmidt CJ, Persia ME, Feierstein B, Kingham B, Saylor WW. Comparison of a modern broiler line and a heritage line unselected since the 1950s. Poultry Science, 84: 2610 - 2619, 2009.

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

Vincek D, Kralik G, Kusec G, Sabo K, Scitovski R. Application of growth functions in the prediction of live weight of domestic animals. Central European Journal of Operations Research, p.1-15, 2011.

Xavier LH. Modelos univariado e multivariado para análise de medidas repetidas e verificação da acurácia do modelo univariado por meio de simulação. Piracicaba, 2000. 91 p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2000.

CAPÍTULO III ⁽¹⁾

⁽¹⁾Artigo a ser submetido para a Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira - PAB

Emissão de dióxido de carbono pela cama de primeiro lote de frangos de corte

João Dionísio Henn^(1,2), Luciane Bockor⁽¹⁾, Fábio Ritter Marx⁽¹⁾, Arlei

Coldebella⁽²⁾, Andrea Machado Leal Ribeiro⁽¹⁾ e Alexandre de Mello Kessler⁽¹⁾

⁽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

RESUMO – Objetivou-se avaliar as concentrações de gases de efeito estufa (CO₂, CH₄ e N₂O) no ambiente interno das instalações e determinar a emissão de CO₂ 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 20 mL e analisadas por cromatografia gasosa. Com base no balanço de C da cama foi estimado o total de CO₂ emitido. A concentração de CO₂ foi 3,5 vezes maior no ar do interior do aviário em relação ao ar externo e não houve diferença para N₂O e CH₄. 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, 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.

Termos para indexação: Ambiente de produção, impacto ambiental, mudanças climáticas, gás de efeito estufa, odores, resíduos da produção animal.

Emission carbon dioxide in litter in the first flock of broilers

ABSTRACT – This study aimed to evaluate the concentrations of greenhouse gases (CO₂, CH₄ and N₂O) in the air and determine the CO₂ 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 CO₂ emitted. The CO₂ concentration was 3.5 times higher in the air inside the aviary in relation to outside air and there was no difference for N₂O and CH₄. CO₂ 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.

Index terms: Production environment, environmental impact, climate change, greenhouse gases, odors, waste from animal production.

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. De acordo com Kelleher et al. (2002), 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. 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 $24,2 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$, e no verão de $27,2 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$. 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 $18,1 \text{ mg hora}^{-1} \text{ ave}^{-1}$; de CO_2 de $3,84$ e $4,06 \text{ g hora}^{-1} \text{ ave}^{-1}$; de metano de $0,44$ e $1,87 \text{ mg hora}^{-1} \text{ ave}^{-1}$ e de óxido nitroso de $1,74$ e $2,13 \text{ mg hora}^{-1} \text{ ave}^{-1}$, 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, sendo que em presença desta substância, a concentração mínima deverá ser de 18%, em volume.

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.

Material e 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. O trabalho foi realizado no Laboratório de Ensino Zootécnico – LEZO, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, nos meses de novembro e dezembro de 2009. 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 6 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 tabela 1. As coletas de amostras de gases das camas foram feitas nos 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.

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

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).



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

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 N_2O e de CH_4 foram calculados de acordo com a equação $f=(\Delta Q/\Delta t)*(PV/RT)*(1/A)$, onde, f é fluxo de óxido nitroso ($\mu\text{g de N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$), Q é a quantidade do gás na câmara no momento da coleta ($\mu\text{g N}_2\text{O/câmara}$), 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 ($0,08205 \text{ atm.L mol}^{-1}\text{K}^{-1}$), T é a temperatura dentro da câmara no momento da coleta ($^{\circ}\text{K}$) e A é a área da câmara (m^2). 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 CO_2 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), 7 repetições por tratamento e período de adaptação dos frangos às dietas e às gaiolas metabólicas de 4 dias, seguidos de 3 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 = 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 avaliado pelas câmeras 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).

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.

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

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 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 Guiziou & Béline (2005), que não observaram emissões de CH_4 e de N_2O 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 Watches et al. (1997), que obtiveram uma emissão de CH_4 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 CH_4 e N_2O da cama de aves pode estar associado à qualidade da 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 6 lotes, nas condições de clima do Brasil, é esperado que a emissão de gases aumente, e além de CO_2 também seja detectada emissão de N_2O , a qual é favorecida por elevados teores de água e nitrogênio, na presença de microrganismos. Watches et al. (1997) estimaram a emissão de N_2O 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 CO_2 , enquanto que apenas 0,15% na forma de CH_4 . 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 observou-se 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).

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).

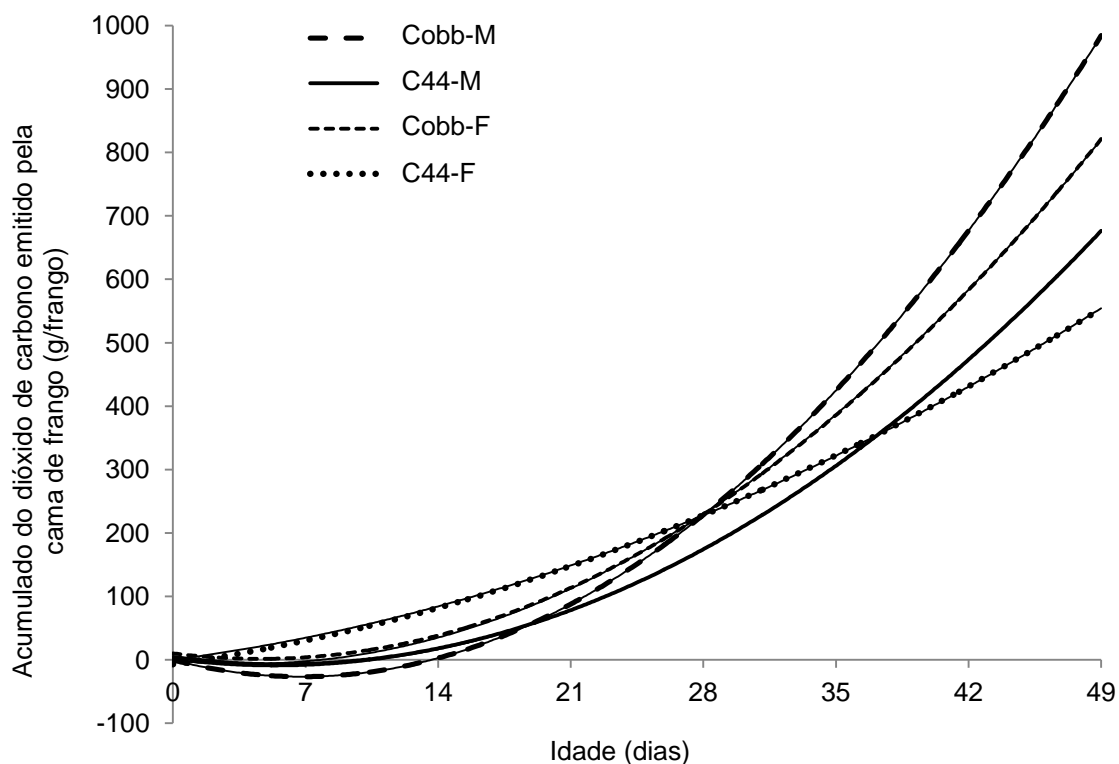


Figura 2: Curvas da emissão acumulada de dióxido de carbono pela cama de frangos de corte Cobb e C-44, machos e fêmeas (g/frango).

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 35º 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 35º 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.

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

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 Ouwkerk & 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 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.

Conclusões

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

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

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

4. 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.

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.

Referências Bibliográficas

CALVET, S.; CAMBRA-LÓPEZ, M.; ESTELLÉS, F.; TORRES, A. G. Characterization of gas emissions from a Mediterranean broiler farm. **Poultry Science**, 90: 534-542, 2011a.

CALVET, S.; ESTELLÉS, F.; CAMBRA-LÓPEZ, M.; TORRES, A. G.; VAN DEN WEGHE, H. F. A. 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**, 90: 2449-2458, 2011b.

CARVALHO, T. M. R.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; SOUZA, G. S.; BUENO, L. G. F. 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.; KESSLER, A. M.; MORAES, M. L. M. 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**. 96, 203-207, 2005.

KELLEHER, B. P.; LEAHY, J. J.; HENIHAN, A. M.; O'DWYER, T.F.; SUTTON, D.; LEAHY, M.J. Advances in poultry litter disposal technology – a review. **Bioresource Technology**, v.83, p.27-36, 2002.

MENEGALI, I.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F.C.; CECON, P. R.; GUIMARÃES, M. C. C.; CORDEIRO, M. B. 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**. 40 (1):176-87, 2011.

MIRAGLIOTTA, M.Y. **Avaliação dos níveis de amônia em dois sistemas de produção de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciados**. (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**, 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. **Proceedings** of the XII World Congress on Agricultural Engineering, p 516-529. Milan, Italy. 1994.

VERGÉ, X. P. C.; DYER, J. A.; DESJARDINS, R. L.; WORTH, D. 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.; WHITE, R. P.; PHILLIPS, V. R. Concentrations and emission rates of aeral ammonia, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, dust and endotoxin in UK broiler and layer houses. **British Poultry Science**, 38:14-28, 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., GATES, R. S., OVERHULTS, D. G., EARNEST, J. W., MOODY, L. B. AND HOFF, S. J. **Use of CO₂ concentrations or CO₂ balance to estimate ventilation rate of modern commercial broiler houses.** ASABE Meeting Paper No. 064156. American Society of Agricultural and Biological Engineers. St. Joseph, Mich. 2006.

CAPÍTULO IV ⁽¹⁾

⁽¹⁾Artigo a ser submetido para a Revista Poultry Science.

Modelagem da emissão de dióxido de carbono na produção de frangos de corte

J. D. Henn^{1,2}, L. Bockor¹, A. M. L. Ribeiro¹, A. Coldebella² e A. M. Kessler¹

¹Departamento 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, aribeiro@ufrgs.br, akessler@ufrgs.br

²Embrapa 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

Mail Adress:

Alexandre de Mello Kessler
Av. Bento Gonçalves, 7712. 91.540-000.
Porto Alegre, RS, Brazil
Fone: (51) 3308 7424
E-mail: akessler@ufrgs.br

Resumo: Objetivou-se determinar os parâmetros das equações das curvas de fluxo de carbono (C) e estimar o fluxo de C e a emissão de dióxido de C (CO₂) em frangos de corte de diferentes linhagens, de 1 a 49 dias de idade. Foram utilizados trezentos e oitenta e quatro pintos de um dia de idade, distribuídos em quatro tratamentos: machos (Cobb-M) e fêmeas (Cobb-F) de alto desempenho; machos (C44-M) e fêmeas (C44-F) de médio desempenho, com seis repetições por tratamento, num delineamento experimental inteiramente casualizado. O C consumido e o retido foram calculados com base na

composição dietética e corporal de C, e a quantidade de C expirado foi estimada de uma forma estequiométrica, com a equação: C expirado = C digestível consumido - C retido - C urinário. O C emitido pela cama foi estimado pela equação: C emitido cama = C cama inicial + C excretas - C cama final). As curvas de fluxo de C foram determinadas ajustando os dados por regressão não linear utilizando a função de Gompertz. O CO₂ expirado foi calculado a partir do C expirado. Um bom ajuste foi encontrado no modelo não-linear utilizado, com um R²>0,99 para todas as respostas. A produção de CO₂ foi altamente correlacionada com a taxa de crescimento. Aos 42 dias de idade, o CO₂ expirado (g/ave) foi de 3384,4 para Cobb-M, 2947,9 para Cobb-F, 2512,5 para C44-M e 2185,1 para C44-F. O efeito de idade também foi determinante da produção de CO₂, de modo que, para alcançar o mesmo peso corporal de 2,0 kg, o CO₂ expirado (g/ave) foi de 1794,3 para Cobb-M, 2016,5 para Cobb-F, 2617,7 para C44-M e 3092,3 para C44-F. A soma de CO₂ emitido pelo frango e pela cama (g/ave) = $-68,4562 + 23,6036 * \text{Idade (dias)} - 0,1327 * \text{Peso Vivo (g)} + 0,0281 * \text{Idade} * \text{Peso Vivo}$ (P<0,0001, R²= 0,994). Estas equações apresentam alta previsibilidade para estimar as emissões individuais de CO₂, em qualquer peso, idade ou linhagem, entre 1 e 49 dias de idade.

Palavras-chave: Emissão de gases, Cobb-500, C-44, fluxos de carbono, curvas de crescimento.

Modeling carbon dioxide emission in the broiler production

Abstract: It was aimed to determine the equations parameters of the carbon (C) flow curves and to estimate the respiration C flow and the CO₂ emitted in broilers of different strains, from 1 to 49 d of age. Three hundred and eighty four chicks of one day were used, assigned to four groups: fast growing male (Cobb-M) and female (Cobb-F) and medium growing male (C44-M) and female (C44-F). The experimental design was completely randomized with six replicates by treatment. C intake and retention was calculated based on the C content of feed and animal body, and the amount of emitted C was estimated in a stoichiometric way by the follow equation: Emitted C = digestible C intake – retained C – urinary C. The C emitted by litter was estimated by the equation: C emitted by litter= initial litter C + excreta C - final litter C. The C flux curves were estimated fitting the data by non-linear regression using in the Gompertz function. Expired CO₂ was calculated from expired C. A good fitting was found in the non-linear model used, with a R²>0.99 in all growth and C flux responses. CO₂ production was highly correlated to growth rate. At 42d of age emitted CO₂ (g/bird) was 3384,4 for Cobb-M, 2947,9 for Cobb-F, 2512,5 for C44-M and 2185,1 for C44-F. Age effect was also determinant in CO₂ production, so that, to reach the same body weight of 2.0 kg, emitted CO₂ (g/bird) was 1793,6 for Cobb-M, 2014,4 for Cobb-F, 2615,3 for C44-M and 3104,3 for C44-F. The sum of CO₂ emitted by bird and litter (g/bird)= $-64,455 + 23,393 * \text{Age (d)} - 0,136 * \text{BW (g)} + 0,028 * \text{BW} \times \text{Age}$ (P<0.0001, R²= 0.994). These equations presented

high predictability to estimate individual broiler CO₂ emission at any weight, age or strain, from 1 to 49 days of age.

Keywords: CO₂, gas emissions, Cobb, carbon flow, growth curves

INTRODUÇÃO

A avicultura industrial apresenta pequena produção de óxido nitroso e de metano, enquanto que é alta a produção de CO₂, sendo a maior parte oriunda da respiração dos animais, seguida pela fermentação aeróbica das excretas e demais resíduos da cama. No frango de corte, o dióxido de carbono é produzido como resultado do metabolismo e influenciado pelo peso, ganho diário de peso, atividade física do animal e pelas condições ambientais. Na cama, o CO₂ é emitido como resultado dos processos de fermentação, dependendo das características físicas da mesma, região geográfica, tipo de material, número de lotes, tipo de bebedouros e manejo na granja (Carvalho et al. 2011) e da composição desta cama, constituída 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).

Nas últimas décadas, os avanços genéticos obtidos na avicultura de corte proporcionaram animais com maior ganho de peso diário e maior capacidade de consumo de dietas de alta digestibilidade. Comparando uma linhagem moderna (Ross 708) com uma linhagem sem seleção desde 1950,

até os 35 dias de idade, Schmidt et al. (2009), verificaram maior capacidade de crescimento (1,8 x 1,0 kg de peso vivo) e maior eficiência alimentar da linhagem moderna, que apresentou também maior proporção de peito (18 x 9% do peso vivo), de fígado e com desenvolvimento mais precoce e maior comprimento de jejuno e íleo. Estes animais apresentam maior absorção e utilização dos nutrientes com conseqüente diminuição nas emissões de CO₂. Hume et al. (2011) avaliaram os efeitos dos ganhos genéticos nos frangos de corte, no período de 1988 a 2007, sobre emissões de gases de efeito estufa e verificaram diminuição potencial de aquecimento global desta atividade em 23% no período. A produção de CO₂ pelo frango de corte é proporcional à sua aptidão produtiva. A energia da dieta é utilizada para a manutenção, processos de catabolismo e para produção. Os gastos energéticos de manutenção representam cerca de 40 a 50% e os gastos associados à síntese de tecidos corporais entre 25 e 35% da energia metabolizável consumida (Kessler et al. 2004), enquanto que a energia depositada como proteína e gordura corporais varia entre 38 a 40% da energia metabolizável consumida (Lopez et al. 2007). Em linhagens de crescimento lento, a energia de manutenção assume maior proporção do total da energia ingerida, com menor deposição corpórea de energia.

Para cada quilo de peso vivo de frango produzido, são emitidos de 2 a 2,3 kg de CO₂ (Dong et al. 2006). A emissão de CO₂ pelo frango de corte é influenciada pelo peso do frango, dieta, taxa de maturidade, atividade física, época do ano, entre outros fatores. Somente através da respiração dos frangos, são emitidos 1,4 kg de CO₂ por kg de carne de frango produzido (Calvet et al. 2011a) e por frango de 2,43 kg produzido, as emissões médias

foram de 3,58 kg de CO₂; 1,63 g de CH₄ e de 2,07 g de N₂O. As quantidades de CH₄ e de N₂O emitidas na produção e frangos de corte são muito pequenas e, de acordo com Guiziou & Béline (2005), podem ser ignoradas nos inventários nacionais de emissões de gases de efeito estufa. Para Knížatóná et al. (2010 b), a produção de CO₂ pelo frango de corte foi proporcional à sua produção de calor, que correspondeu a 1,5 L/h/kg de peso vivo, equivalente a 2,946 g CO₂/h/kg de peso vivo.

Neste trabalho tivemos como objetivos (1) determinar os parâmetros das equações das curvas de fluxo de carbono (C), (2) estimar o fluxo de C e a emissão de CO₂ e (3) desenvolver modelos matemáticos capazes de estimar a emissão de CO₂ na produção de frangos de corte, com base no balanço de carbono no frango e na cama de aviário, considerando o crescimento e composição corporal, o consumo alimentar e a metabolizabilidade das dietas, a produção de excretas e seu teor de carbono e a conseqüente emissão de CO₂ pela respiração dos animais e pela fermentação da cama.

MATERIAL E MÉTODOS

Instalações, Animais e Tratamentos

Os procedimentos adotados na condução deste experimento estão de acordo com as diretrizes brasileiras, baseadas na Lei Federal n^o 11.794 de 08 de outubro de 2008 e aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O trabalho foi realizado no Laboratório de Ensino Zootécnico – LEZO, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Foram utilizados 384 pintos de um dia, 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) e 6 repetições, em delineamento inteiramente casualizado. Em sala climatizada com ar central e com exaustor, as aves foram alojadas em 24 boxes de 1 m², tendo sido inicialmente alojados 16 pintos por box, terminando com 10 frangos na última semana, em função dos abates semanais. A cama utilizada foi de maravalha nova, com predomínio de pinus (*Pinus elliottii*).

Dietas Experimentais e Manejo

Na primeira semana de experimento, todos os pintos receberam a mesma dieta pré-inicial. Após este período, foram utilizadas dietas inicial e crescimento (tabelas 1 e 2) fareladas, fornecidas *ad libitum* em comedouros tubulares, formuladas conforme especificações para linhagem e sexo, conforme Rostagno *et al.* (2005). Água limpa e fresca estava disponível em bebedouros tipo nipple.

Semanalmente, as aves e as rações foram pesadas para determinar o peso corporal médio, o ganho de peso médio e o consumo alimentar médio. A mortalidade também foi avaliada para correção do consumo médio e do peso médio final, em cada fase.

Tabela 1. Composições centesimal e nutricional das dietas experimentais pré-inicial e inicial

Ingredientes	Pré-inicial*	Inicial			
		Cobb-M	C44-M	Cobb-F	C44-F
Milho	51,772	56,95	56,95	56,95	56,95
Farelo de soja (46)	39,36	35,42	35,42	35,42	35,42
Óleo de soja	4,263	3,33	3,33	3,33	3,33
Fosfato bicálcico	1,938	1,90	1,90	1,90	1,90
Calcário	1,224	1,14	1,14	1,14	1,14
Amido de Milho	-	-	0,160	0,08	0,230
Sal comum	0,540	0,463	0,463	0,463	0,463
DL Metionina	0,332	0,273	0,213	0,243	0,183
L-Lisina	0,316	0,286	0,186	0,236	0,146
L-Treonina	0,032	-	-	-	-
Premix Vitamínico ⁽¹⁾	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
Premix Mineral ⁽²⁾	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
Monensina 20%	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto de Colina (60%)	0,048	0,055	0,055	0,055	0,055
Valores Calculados					
Proteína Bruta (%)	23,00	21,50	21,50	21,50	21,50
EM - kcal/kg	3.050,0	3.050,0	3.050,0	3.050,0	3.050,0
Cálcio (%)	1,000	0,950	0,950	0,950	0,950
Fósforo disp. (%)	0,460	0,450	0,450	0,450	0,450
Metionina dig. (%)	0,625	0,552	0,492	0,549	0,462
Met. + Cist. dig. (%)	0,940	0,850	0,804	0,845	0,711
Lisina dig. (%)	1,300	1,190	1,090	1,140	0,96
Colina (mg/kg)	1.550	1.500	1.500	1.500	1.500
Triptofano dig. (%)	0,236	0,217	0,217	0,217	0,217
Treonina dig. (%)	0,860	0,774	0,774	0,774	0,774
C na Proteína (%)	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00
C na Gordura (%)	76,10	76,10	76,10	76,10	76,10
C nos Carboidratos (%)	44,44	44,44	44,44	44,44	44,44

* A dieta pré-inicial foi fornecida para todos os tratamentos, nos primeiros 7 dias de vida.

(1) Conteúdo/kg da dieta pré-inicial e inicial: Premix vitamínico: 10000 IU vit. A; 2000 IU vit. D3; 35 mg vit. E; 3,5 mg vit. K3; 2 mg B1; 6 mg B2; 3,0 mg B6; 15 mcg B12; 12 mg ác pant; 35 mg niacina; 0,8 mg ác fólico e 100 mcg biotina.

(2) Conteúdo/kg da dieta pré-inicial e inicial: Premix mineral: 0,3 mg Se; 1,0 mg I; 60 mg Fe; 12 mg Cu; 80 mg Zn e 80 mg Mn.

Tabela 2. Composições centesimal e nutricional das dietas experimentais na fase de crescimento

Ingredientes	Cobb-M	C44-M	Cobb-F	C44-F
Milho	60,00	60,00	60,00	60,00
Farelo de soja (46)	31,77	31,77	31,77	31,77
Óleo de soja	4,265	4,265	4,265	4,265
Fosfato bicálcico	1,765	1,765	1,765	1,765
Calcário	1.063	1.063	1.063	1.063
Amido de Milho	-	0,381	0,459	0,762
Sal comum	0,412	0,412	0,412	0,412
DL Metionina	0,247	0,190	0,149	0,147
L-Lisina	0,252	0,175	0,197	0,098
Premix Vitamínico ⁽¹⁾	0,040	0,040	0,040	0,040
Premix Mineral ⁽²⁾	0,070	0,070	0,070	0,070
Monensina 20%	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto de Colina (60%)	0,062	0,062	0,062	0,062
Valores Calculados				
Proteína Bruta (%)	20,00	20,00	20,00	20,00
EM - kcal/kg	3150,0	3150,0	3150,0	3150,0
Cálcio (%)	0,880	0,880	0,880	0,880
Fósforo disp. (%)	0,420	0,420	0,420	0,420
Metionina dig. (%)	0,509	0,453	0,412	0,409
Met. + Cist. dig. (%)	0,790	0,703	0,639	0,635
Lisina dig. (%)	1,080	1,003	1,025	0,926
Colina (mg/kg)	1.450	1.450	1.450	1.450
Triptofano dig. (%)	0,199	0,199	0,199	0,199
Treonina dig. (%)	0,718	0,718	0,718	0,718
C na Proteína (%)	53,00	53,00	53,00	53,00
C na Gordura (%)	76,10	76,10	76,10	76,10
C nos Carboidratos (%)	44,44	44,44	44,44	44,44

⁽¹⁾ Conteúdo/kg da dieta: Premix vitamínico: 8000 IU vit. A; 1600 IU vit. D3; 30 mg vit. E; 2,5 mg vit. K3; 1,5 mg B1; 4 mg B2; 2,0 mg B6; 12 mcg B12; 10 mg ác pant; 30 mg niacina; 0,7 mg ác fólico e 60 mcg biotina por.

⁽²⁾ Conteúdo/kg da dieta: Premix mineral: 0,3mg Se; 0,8mg I; 50 mg Fe; 10 mg Cu; 80 mg Zn e 70 mg Mn.

Coleta, Preparo de Amostras e Análises

No início do experimento e aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias de idade foram sacrificadas 6 aves representativas do peso médio de cada tratamento (uma por repetição), depenadas e removido o conteúdo intestinal. A percentagem de penas foi estimada a partir de diferença de peso do animal

antes e após o depenamento, e uma amostra das penas por tratamento foi coletada para posterior análise. O restante do animal (carcaça com pés e cabeça, vísceras e sangue) foi congelado à -20°C . Para o preparo das amostras para análise, este material foi serrado e triturado em moinho de carne industrial e retiradas sub-amostras de aproximadamente 250 g, secas em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas, moídas em moinho de bolas, para posteriores análises laboratoriais. Os ingredientes, as dietas experimentais e as amostras da composição corporal dos animais foram analisados nos seus teores de matéria seca, proteína bruta e gordura (AOAC, 1993).

As amostras dos ingredientes, dietas, carcaças, excretas e das camas 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 .

Equações e Cálculos

Os cálculos do consumo, retenção e excreção de carbono foram feitos utilizando as seguintes fórmulas:

$$CC_t = C_a * PB_a * C_{pb} + C_a * GB_a * C_{gb} + C_a * CHO_a * C_{cho} \quad (1)$$

$$CC_d = C_a * PB_a * C_{pb} * CD_{pb} + C_a * GB_a * C_{gb} * CD_{gb} + C_a * CHO_a * C_{cho} * CD_{cho} \quad (2)$$

$$RCC = C_{gb} * GB_{corporal} + C_{pb} * PB_{corporal} \quad (3)$$

$$CE = C_{fecal} + C_{urinário} \quad (4)$$

$$C_{expirado} = CC_{dig} - C_{retido} - C_{urinário} \quad (5)$$

$$CAC = PC * \%C_{cama} \quad (6)$$

$$CEC = C_{\text{excretado}} - \Delta C_{\text{cama}} \quad (7)$$

Onde: CC_t = Consumo de carbono total (g); PB_a = teor de proteína no alimento (%); C_{pb} = teor de C na proteína; GB_a = teor de gordura no alimento; C_{gb} = teor de C na gordura; CHO_a = teor de carboidratos no alimento; C_{cho} = teor de C nos carboidratos. CC_d = Consumo de carbono digestível (g); CD_{pb} = coeficiente de digestibilidade aparente da proteína; CD_{gb} = coeficiente de digestibilidade aparente da gordura; CD_{cho} = coeficiente de digestibilidade aparente dos carboidratos. RCC = Retenção de carbono corporal; GB_{corporal} = total de gordura corporal; PB_{corporal} = total da proteína corporal; CE = Carbono excretado (g); C_{fecal} = carbono fecal; $C_{\text{urinário}}$ = carbono urinário; C_{expirado} = Carbono expirado (g); CC_{dig} = consumo de carbono digestível; C_{retido} = total de carbono retido; CAC = Carbono Acumulado na cama (g); PC = peso da cama; $\%C_{\text{cama}}$ = percentual de carbono na cama, base seca; CEC = Carbono emitido pela cama; $C_{\text{excretado}}$ = total de carbono excretado e ΔC_{cama} = variação dos somatórios semanais do carbono da cama.

* C_{fecal} = Total C consumido – C digestível consumido.

** $C_{\text{urinário}}$ = ácido úrico*0,3572, sendo a quantidade de ácido úrico= (C do N digestível – retenção de N)/0,3333.

Definição dos Parâmetros

Os parâmetros foram definidos com base nas análises laboratoriais das amostras experimentais (dietas, composição corporal dos animais, das excretas e da cama), das curvas de crescimento e de deposição de tecidos corporais, bem como de dados de literatura (gasto energético de manutenção, eficiência de retenção de proteína e gordura corporais, digestibilidade aparente dos componentes dietéticos dos principais ingredientes)(quadro 1).

Desenvolvimento do Modelo

O modelo final para as estimativas de emissão de carbono pelo lote de frangos segue balanço estequiométrico, conforme Kleiber (1975): C emitido = (C consumido – C excreta – C retido) + (C cama inicial + C excreta – C cama final). O total de CO₂ emitido segue a pressuposição de que 100% do C emitido estimado é CO₂ atmosférico (27,29% C; 72,71% O).

Quadro 1: Parâmetros utilizados nas equações dos fluxos de C

Variável	Parâmetro	Referências
Proteína na dieta	23; 21,5 e 20%*	Análise laboratorial [#]
C na proteína	53%	Brouwer (1965); McKinney (2005)
Digestibilidade da proteína	88%	Ravindran et al. (1999); Zanella et al. (1999); Yadalan (2005); Carvalho et al. (2008); Rostagno et al. (2011);
Gordura na dieta	6,6; 5,8 e 6,8%*	Análise laboratorial [#]
C na gordura	76,1%	Brouwer (1965); McKinney (2005)
Digestibilidade da gordura	79; 76 e 78%*	Raber et al. (2009); Rostagno et al. (2011);
Carboidratos na dieta	53; 56 e 57%*	Análise laboratorial [#]
C nos carboidratos	44,4%	Brouwer, 1965
C no calcáreo	10,8%	Cálculo do autor
Digestibilidade dos carboidratos	70,6; 72 e 74%*	Zanella et al. (1999); Parsons et al. (2000); Weurding et al. (2001); Rostagno et al. (2011);
EE corporal	**	Análise laboratorial [#] e C na gordura
PB corporal	**	Análise laboratorial [#] e C na proteína

*dietas pré-inicial, inicial e crescimento, respectivamente. ** valores variáveis, conforme teores de PB e GB corpóreos, nas diferentes linhagens e sexos.
[#]Laboratório de Nutrição Animal – LNA/UFRGS.

Análise Estatística

As estimativas dos fluxos de C nos frangos de corte (consumo, retenção, excreção e expiração) foram obtidas utilizando a função de Gompertz. Para os dados da cama, foi usada a função exponencial, por apresentar melhor ajuste das curvas. Na função de Gompertz (1825), conforme sugestão de Gous *et al.* (1999), os parâmetros a, b e c se ajustam no modelo, segundo a equação: $Y = a \cdot \exp(-\exp(-b \cdot (\text{Idade} - c)))$, sendo que o parâmetro **a** é o valor assintótico (por exemplo, consumo de C à maturidade, **b** representa a taxa de maturidade, sendo uma função entre a máxima taxa de crescimento e o

peso adulto do animal. Quanto maior esse valor, mais precoce será o animal, pois atingirá o valor assintótico em menor tempo. O parâmetro **c** é a idade em que a taxa máxima é alcançada, sendo o ponto de inflexão da curva sigmoidal. As taxas de consumo, retenção, excreção e expiração de C, em g/dia, como função do tempo, foram calculadas utilizando a derivada das equações de Gompertz (Fialho 1999), onde **$Y = a \cdot b \cdot \exp(-b \cdot (\text{idade} - c) - \exp(-b \cdot (\text{idade} - c)))$** .

O procedimento “NLIN” do pacote estatístico SAS (SAS INSTITUTE INC, 2008) foi utilizado para ajustar os dados e estimar os valores dos parâmetros (a, b, c) da curva de Gompertz, para cada unidade experimental, para as variáveis peso vivo, consumo de alimento e deposição de água, proteína e gordura corporais. Foi realizada análise da variância, por meio do procedimento GLM, para verificar o efeito dos tratamentos sobre as estimativas dos parâmetros da curva. Finalmente, foi usado o teste t para comparar as médias dos tratamentos dois a dois, sempre que o teste F detectou efeito significativo dos tratamentos ($p \leq 0,05$). Complementando a análise, as variáveis foram analisadas utilizando-se a teoria de modelos mistos para medidas repetidas e 16 tipos de estruturas de matriz de variâncias e covariâncias, usando o PROC MIXED (Xavier, 2000). A estrutura de variâncias e covariâncias foi escolhida com base no menor valor do Critério de Informação de Akaike (AIC). O método de estimação usado foi o de máxima verossimilhança restrita.

Para a identificação da idade em que os animais atingiram 2 kg de peso vivo, foi utilizada a função inversa da equação de Gompertz, onde

$t = c + \frac{\ln(\ln \frac{a}{y})}{-b}$, sendo t a idade, a, b e c são os parâmetros da equação de Gompertz, ln o logaritmo neperiano e y o peso vivo (2 kg).

Para o cálculo da emissão de CO₂ pela cama foi utilizada a função exponencial: $Y = a^{(b \cdot \text{idade})}$, e para a determinação das taxas de emissão de CO₂ pela cama, foi utilizada a derivada da função, onde: $Y = a * b^{(b \cdot \text{idade})}$.

O Proc Stepwise do SAS foi utilizado para identificar as variáveis para a elaboração do modelo geral, tendo sido selecionadas as mais simples e de melhor entendimento teórico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Curvas dos Fluxos de Carbono

Na tabela 3, observamos os parâmetros da função de Gompertz para carbono consumido, retido, excretado e expirado. Para a maioria dos parâmetros de Gompertz, a linhagem Cobb apresenta valores assintóticos maiores do que a C44; além do que os machos das duas linhagens têm valores assintóticos maiores do que as fêmeas ($p \leq 0,05$). Para consumo de carbono total e digestível, as C44-F apresentaram valor assintótico menor; sem diferença entre os demais tratamentos. As taxas de consumo de carbono total e digestível foram maiores na linhagem Cobb, independente de sexo ($p \leq 0,0001$). A idade de máximo consumo de carbono total e digestível foi mais tardia na linhagem C44 e mais precoce na Cobb, sem diferenças entre sexos na mesma linhagem. Os valores assintóticos da retenção de carbono corporal

foram maiores no Cobb-F e C44-M em relação ao C44-F ($p=0,0399$), que estão relacionados com a maior retenção de gordura corporal, que contém mais C. A taxa de retenção de carbono corporal foi maior no Cobb-M ($p=0,0014$) e mais precoce em relação aos Cobb-F e C44-M ($p=0,0276$). Os valores assintóticos do carbono excretado foram maiores no Cobb-M em relação ao Cobb-F e C44-F ($p=0,0139$). As taxas de carbono excretado foram maiores e mais precoces na linhagem Cobb, sem diferença entre sexo, em ambas as linhagens ($p\leq 0,0001$). Para o carbono expirado e, por consequência, para o CO_2 expirado, o Cobb-M apresentou maior valor assintótico, sem diferença estatística entre os demais ($p=0,0191$). A taxa de carbono expirado foi maior no Cobb-F em relação C44-F, sem diferença entre os demais ($p=0,0351$). A máxima taxa de carbono expirado foi mais precoce no Cobb-F, sem diferir para os demais ($p=0,0894$).

As curvas de consumo de C total, de consumo de C digestível e de C excretado, seguem padrão similar às curvas do consumo de alimento, uma vez que são derivadas destas. De forma semelhante, a curva de retenção corporal de C reflete proporcionalmente as deposições corporais de proteína e gordura, a partir das quais foi estimada. Já a curva de C expirado é derivada de componentes de consumo (consumo de C digestível), de metabolismo (C urinário) de retenção (retenção corporal de C). Nesta resposta, foi observado maior valor assintótico, mas com crescimento mais tardio, para os machos Cobb, indicando aumento acentuado na produção de C expirado em idade maior, resultado da queda na eficiência de retenção líquida de nutrientes. Os

demais grupos (Cobb fêmea, C-44 macho e C-44 fêmea) mostram valores assintóticos proporcionais ao peso vivo e valores de **b** e **c** mais aproximados.

Os dados relativos às camas apresentaram seu melhor ajuste na função exponencial. Houve diferença ($p \leq 0,0001$) entre todos os tratamentos para o carbono excretado (parâmetro **a**), sendo maior na linhagem Cobb e nos machos (tabela 4). A taxa de carbono excretado (parâmetro **b**) foi maior nos machos, nas duas linhagens ($p=0,0156$). Para o carbono acumulado na cama, oriundo das excretas (desconsiderando o carbono da maravalha nova), houve diferença ($p \leq 0,0001$) entre todos os tratamentos, sendo maior na linhagem Cobb e nos machos. A taxa de acumulação de carbono na cama foi maior nas fêmeas C44 ($p=0,0002$). Para o carbono emitido pela cama, as fêmeas C44 tiveram maior valor assintótico em relação aos machos de ambas as linhagens ($p=0,0092$). A taxa de emissão de carbono da cama, e por consequência de CO_2 , foi menor no C44-F em relação aos demais tratamentos ($p=0,0006$).

Tabela 3: Médias observadas e erros-padrão das estimativas dos parâmetros da curva de Gompertz [$Y=a*\exp(-\exp(-b*(Idade-c)))$] do consumo de carbono total e digestível, retenção de carbono corporal, carbono excretado, carbono expirado, dióxido de carbono expirado e níveis descritivos de probabilidade do teste F da análise da variância

Parâmetros	Tratamentos				Prob F
	Cobb-M	Cobb-F	C44-M	C44-F	
Consumo de carbono total (g)					
a	4673,2 ± 272,7 ^a	4189,5 ± 55,15 ^a	4252,7 ± 169,0 ^a	3629,2 ± 103,7 ^b	0,0035
b	0,0454 ± 0,0010 ^a	0,0436 ± 0,0005 ^a	0,0377 ± 0,0006 ^b	0,0373 ± 0,0005 ^b	< 0,0001
c	38,34 ± 0,88 ^b	38,76 ± 0,26 ^b	44,39 ± 0,74 ^a	43,70 ± 0,54 ^a	< 0,0001
Consumo de carbono digestível (g)					
a	3646,1 ± 212,8 ^a	3270,9 ± 42,77 ^a	3321,1 ± 131,9 ^a	2836,2 ± 81,28 ^b	0,0037
b	0,0455 ± 0,0010 ^a	0,0437 ± 0,0005 ^a	0,0378 ± 0,0006 ^b	0,0374 ± 0,0005 ^b	< 0,0001
c	38,41 ± 0,88 ^b	38,85 ± 0,26 ^b	44,47 ± 0,73 ^a	43,80 ± 0,55 ^a	< 0,0001
Retenção de carbono corporal (g)					
a	879,47 ± 48,3 ^{ab}	1089,9 ± 72,59 ^a	963,93 ± 148,0 ^a	693,78 ± 61,2 ^b	0,0399
b	0,0660 ± 0,0037 ^a	0,0493 ± 0,0036 ^b	0,0448 ± 0,0036 ^b	0,0491 ± 0,0025 ^b	0,0014
c	28,28 ± 1,00 ^b	34,86 ± 1,88 ^a	38,36 ± 3,35 ^a	33,66 ± 1,71 ^{ab}	0,0276
Carbono excretado (g)					
a	1321,8 ± 75,16 ^a	1089,9 ± 31,89 ^b	1196,3 ± 61,10 ^{ab}	1085,6 ± 23,17 ^b	0,0139
b	0,0414 ± 0,0008 ^a	0,0425 ± 0,0007 ^a	0,0352 ± 0,0007 ^b	0,0340 ± 0,0002 ^b	< 0,0001
c	41,34 ± 0,90 ^b	39,66 ± 0,53 ^b	47,27 ± 1,09 ^a	47,97 ± 0,33 ^a	< 0,0001
Carbono expirado (g)					
a	3548,0 ± 252,7 ^a	2447,5 ± 220,1 ^b	2644,7 ± 386,9 ^b	2389,1 ± 127,6 ^b	0,0191
b	0,0356 ± 0,0013 ^{ab}	0,0398 ± 0,0022 ^a	0,0351 ± 0,0017 ^{ab}	0,0325 ± 0,0008 ^b	0,0351
c	49,91 ± 1,57 ^b	44,14 ± 2,21 ^b	49,73 ± 2,93 ^a	51,75 ± 1,20 ^a	0,0894
Dióxido de carbono expirado (g)					
a	13001 ± 926,1 ^a	8968,6 ± 806,5 ^b	9691,1 ± 1418 ^b	8754,4 ± 467,7 ^b	0,0191
b	0,0356 ± 0,0013,7 ^{ab}	0,0398 ± 0,0022 ^a	0,0351 ± 0,0017 ^{ab}	0,0325 ± 0,0008 ^b	0,0351
c	49,91 ± 1,57 ^{ab}	44,14 ± 2,21 ^b	49,73 ± 2,93 ^{ab}	51,75 ± 1,20 ^a	0,0894

Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem significativamente pelo teste t ($p < 0,05$).

Tabela 4: Médias e erros-padrão das estimativas dos parâmetros da função exponencial [$Y=a*\exp(b*Idade)$] do carbono das excretas, do carbono acumulado na cama, do carbono e do dióxido de carbono emitidos pela cama e níveis descritivos de probabilidade do teste F da análise da variância

Parâmetros	Tratamentos				Prob F
	Cobb-M	Cobb-F	C44-M	C44-F	
Carbono excretado (g)					
a	47,89 ± 0,64 ^a	45,30 ± 0,39 ^b	34,71 ± 0,23 ^c	32,32 ± 0,27 ^d	< 0,0001
b	0,0538 ± 0,0005 ^a	0,0523 ± 0,0002 ^b	0,0539 ± 0,0004 ^a	0,0529 ± 0,0001 ^{ab}	0,0157
Carbono acumulado na cama (g)					
a	42,10 ± 1,47 ^a	35,51 ± 2,38 ^b	28,15 ± 0,33 ^c	18,62 ± 0,94 ^d	< 0,0001
b	0,0453 ± 0,0012 ^b	0,0469 ± 0,0017 ^b	0,0477 ± 0,0003 ^b	0,0547 ± 0,0013 ^a	0,0002
Carbono emitido pela cama (g)					
a	9,417 ± 0,82 ^b	11,08 ± 1,84 ^{ab}	7,884 ± 0,347 ^b	13,65 ± 0,88 ^a	0,0102
b	0,0699 ± 0,0030 ^a	0,0644 ± 0,0042 ^a	0,0656 ± 0,0010 ^a	0,0508 ± 0,0015 ^b	0,0005
Dióxido de carbono emitido pela cama (g)					
a	34,51 ± 3,01 ^b	40,59 ± 6,75 ^{ab}	28,89 ± 1,27 ^b	50,02 ± 3,24 ^a	0,0102
b	0,0699 ± 0,0030 ^a	0,0644 ± 0,0042 ^a	0,0656 ± 0,0010 ^a	0,0508 ± 0,0015 ^b	0,0005

Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem significativamente pelo teste t. ($p < 0,05$).

Na Figura 1 estão apresentadas as curvas do CO₂ expirado pelo frango, emitido pela cama, o total emitido (frango + cama), em g/frango, e as respectivas taxas, em g/frango/dia. As maiores taxas de CO₂ expirado estão relacionadas com maiores taxas de crescimento das aves e apresentam comportamento semelhante. No trabalho de Hongmin et al. (2011), as emissões diárias de CO₂ aumentaram drasticamente do 32 ao 42 dia de idade dos frangos, saindo de 2,2 para 152,9 g/frango/dia, sendo que nas duas últimas semanas, os frangos emitiram 61,1% do total de CO₂.

Fluxos de carbono e emissões de dióxido de carbono pelo frango e pela cama

Na tabela 5 estão as médias de peso vivo e as estimativas dos fluxos de C e de CO₂ aos 42 dias de idade dos frangos. Observam-se diferenças estatísticas ($p \leq 0,0001$) para todas as respostas entre as linhagens e sexos. O CO₂ expirado foi maior na linhagem Cobb e nos machos, mostrando-se fortemente correlacionado com o peso vivo. Na cama, o CO₂ emitido foi maior na linhagem Cobb. Na linhagem Cobb não houve diferença entre sexos, enquanto que na C44 os machos emitiram mais CO₂ na cama do que as fêmeas ($p \leq 0,0001$). Na análise do total de CO₂ emitido (respiração frango + emitido pela cama) aos 42 dias de idade, os machos emitiram mais do que as fêmeas, em ambas as linhagens e a linhagem Cobb emitiu mais que a C44 ($p \leq 0,0001$). No trabalho de Calvet et al. (2011a), foram abatidos 19 mil frangos, com peso médio de 2,43 kg, resultando em emissões médias de 3,58 kg de CO₂, semelhantes aos dados obtidos pelas fêmeas Cobb do presente trabalho.

Estes autores observaram que as emissões aumentaram com a idade das aves e obtiveram taxas médias de emissão de dióxido de carbono de 3,84 e 4,06 g/hora/ave.

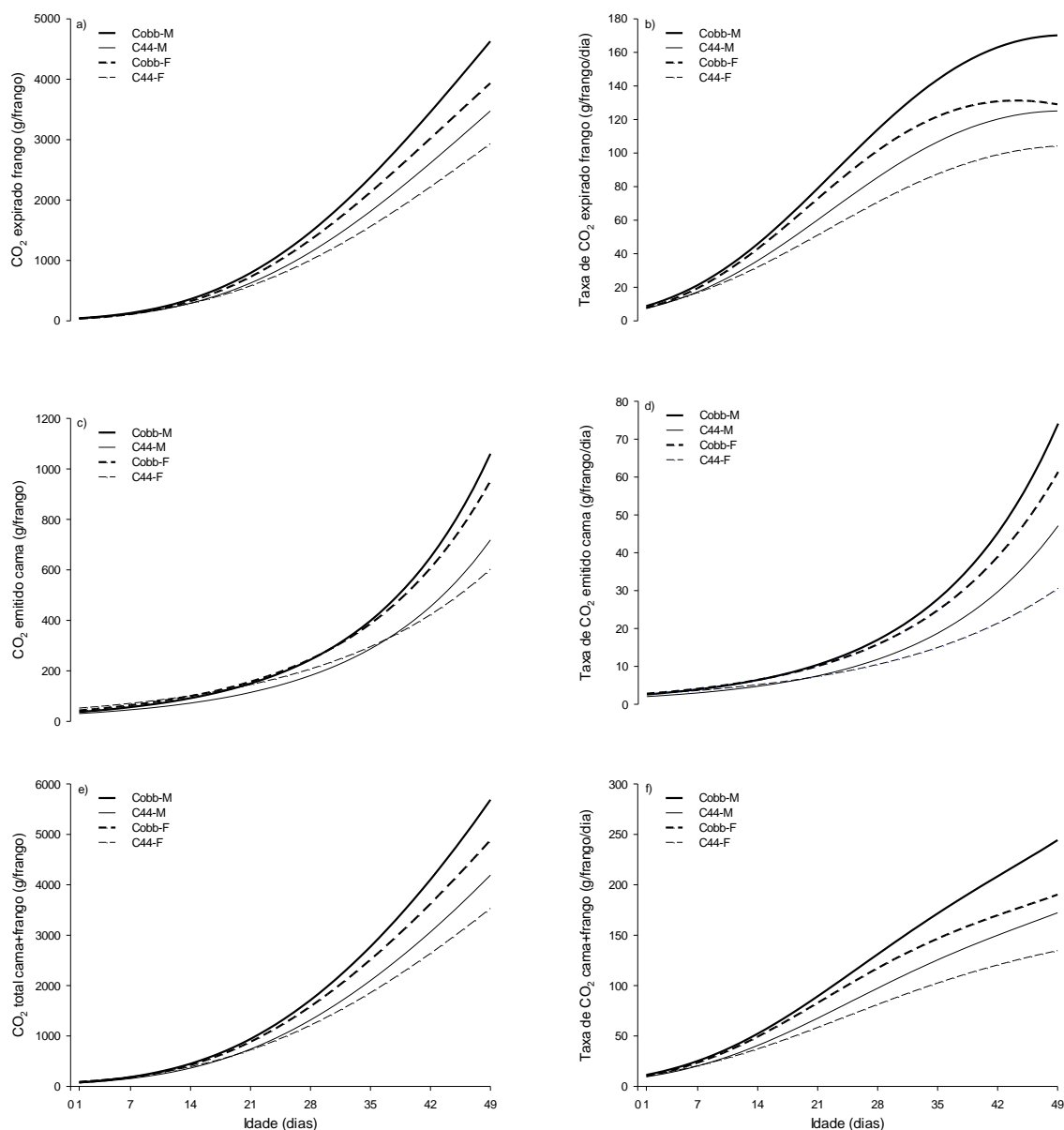


Figura 01: Curvas $[Y=a*\exp(-\exp(-b*(Idade-c)))]$ do dióxido de carbono expirado pelo frango (a), do dióxido de carbono emitido pela cama (c) $[Y=a*\exp(b*Idade)]$ e do total de dióxido de carbono emitido (e) e da taxa diária de dióxido de carbono expirado (b) $[Y=a*b*\exp(-b*(idade-c)-\exp(-b*(idade-c)))]$, da taxa de dióxido de carbono emitido pela cama (d) $[Y=a*b*\exp(b*Idade)]$ e da soma das taxas de dióxido de carbono emitido pela cama e pelo frango (f).

Na tabela 6 as médias das estimativas dos fluxos de C e de CO₂ projetadas para 2 kg de peso vivo dos frangos apresentam diferenças estatísticas ($p \leq 0,0001$) entre linhagem e sexo. Observa-se maior quantidade de CO₂ expirado na C44-F, seguido por C44-M, Cobb-F e Cobb-M ($p \leq 0,0001$). As emissões de CO₂ na cama seguiram o mesmo comportamento do CO₂ expirado pelos frangos ($p \leq 0,0001$). O total de CO₂ emitido foi maior na linhagem C44 e nas fêmeas de ambas as linhagens ($p \leq 0,0001$). Estes resultados podem ser explicados pelo fato de que, para um mesmo peso vivo, a exigência de manutenção é maior na linhagem menos selecionada para ganho de peso e da energia de manutenção representar uma grande proporção, entre 42 a 44%, da energia metabolizável ingerida (Lopez & Lesson, 2008).

A taxa de crescimento dos frangos está relacionada com a sua eficiência produtiva e, conseqüentemente, com menor emissão proporcional de CO₂. A seleção para taxa de crescimento modifica a partição da energia, reduzindo a proporção de energia para manutenção e aumentando para produção o que eleva a eficiência de uso da energia. Lopez et al. (2007) verificaram que 38 a 40% da EMA consumida pelos frangos foi depositada como proteína e gordura corporais. Em linhagens de crescimento mais lento, como a C44, a exigência de manutenção é ainda maior, proporcionalmente, com menor deposição de tecidos corporais (Latshaw & Moritz 2009) que verificaram que linhagens de frangos de corte menos selecionadas para ganho de peso, utilizam maior proporção da energia consumida para a manutenção, em relação às linhagens de rápido crescimento.

Tabela 5: Médias e erros-padrão do peso vivo e das estimativas dos fluxos de C e de CO₂ de frangos de corte de médio (C44) e de alto desempenho (Cobb 500) e da cama, aos 42 dias de idade (g/frango/42 dias)

Resposta	Tratamento				Prob F
	Cobb-M	Cobb-F	C44-M	C44-F	
Nos Frangos					
Peso vivo (g)	3100,0 ± 64,4 ^a	2609,0 ± 28,9 ^b	1977,0 ± 26,9 ^c	1652,0 ± 13,9 ^d	< 0,0001
Consumo de C (g)	1992,8 ± 50,3 ^a	1757,6 ± 29,3 ^b	1406,8 ± 16,9 ^c	1238,9 ± 14,8 ^d	< 0,0001
Consumo C digestível (g)	1551,6 ± 39,2 ^a	1368,2 ± 22,8 ^b	1095,1 ± 13,3 ^c	964,2 ± 11,5 ^d	< 0,0001
Retenção corporal de C (g)	602,6 ± 16,4 ^a	544,3 ± 18,5 ^b	394,5 ± 6,2 ^c	354,2 ± 4,1 ^d	< 0,0001
C na excreta (g)	496,4 ± 13,4 ^a	440,5 ± 7,7 ^b	352,7 ± 4,4 ^c	313,8 ± 4,2 ^d	< 0,0001
C expirado (g)	923,6 ± 34,6 ^a	804,5 ± 17,4 ^b	685,6 ± 10,1 ^c	596,3 ± 7,6 ^d	< 0,0001
CO ₂ expirado (g)	3384,4 ± 126,9 ^a	2947,9 ± 63,9 ^b	2512,5 ± 37,1 ^c	2185,1 ± 27,8 ^d	< 0,0001
Na cama					
C emitido pela cama (g)	193,5 ± 10,6 ^a	177,2 ± 7,7 ^a	147,9 ± 6,6 ^b	115,0 ± 7,5 ^c	< 0,0001
CO ₂ emitido pela cama (g)	708,9 ± 38,7 ^a	649,3 ± 28,3 ^a	542,1 ± 24,0 ^b	421,4 ± 27,3 ^c	< 0,0001
Frango + Cama					
Total de CO ₂ emitido	4093,3 ± 153,8 ^a	3597,2 ± 76,71 ^b	3054,6 ± 57,91 ^c	2606,5 ± 32,11 ^d	< 0,0001

Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem significativamente pelo teste t. (p<0,05).

A exigência de manutenção, em condições de conforto térmico, é de 112 kcal/kg^{0,75}/dia (Sakomura et al. 2011) e a eficiência de uso da energia acima da manutenção de 0,59 e na manutenção de 0,80, em linhagem de alto desempenho. Lopez & Lesson (2005) determinaram a exigência de manutenção como sendo de 155 kcal/kg PV^{0,60}/dia.

No balanço de C, observamos que machos e fêmeas Cobb apresentaram retenção corpórea de 38,97 e 39,92% do C digestível consumido, enquanto que a C44 teve 36,15 e 36,87%, para machos e fêmeas respectivamente. A relação C expirado/C digestível foi de 59,74 e 59,01 na linhagem Cobb e 62,83 e 62,07 na C44, para machos e fêmeas, respectivamente. Estes resultados são comparáveis aos obtidos por Skinner-Noble & Teeter (2003), que verificaram que machos da linhagem com seleção mais intensa apresentaram proporção similar de C depositado e C expirado como gás (cerca de 40% do C ingerido), valor menor em comparação aos 59 e 62% deste trabalho. Hongmin et al. (2011) também realizaram um balanço de C, com os frangos criados em gaiolas e remoção diária das excretas. Verificaram que o CO₂ gerado pela respiração do frango foi o principal componente do balanço de C, representando 41,4% do C ingerido. O C acumulado na carcaça do frango representou 31,3%, enquanto que o C das excretas 22,5% e o C emitido como CH₄ 0,27% do C ingerido, sendo que o balanço apresentou uma discrepância de 4,6%.

Tabela 6: Médias e erros-padrão das estimativas dos fluxos de C e de CO₂ de frangos de corte de médio (C44) e de alto desempenho (Cobb 500) e da cama, aos 2 kg de peso vivo (g/frango/2 kg de PV)

Resposta	Tratamento				Prob F
	Cobb-M	Cobb-F	C44-M	C44-F	
Nos Frangos					
Consumo de C (g)	1128,6 ± 13,5 ^d	1227,4 ± 5,4 ^c	1467,2 ± 8,4 ^b	1676,2 ± 16,1 ^a	< 0,0001
Consumo C digestível (g)	875,8 ± 10,5 ^d	953,0 ± 4,3 ^c	1142,2 ± 6,6 ^b	1306,0 ± 12,6 ^a	< 0,0001
Retenção corporal de C (g)	373,4 ± 3,5 ^c	385,8 ± 6,3 ^c	408,6 ± 5,0 ^b	440,1 ± 6,8 ^a	< 0,0001
C na excreta (g)	277,7 ± 4,1 ^d	306,14 ± 1,7 ^c	369,5 ± 2,7 ^b	435,8 ± 5,7 ^a	< 0,0001
C expirado (g)	489,7 ± 12,8 ^d	550,3 ± 9,9 ^c	714,4 ± 6,9 ^b	843,9 ± 16,5 ^a	< 0,0001
CO ₂ expirado (g)	1794,3 ± 46,7 ^d	2016,5 ± 36,6 ^c	2617,7 ± 25,1 ^b	3092,3 ± 60,5 ^a	< 0,0001
Na cama					
C emitido pela cama (g)	78,9 ± 2,7 ^d	92,2 ± 4,1 ^c	130,7 ± 3,8 ^b	177,9 ± 3,8 ^a	< 0,0001
CO ₂ emitido pela cama (g)	289,2 ± 9,9 ^d	337,9 ± 15,1 ^c	479,1 ± 14,0 ^b	651,9 ± 13,8 ^a	< 0,0001
Frango + Cama					
Total de CO ₂ emitido	2099,4 ± 59,16 ^d	2374,2 ± 51,21 ^c	3126,5 ± 38,45 ^b	3651,8 ± 59,45 ^a	< 0,0001

Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem significativamente pelo teste t. (p<0,05).

Modelos Lineares Múltiplos

Os modelos lineares múltiplos para CO₂ expirado, CO₂ emitido pela cama e total de CO₂ emitido (tabela 7) apresentaram excelente ajuste no modelo linear múltiplo utilizado para todas as respostas avaliadas, com R²>0,99 para CO₂ expirado e para o total de CO₂ emitido e R²>0,94 para CO₂ emitido pela cama.

Tabela 7: Modelos lineares múltiplos para CO₂ expirado, CO₂ emitido pela cama e total de CO₂ emitido (g/frango).

Resposta	Modelo Linear Múltiplo	R ²	Prob F
CO ₂ Expirado	= -70,2845 + 20,3322 * idade (dias) - 0,0382 * peso vivo (g) + 0,0215 * idadexpeso vivo	0,995	<0,0001
CO ₂ emitido pela cama	= 1,8283 + 3,2714 * idade (dias) - 0,0945 * peso vivo (g) + 0,00661 * idadexpeso vivo	0,944	<0,0001
Total de CO ₂ emitido	= -68,4562 + 23,6036 * idade (dias) - 0,1327 * peso vivo (g) + 0,0281 * idadexpeso vivo	0,994	<0,0001

Os principais parâmetros (significativos) foram a idade, peso vivo e idadexpeso vivo, que ajustaram os demais parâmetros. Um trabalho semelhante foi desenvolvido por Leonard et al. (1984), que avaliaram a emissão de CO₂ em duas granjas, por nove meses e obtiveram a seguinte equação: $C=340-40,7*a-5,59*a^2-0,0683*a^3$, onde C= dióxido de carbono produzido (L/h) por 1000 frangos; e a= idade dos frangos (dias). Esta curva representou excelente ajuste aos dados (R²=0,99) e o seu formato foi muito similar à típica curva de crescimento desta linhagem de frangos, sendo similar nas duas granjas avaliadas.

Entretanto, por considerar apenas a idade, só é aplicável para um determinado grupo genético e/ou sistema de produção. As presentes equações, por outro lado, ao incluir os parâmetros idade e peso vivo, e sua

interação, permitem fazer estimativas precisas para frangos de corte de qualquer sexo e taxa de crescimento, em qualquer idade entre 1 a 49 dias de idade.

Na Figura 2, os valores observados e estimados através dos modelos do CO₂ expirado pelo frango, emitido pela cama o total emitido, em g/frango, apresentaram excelente correlação. A produção de CO₂ pelos frangos variou de forma linear com o peso e a idade dos frangos. Calvet et al. (2011b) avaliaram a emissão de CO₂ na produção de frangos de corte no intervalo entre 30 ao 33° dias de idade e obtiveram valores de 6,81 L/animal/h, resultante dos animais e da cama. Nas primeiras 24 horas após o abate dos animais, as emissões foram de 1,36 L/animal/h, sendo a cama a única fonte do CO₂ emitido. Por diferença, o CO₂ emitido pelos frangos foi de 5,45 L/animal/h. Verificou-se então que o CO₂ emitido pela cama representou 20% do emitido pelos animais na fase final antes do abate, aos 35 dias, representando 2,66 g/frango/h. Este valor é comparável aos 16 a 18% do presente trabalho, mas contrasta com os percentuais menores reportados na literatura. Van Ouwerkerk & Pedersen (1994) 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 CO₂/m²/h no inverno e de 27,2 g CO₂/m²/h no verão.

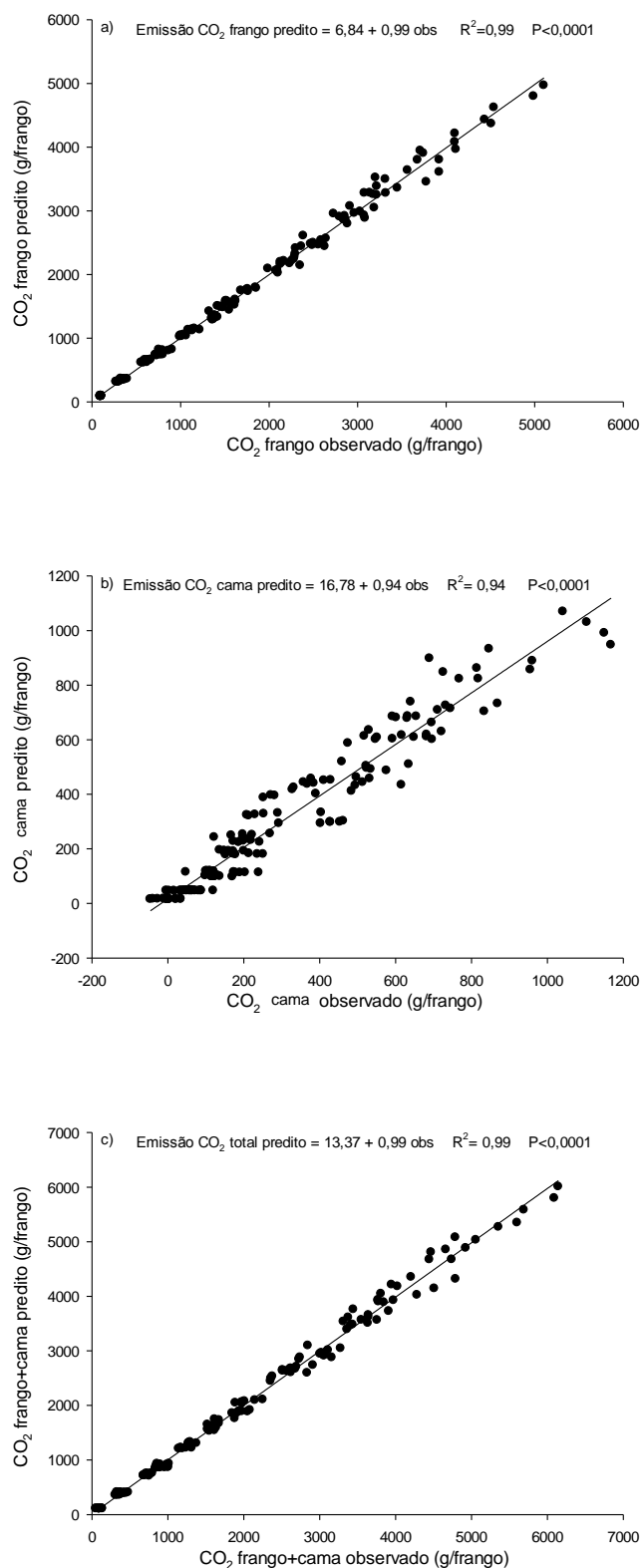


Figura 02: Valores observados x preditos através dos modelos das emissões de CO₂ pela respiração, do CO₂ emitido pela cama e do total de CO₂ emitido, em g/frango.

Entretanto, quando é utilizada cama nova em cada lote, como neste experimento, há a expectativa de menor atividade microbiana no início do lote, incorrendo em menor emissão de CO₂ em relação ao final do lote. No processo de fermentação da cama de frango, ocorre liberação de CO₂ como um produto da quebra aeróbica do ácido úrico e de outros compostos orgânicos.

Os modelos lineares múltiplos obtidos apresentaram excelente ajuste no modelo, com coeficiente de determinação maior que 0,99 para CO₂ expirado e para o total de CO₂ emitido e maior que 0,94 para CO₂ emitido pela cama. As equações apresentam alta previsibilidade para estimar as emissões individuais de CO₂, em qualquer peso, idade ou linhagem, entre 1 a 49 dias de idade. Aos 42 dias de idade, a emissão total de CO₂ foi de 4.093,3; 3.597,2; 3.054,6 e 2.606,5 g, para os Cobb machos, fêmeas, C-44 machos e fêmeas, respectivamente. Por kg de peso vivo, foram emitidos 1.320; 1.378; 1.545 e 1.574 g de CO₂, respectivamente. As emissões de CO₂ da cama representaram 17,32; 18,05; 17,74 e 16,17% do total, respectivamente. A emissão total de CO₂ projetada para 2 kg de peso vivo dos frangos foi de 2.099,4; 2.374,2; 3.126,5 e 3.651,8 g, para os Cobb machos, fêmeas, C-44 machos e fêmeas, respectivamente. As emissões de CO₂ da cama representaram 13,77; 14,23; 15,32 e 17,85% do total emitido, respectivamente.

Em resumo, os presentes resultados mostram que a emissão de CO₂ é proporcional ao peso vivo, e sua taxa de emissão é proporcional ao ganho de peso, de forma que animais com crescimento rápido crescem mais, consomem mais alimento e emitem mais CO₂ por unidade de tempo. Por outro lado, o metabolismo de manutenção resulta sempre em emissão de CO₂, sem

retenção corporal de C, de forma que animais de crescimento mais lento tem maior proporção do C consumido destinado à manutenção, pois precisam mais tempo para atingir determinado peso, fazendo com que emitam mais CO₂ por kg de PV produzido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis. 16 ed. Washington, 1993.
- Brouwer, E. Report of sub-committee on constants and factors. Energy Metabolism. Proceeding of the 3rd Symposium held at Troom, Scotland, P. (Blaxter, K.L. Ed.), pp. 441 - 443. Academic Press, London, U. K. 1965.
- Calvet, S.; Cambra-López, M.; Estellés, F.; Torres, A. G. Characterization of gas emissions from a Mediterranean broiler farm. **Poultry Science**, Champaign, 90: 534-542, 2011a.
- Calvet, S.; Estellés, F.; Cambra-López, M.; Torres, A. G.; Van den Weghe, H. F. A. 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**, Champaign, 90: 2449-2458, 2011b.
- Carvalho, A. D.; Zanella, I.; Lehen, C. R.; Andretta, I.; Lanferdini, E.; Hauschild, L.; Lovatto, P. A. Digestibilidade aparente de dietas e metabolismo de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral processada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.2, p-477-483, 2008.
- Carvalho, T. M. R.; Moura, D. J.; Souza, Z. M. Souza, G. S.; Bueno, L. G. F. 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.
- Dong, H.; Mangino, J.; Mcallister, T. A. Emissions from livestock and manure management. In: EGGLESTON, H. S. et al. (Ed.). **2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: agriculture, forestry and other land use**. Hayama: National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006. v. 4, cap. 10, p. 10.81-10.89.
- Fialho, F.B. **Interpretação da curva de crescimento de Gompertz**. Concórdia. Embrapa- CNPSA, p.1-4. (Comunicado Técnico 237), 1999.
- Gous, R. M.; Moran, E.T. Jr.; Stilborn, H. R.; Bradford, G.D.; Emmans, G.C. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. **Poultry Science**, Champaign, v.78, n.6, p.812-821, 1999.
- Guiziou, F. & Béline, F. In situ measurement of ammonia and greenhouse gas emissions from broiler house in France. **Bioresouce Technology**. 96, 203-207, 2005.
- Hongmin, D.; Zhongkai, Z.; Zhiping, Z.; Hougwei, X.; Yongxing, Chen. Carbon and nitrogen budget of commercial cage-grown broilers. **ASABE**, paper n. 1110760, 2011.

Hume, D. A.; Whitelaw, C. B. A.; Archibald, A. L. The future of animal production: improving productivity and sustainability. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, 149, p. 9-16, 2011.

Kelleher, B. P.; Leahy, J. J.; Henihan, A. M.; O'Dwyer, T.F.; Sutton, D.; Leahy, M.J. Advances in poultry litter disposal technology – a review. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v.83, p.27-36, 2002.

Kessler, A. M.; Warpechowski, M. B.; Brugalli, I. Metabolismo energético em aves. In: Curso de Fisiologia da Digestão e Metabolismo de Nutrientes em Aves, Jaboticabal: Unesp, 2004. p. 1-34.

Kleiber, M. **The fire of life: an introduction to animal energetics**. New York: Robert E. Krieger Publishing. 1975. 453p.

Knížatoná, M.; Brouček, J.; Mihina, Š. Seasonal differences in levels of carbon dioxide and ammonia in broiler housing. **Slovak Journal Animal Science**, Lužianky, 43, 105-112, 2010.

Latshaw, J. D. & Moritz, J. S. The partitioning of metabolizable energy by broilers chickens. **Poultry Science**, Champaign, 88: 98-105, 2009.

Leonard, J. J.; Feddes, J. J. R.; Mcquitty, J. B. Air quality in commercial broiler housing. **Canadian Agricultural Engineering**, Ottawa, v. 26, p.65-71, 1984.

Lopez, G.; De Lange, K.; Leeson, S. Partitioning of retained energy in broilers and birds with intermediate growth rate. **Poultry Science**, Champaign, 86: 2162-2171, 2007.

Lopez, G. & Leeson, S. Review: Energy Partitioning in broilers chickens. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, 88: 205-212, 2008.

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.

McKinney, L. J. Broiler growth models dynamically interfacing metabolic efficiency with the production environment. 2005. 138 f. **Thesis**, Oklahoma State University, Oklahoma, 2005.

Parsons, C. M.; Zhang, Y.; Araba, M. Nutritional Evaluation of Soybean Meals Varying in Oligosaccharide Content. **Poultry Science**, Champaign, v.79, p.1127–1131, 2000.

Raber, M.; Ribeiro, A. M. L.; Kessler, A. M.; Arnaiz, V. Suplementação de glicerol ou de lecitina em diferentes níveis de ácidos graxos livres em dietas para frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, Goiás, v.10, n. 3, p. 745-753, 2009.

Ravindran, V.; Cabahug, S.; Ravindran, G.; Bryden, W.L. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. **Poultry Science**, Champaign, v.78, p.699–706, 1999.

Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa, MG: UFV. Departamento de Zootecnia, 186p., 2005.

Sakomura, N. K.; Fernandes, J. B. K.; Resende, K. T.; Rabello, C.B.V.; Longo, F.; Neme, R. **Modelling energy utilization in poultry**. D. Sauvant et al. (eds.), Modelling nutrient digestion and utilization in farm animal. Wageningen Academic Publishers, 2011.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT software: changes and enhancement through release 8.2**. Cary: SAS Institute, 2000.

Schmidt, C. J.; Persia, M. E.; Feierstein, B.; Kingham, B.; Saylor, W.W. Comparison of a modern broiler line and a heritage line unselected since the 1950s. **Poultry Science**, Champaign, v. 84: 2610 - 2619, 2009.

Skyner-Noble, D. O. & Teeter, R. G. Components of feed efficiency in broiler breeding stock: energetics, performance, carcass composition, metabolism, and body temperature. **Poultry Science**, Champaign, v. 82: 1080 - 1090, 2003.

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

Weurding, E.R.; Veldman, A.; Veen, A. G. W.; van der Aar, P.J.; Verstegen, M.W. Starch Digestion Rate in the Small Intestine of Broiler Chickens Differs among Feedstuffs. **The Journal of Nutrition**. Philadelphia, v. 131, p.2329-2335, 2001.

Xavier, L.H. Modelos univariado e multivariado para análise de medidas repetidas e verificação da acurácia do modelo univariado por meio de simulação. Piracicaba, 2000. 91 p. **Dissertação** (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2000.

Xin, H., Li, H., Bruns, R. T.; Gates, R. S.; Overhults, D. G.; Earnest, J. W.; Moody, L. B.; Hoff, S. J. **Use of CO₂ concentrations or CO₂ balance to estimate ventilation rate of modern commercial broiler houses**. ASABE Meeting Paper No. 064156. American Society of Agricultural and Biological Engineers. St. Joseph, Mich. 2006.

Yadalan, S. Modeling broiler energy metabolism. 2005. 123 f. **Thesis**, Oklahoma State University, Oklahoma, 2005.

Zanella, I.; Sakomura, N. K.; Silversides, F. G.; Figueirido, A.; Pack, M. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science**, Champaign, 78:561–568, 1999.

CAPÍTULO V

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Este trabalho abrange a etapa “dentro da porteira” da cadeia de produção de frangos de corte, com dados relativos ao animal e à cama. Não abrange as etapas de produção de grãos, transportes, aquecimento e/ou refrigeração de ambientes e industrialização.

- Os modelos matemáticos obtidos representam uma contribuição prática para a estimativa da emissão de CO₂ pelo frango, pela cama e total, com diferentes pesos e idades dos animais. Porém, necessita ainda de validação para poder ser aplicado a outras linhagens e outras condições ambientais de criação.

- A emissão de CO₂ pela fermentação da cama aumenta de forma não linear com a idade dos frangos, quando cama nova é utilizada desde o início do lote. A magnitude e a evolução de emissão de CO₂ pela cama de frango precisam ser mais elucidados. A literatura apresenta resultados muito variados, decorrentes do uso de metodologias diferentes, erros de medição e diferenças nos sistemas de produção, usos de insumos e diferenças de desempenho animal.

- A emissão de CO₂ via expiração está fortemente correlacionada com a idade, o peso, a produção de calor e a atividade física do frango, que é influenciada pelo regime de luz e pelas práticas de manejo, entre outras.

- No nosso trabalho, aos 42 dias de idade, a emissão total de CO₂ foi de 4.093,3; 3.597,2; 3.054,6 e 2.606,5 g, para os Cobb machos, fêmeas, C-44 machos e fêmeas, respectivamente. Por kg de peso vivo, foram emitidos 1.320; 1.378; 1.545 e 1.574 g de CO₂, respectivamente. As emissões de CO₂ da cama representaram 17,32; 18,05; 17,74 e 16,17% do total, respectivamente.

- A emissão total de CO₂ projetada para 2 kg de peso vivo dos frangos foi de 2.099; 2.374; 3.126 e 3.652 g, para os Cobb machos, fêmeas, C-44 machos e fêmeas, respectivamente. Nesta situação, as emissões de CO₂ da

cama representaram 13,77; 14,23; 15,32 e 17,85% do total emitido, respectivamente.

- Existe a convicção científica, da sociedade e do governo de que as mudanças climáticas são uma realidade e que as metas de redução das emissões de GEE deverão aumentar significativamente, para que o problema seja minimizado. Toda a tecnologia que melhora a eficiência do sistema de produção reduz proporcionalmente a emissão de GEE, especialmente na eficiência nutricional e metabólica dos frangos.

- Este trabalho pode contribuir para a tomada de decisões que resultem numa maior sustentabilidade na avicultura, que possui uma cadeia produtiva organizada e com consumidores exigentes, que num futuro próximo poderão exigir informações adicionais no rótulo dos produtos. Poderá contribuir com informações e dados para os inventários de emissões e remoções de gases de efeito estufa na avicultura; para a determinação da pegada de carbono de produtos da avicultura e para a avaliação de estratégias de mitigação e/ou adaptação na cadeia produtiva da avicultura.

- As tendências atuais de número de publicações, direcionamento de recursos para pesquisa, demanda governamental e geração de volume crescente de dados sobre os fluxos de gases de efeito estufa, na agropecuária nacional, levam a crer que a modelagem matemática para quantificação do balanço de gases de efeito estufa e apoio às políticas públicas, será uma área em desenvolvimento no futuro próximo.

- No Brasil há uma carência de trabalhos consolidados no desenvolvimento de modelos matemáticos de processos e sistemas produtivos, para balanço de gases de efeito estufa. Entretanto, alguns grupos de pesquisa têm avançado no sentido de avaliar fatores de emissão baseados em dados nacionais, avaliar e reparametrizar modelos de processos desenvolvidos no exterior, com base na realidade local.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPECS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Relatório ABIPECS 2009**. 2010. 9 p. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/pt/relatorios.html>>. Acesso em: 23 nov. 2012.

ALVARENGA, R. A. F.; DA SILVA JÚNIOR, V. P.; SOARES, S. R. Comparison of the Ecological Footprint and a life cycle impact assessment method for a case study on Brazilian broiler feed production. **Journal of Cleaner Production**, Knoxville, v. 28, p. 25-32, 2012.

ANDREOTTI, M. O. et al. Energia metabolizável do óleo de soja em diferentes níveis de inclusão para frangos de corte nas fases de crescimento e final. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1145-1151, 2004.

ARMSBY, H. P. **The principle of animal nutrition with special reference to the nutrition of farm animals**. New York: John Wiley and Sons, 1903.

BLAXTER, K. L.; ROOK, J. A. F. The heat of combustion of the tissues of cattle in relation to their chemical composition. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 7, p. 83-91, 1953.

BLAXTER, K. L. **Energy metabolism in animals and man**. New York: Cambridge University Press, 1989. 336 p.

BOEKHOLT, H. A. et al. Effect of dietary energy restrictions on retention of protein, fat and energy in broiler chickens. **British Poultry Science**, Basingstoke, v. 35 p. 603-614, 1994.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Nota nº 31 de 29/01/2010**. Disponível: <http://www.mre.gov.br/portugues/imprensa/nota_detalhe3.asp?ID_RELEASE=7811>. Acesso em: 12 abr. 2011.

BRITO, C. O. **Avaliação de dietas formuladas com aminoácidos totais e digestíveis e estimativas do crescimento e deposição de nutrientes em frangos de corte**. 2007. 155 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

BROUWER, E. Report of sub-committee on constants and factors. Energy Metabolism. In: SYMPOSIUM HELD AT TROOM, 3., 1965, Scotland. **Proceedings...** London: Academic Press, 1965. p. 441-443.

CALVET, S. et al. Characterization of gas emissions from a Mediterranean broiler farm. **Poultry Science**, Champaign, v. 90, p. 534-542, 2011a.

CALVET, S. 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**, Champaign, v. 90, p. 2449-2458, 2011b.

CARVALHO, T. M. R. 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.

CARVALHO, A. D. et al. Digestibilidade aparente de dietas e metabolismo de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral processada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 477-483, 2008.

CERRI, C. C. et al. Greenhouse gas mitigations in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 1, p. 102-116, 2010.

DE GROOTE, G. Utilization of metabolizable energy. In: MORRIS, T. R.; FREEMAN, B. M. (Ed.). **Energy requirements of poultry**. Edinburgh: British Poultry Science, 1974. p. 113-133.

De LANGE, C. F. M.; BIRKETT, S. H. Characterization of useful energy content in swine and poultry feed ingredients. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 85, p. 269-280, 2005.

DONG, H.; MANGINO, J.; MCALLISTER, T. A. Emissions from livestock and manure management. In: EGGLESTON, H. S. et al. (Ed.). **2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: agriculture, forestry and other land use**. Hayama: National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006. v. 4, cap. 10, p. 10.81-10.89.

DOURADO, L. R. B. et al. Crescimento e desempenho de linhagens de aves pescoço pelado criadas em sistemas semi-confinado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 875-881, 2009.

EITS, R. M. et al. Protein and lipid deposition rates in male broiler chickens: separate responses to amino acids and protein-free energy. **Poultry Science**, Champaign, v. 81 p. 471-480, 2003.

ELWINGER, K.; SVENSSON, L. Effect of dietary protein content, litter and drinker type on ammonia emission from broiler houses. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Dubai, v. 64, p. 197-208, 1996.

EYNG, C. et al. Avaliação de fontes de gordura suplementar em dietas de frangos de corte aos 7 e 35 dias de idade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 10, n. 1, p. 60-72, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **The state of food and agriculture 2010-2011**. Disponível em: <<http://www.fao.org/publications/en/>>. Acesso em: 11 maio 2011.

FARREL, D. J. General principles and assumptions of calorimetry. In: MORRIS, T. R.; FREEMAN, B. M. (Ed.). **Energy requirements of poultry**. Edinburgh: British Poultry Science, 1974. p. 1-23.

FIALA, N. Meeting the demand: an estimation of potential future greenhouse gas emissions from meat production. **Ecological Economics**, Hanover, v. 67, p. 412-419, 2008.

FIALHO, F. B. **Interpretação da curva de crescimento de Gompertz**. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1999. p. 1-4. (Comunicado técnico, 237).

FIGUEIREDO, E. A. P. et al. Curvas de crescimento de linhagens criadas em sistema alternativo. **Revista Brasileira de Ciências Avícolas**, Campinas, v. 5, n. 5, p. 111, 2003. Suplemento.

FOURNEL, S. et al. Greenhouse gas emissions from three cage layer housing systems. **Animals**, Basel, v. 2, p. 1-15, 2012.

FREITAS, A. R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 786-795, 2005.

FREITAS, E. R. et al. Energia metabolizável de alimentos na formulação de ração para frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 107-115, 2006.

GILL, M.; SMITH, P. WILKINSON, J. M. Mitigating climate change: the role of domestic livestock. **Animal**, Cambridge, v. 4, n. 3, p. 323–333, 2010.

GOUS, R. M. Methodologies for modelling energy and amino acid responses in poultry. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 263-275, 2007. Suplemento especial.

GOUS, R. M. et al. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 6, p. 812-821, 1999.

GROOT KOERKAMP, P. W. G. et al. Concentrations and emissions of Ammonia in Livestock Buildings in Northern Europe. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Bologna, v. 70, p. 79-95, 1998.

HANCOCK, C. E. et al. The evaluation of the growth parameters of six strains of comercial broiler chickens. **British Poultry Science**, Basingstoke, v. 36, p. 247-264, 1995.

HRDINKA, C. et al. Effects of dietary fatty acids pattern on melting point and composition of adipose tissues and intramuscular fat of broiler carcasses. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, p. 208-215, 1996.

HINZ, T.; LINKE, S. A comprehensive experimental study of aerial pollutants in and emissions from livestock buildings. Part 1: methods. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Bologna, 70, p. 111-118, 1998.

HUME, D. A. et al. The future of animal production: improving productivity and sustainability. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 149, p. 9-16, 2011.

KELLEHER, B. P. et al. Advances in poultry litter disposal technology – a review. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 83, p. 27-36, 2002.

KESSLER, A. M.; SNIZEK, P. N.; BRUGALLI, I. Manipulação da quantidade de gordura na carcaça de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2000, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, 2010. p. 107-133.

KESSLER, A. M.; WARPECHOWSKI, M. B.; BRUGALLI, I. Metabolismo energético em aves. In: CURSO DE FISIOLOGIA DA DIGESTÃO E METABOLISMO DE NUTRIENTES EM AVES, Jaboticabal, 2004. **Anais...** São Paulo: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, 2004. p. 1-34.

KIELANOWSKI, J. Estimates of the energy cost of protein deposition in growing animals. In: SYMPOSIUM ON ENERGY METABOLISM, 3., 1965, London-. **Proceedings...** London: Academic Press, 1965. v. 11, p. 13-20.

KLEIBER, M. **The fire of life: an introduction to animal energetics**. New York: Robert E. Krieger Publishing, 1975. 453 p.

KNÍŽATONÁ, M. et. al. Effect of the age and season of fattening period on carbon dioxide emissions from broiler housing. **Czech Journal Animal Science**, Lužianky, v. 55, p. 436-444, 2010a.

KNÍŽATONÁ, M.; BROUČEK, J.; MIHINA, Š. Seasonal differences in levels of carbon dioxide and ammonia in broiler housing. **Slovak Journal Animal Science**, Lužianky, v. 43, p. 105-112, 2010b.

KRÁS, R. V. **Efeito do nível de fibra da dieta, da linhagem e da idade sobre o desempenho, balanço energético e o metabolismo da digesta de frangos de corte**. 2010. 78 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

LAGUË, C. **Greenhouse gas emissions and the swine industry**. Disponível em: <<http://www.thepigsite.com/articles/?Display=1083>>. Acesso em: 10 jan. 2011.

LARA, L. J. C. et al. Efeito de fontes lipídicas sobre o desempenho de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 57, n. 6, p. 792-798, 2005.

LARA, L. J. C. et al. Rendimento, composição e teor de ácidos graxos da carcaça de frangos de corte alimentados com diferentes fontes lipídicas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 1, p. 108-115, 2006.

LATSHAW, J. D.; MORITZ, J. S. The partitioning of metabolizable energy by broilers chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 88, p. 98-105, 2009.

LECLERCQ, B.; SAADOUN, A. Selecting broilers for low and high abdominal fat: comparison of energy metabolism of the lean and fat lines. **Poultry Science**, Champaign, v. 61, p. 1799-1803, 1982.

LEINONEN, I. et al. Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Broiler production systems. **Poultry Science**, Champaign, v. 91, p. 8-25, 2012.

LEONARD, J. J.; FEDDES, J. J. R.; MCQUITTY, J. B. Air quality in commercial broiler housing. **Canadian Agricultural Engineering**, Ottawa, v. 26, p. 65-71, 1984.

LONGO, F. **Estudo do metabolismo energético e do crescimento de frangos de corte**. 2000. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Ciências Agro-veterinárias da UNESP, Jaboticabal, 2000.

LOPEZ, G.; LEESON, S. Utilization of metabolizable energy by young broilers and birds of intermediate growth rate. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, p. 1069-1076, 2005.

LOPEZ, G.; LEESON, S. Review: energy partitioning in broilers chickens. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 88, p. 205-212, 2008.

LOPEZ, G.; DE LANGE, K.; LEESON, S. Partitioning of retained energy in broilers and birds with intermediate growth rate. **Poultry Science**, Champaign, v. 86, p. 2162-2171, 2007.

MACLEOD, M. G. Energy utilization: measurement and prediction. In: MCNAB, J.; BOOKMAN, N. **Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value**. III. Feedstuff quality: quantitative assessment. New York: CAB Publishing, 2002. p. 191-217.

MARCATTO, S. M. et al. Growth and body nutrient deposition of two broiler commercial genetic lines. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 117-123, 2008.

MCKINNEY, L. J. **Broiler growth models dynamically interfacing metabolic efficiency with the production environment**. 2005. 138 f. Thesis, Oklahoma State University, Oklahoma, 2005.

MEDA, B. et al. Influence of rearing conditions and manure management practices on ammonia and greenhouse gas emissions from poultry houses. **World Poultry Science Journal**, New Zealand, v. 67, p. 441–456, 2011.

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**, Madison, v. 40, n. 1, p. 176-87, 2011.

NIELSEN, N. I.; JØRGENSEN, M.; BAHRNDORFF, S. **Greenhouse gas emission from the Danish broiler production estimated via LCA methodology**. [S.l.]: Knowledge Centre for Agriculture, Poultry, 2011.

NOBLET, J. et al. Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in growing pigs: Effects of sex and genotype. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 1208–1216, 1999.

NOBLET, J. Estimativas do valor energetico de rações de suínos. In: I WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA – NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: [S.n.], 2001. p. 2-27.

NOBLET, J. et al. Effect of body weight and dietary crude protein on energy utilization in growing pigs and broilers. In: SOUFFRANT, W. B.; METGES, C. C. (Ed.). **Progress in research on energy and protein metabolism**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2003. p. 205-208. (EAAP Publication, 19).

NOVELLO, D. et al. Avaliação bromatológica e perfil de ácidos graxos da carne de frangos de corte alimentados com rações contendo farinha de carne e ossos. **Ambiência**, Guarapuava, PR, v. 4, n. 3, p. 355-366, 2008.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. 10th rev. ed. Washington, DC: National Academy Press, 1998. 211 p.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of poultry**. 9th ed. Washington, DC: National Academy, 1994. 155 p.

NUNES, R. V. et al. Coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta de diferentes ingredientes para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 89-94, 2008.

OLANREWAJU, H. A. et al. Growth performance and physiological variables for broiler chickens subjected to short-term elevated carbon dioxide concentrations. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 7, p. 738-742, 2008.

OVIEDO-RONDÓN, E. O. Modelagem por compartimentos para integrar e comunicar conhecimento em nutrição. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 305-313, 2007.

OWADA, A. N. et al. Estimativa de bem-estar de frango de corte em função da concentração de amônia e grau de luminosidade do galpão de produção. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 611-618, 2007.

PARSONS, C. M.; ZHANG, Y.; ARABA, M. Nutritional evaluation of soybean meals varying in oligosaccharide content. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, p. 1127-1131, 2000.

PEDERSON, S. et al. Carbon dioxide production in animal houses: a literature review. **Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal**, Bonn, Germany, v. 10, p. 1-19, 2008. Manuscript BC 08 008.

PELLETIER, N. Environmental performance in the US broiler poultry sector: Life cycle energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and eutrophying emissions. **Agricultural Systems**, Wageningen, v. 98, n. 2, p. 67-73, 2008.

POPHAL, S. **Características de crescimento de dois cruzamentos de frangos de corte recebendo dietas com diferentes níveis de lisina na primeira semana de vida**. 2004. 174 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

POTENÇA, A. et al. Perfil lipídico e maciez da carne de coxa e sobrecoxa de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes fontes lipídicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 8, p. 1774-1783, 2010.

PRUDÊNCIO DA SILVA, V.; VAN DER WERF, H.; SOARES, S. R. LCA of French and Brazilian broiler poultry production systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIFE CYCLE ASSESSMENT IN THE AGRI-FOOD SECTOR, 7., 2010, Bari. [**Proceedings...**] Bari: LCA Food 2010, 2010a. p. 475-480.

PRUDÊNCIO DA SILVA, V. et al. Variability in environmental impacts of Brazilian soybean according to crop production and transport scenarios. **Journal of Environmental Management**, Berkeley, v. 91, p. 1831-1839, 2010b.

PULLAR, J. D.; WEBSTER, A. J. F. The energy cost of fat and protein deposition in the rat. **British Journal of Nutrition**, London, v. 37, p. 355-363, 1977.

RABER, M. et al. Suplementação de glicerol ou de lecitina em diferentes níveis de ácidos graxos livres em dietas para frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 10, n. 3, p. 745-753, 2009.

RAVINDRAN, V. et al. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, p. 699-706, 1999.

REECE, F. N.; LOTT, B. D.; DEATON, J. W. Ammonia in the atmosphere during brooding affect performance of broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 59, n. 1, p. 486-488, 1980.

ROSTAGNO, H. S. et al. (Ed.). **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV. Departamento de Zootecnia, 2011. 252 p.

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

SAKOMURA, N. K. Modeling energy utilization in broiler breeders, laying hens, and broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**. Campinas, v. 6, p. 1-11, 2004.

SAKOMURA, N. K. et al. Modelling energy utilization in poultry. In: SAUVANT, D. et al. (Ed.). **Modelling nutrient digestion and utilization in farm animal**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2011.

SAKOMURA, N. K. et al. Modelling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, p. 1363-1369, 2005.

SANTOS, A. L. et al. Estudo do crescimento, desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de três linhagens de frango de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1589-1598, 2005.

SCHMIDT, C. J. et al. Comparison of a modern broiler line and a heritage line unselected since the 1950s. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, p. 2610 - 2619, 2009.

SKYNNER-NOBLE, D. O.; TEETER, R. G. Components of feed efficiency in broiler breeding stock: energetics, performance, carcass composition, metabolism, and body temperature. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, p. 1080-1090, 2003.

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. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, SP, n. 121, p. 13-14, 2008.

SPEDDING, C. R. W.; THOMPSON, A. M. M.; JONES, M. R. Energy and economics of intensive animal production. **Agroecosystems**, Zürich, v. 8, p. 169-181, 1983.

Van MILGEN, J.; NOBLET, J. Energy partitioning in growing: the use of a multivariate model as an alternative for the factorial analysis. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 2154-2162, 1999.

Van OUWERKERK, E. N. J.; PEDERSEN, S. Application of the carbon dioxide mass balance method to evaluate ventilation rates in livestock buildings. In: **WORLD CONGRESS ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 12.**, 1994, Milan. **Proceedings...** Milan: [S.I.], 1994. p. 516-529.

VAN MILGEN, J. et al. Utilization of metabolizable energy in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, supl.1, p. 170, 2001. Abstract.

DE VERDAL, H. et al. Reducing the environmental impact of poultry breeding by genetic selection. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 1208–1216, 2013.

VERGÉ, X. P. C. et al. Long-term trends in greenhouse gas emissions from the Canadian poultry industry. **Journal of Applied Poultry Research**, Champaign, v. 18, p. 210-222, 2009.

VIEIRA, S. L. et al. Utilização da energia de dietas para frangos de corte formuladas com óleo ácido de soja. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 4 n. 2, p. 1-13, 2002.

VRIES, M.; DE BOER, I. J. M. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 128, p. 1-11, 2010.

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

WACHENFELT, E. V.; PEDERSEN, S.; GUSTAFSSON, G. Release of heat, moisture and carbon dioxide in an aviary system for laying hens. **British Poultry Science**, Basingstoke, v. 42, p. 171-179, 2001.

WEURDING, E. R. et al. Starch digestion rate in the small intestine of broiler chickens differs among feedstuffs. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 131, p. 2329-2335, 2001.

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

WATHES, C. M. et al. Concentrations and emission rates of aerial ammonia, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, dust and endotoxin in UK broiler and layer houses. **British Poultry Science**, London, v. 38, p. 14-28, 1997.

WRIGHT, S. The biology of population growth; the natural increase of mankind – reviews. **Journal of the American Statistical Association**, New York, v. 21, p. 493–497, 1926.

XIN, H. et al. **Use of CO₂ concentrations or CO₂ balance to estimate ventilation rate of modern commercial broiler houses**. St. Joseph: American

Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. (ASABE meeting paper, 064156).

XIN, H. et al. Environmental impacts and sustainability of egg production systems. **Poultry Science**, Champaign, v. 90, p. 263-277, 2011.

YADALAN, S. **Modeling broiler energy metabolism**. 2005. 123 f. Thesis, Oklahoma State University, Oklahoma, 2005.

ZANELLA, I. et al. Effect of Enzyme Supplementation of Broiler Diets Based on Corn and Soybeans. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, p. 561-568, 1999.

ZELENKA, J.; ČEREŠŇÁKOVÁ, Z. Effect of age on digestibility of starch in chickens with different growth rate. **Czech Journal Animal Science**, Lužianky, v. 50, n. 9, p. 411-415, 2005.

ZUIDHOF, M. J. Mathematical characterization of broiler carcass yield dynamics. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, p. 1108-1122, 2005.

7. APÊNDICES

Capítulo II

Principais Comandos – SAS

Parâmetros da Função de Gompertz e ANOVA

```

PROC IMPORT OUT= WORK.dados
      DATAFILE= "D:\Embrapa\Analise 2012\Joao Henn\Tese\Dados Estatística Arlei.xls"
DBMS=XLs REPLACE;
      SHEET="Curvas";
      GETNAMES=YES;
RUN;
proc contents data=dados position;
run;
proc sort data=dados; by linhagem sexo trat box id;
proc transpose data=dados out=dados1; by linhagem sexo trat box id;
var  Pesomedio Cons_acumul AguaAcum ProtAc GordAcum;
run;
data dados1; set dados1;
if linhagem=4 and sexo=2 and box=6 and id=49 and (_name_="AguaAcum" or
_name_="ProtAc" or _name_="GordAcum") then delete;
run;
proc sort data=dados1; by _name_ linhagem sexo trat box;
ods trace on;
ods exclude IterHistory ConvergenceStatus;
ods output ParameterEstimates=parametros;
proc nlin data=dados1; by _name_ linhagem sexo trat box;
parms a=500 to 12000 by 500 b=0.03 to 0.08 by 0.01 c=25 to 55 by 5;
model col1=a*exp(-exp(-b*(id-c)));
run;
ods output close;
ods exclude off;
ods trace off;
proc sort data=dados1; by _name_ trat ;
proc gplot data=dados1; by _name_ trat;
plot col1*id=box;
symbol i=join;
run;
proc sort data=parametros; by _name_ Parameter;
Ods rtf File="D:\Embrapa\Analise 2012\Joao Henn\Tese\saida glm parametros gompertz.RTF";
ODS OUTPUT overallanova=anova_geral ModelANOVA=Anova Diff=Tukey
SlicedANOVA=slices contrasts=contrastes mclines=letras;
*ods trace on;
proc glm data=parametros; by _name_ Parameter;
class trat;
model estimate=trat/ss3;
means trat/t lines;
output out=residuo p=predito
      student=residuo;
run;
*ods trace off;
ods output close;
quit;

```

```

ods rtf close;
proc gplot data=residuo; by _name_ Parameter;
plot residuo*predito;
run;
proc sort data=parametros; by _name_ Parameter trat;
proc means data=parametros noprint;
by _NAME_ Parameter trat;
var estimate; output out=media1 mean=lsmean stderr=StdErr;
run;
data medias1; set media1;
if lsmean<10 then media=put(lsmean,6.4)||"±"||put(StdErr,6.4);
if lsmean>=1000 then media=put(lsmean,6.1)||"±"||put(StdErr,5.2);
if 10<=lsmean<1000 then media=put(lsmean,6.2)||"±"||put(StdErr,4.2);
run;
proc sort data=medias1; by _NAME_ parameter;
proc transpose data=medias1 out=medias2; by _NAME_ parameter;
var media;
id trat;
run;
data letras1; set letras; trat=level; if trat ne "";
run;
proc sort data=medias1; by _name_ trat;
proc sort data=letras1; by _name_ trat;
data letras2; merge medias1 letras1; by _name_ trat;
media1=media||" "||line1||line2;
run;
proc sort data=letras2; by _NAME_ parameter;
proc transpose data=letras2 out=letras3; by _NAME_ parameter;
var media1;
id trat;
run;
proc sort data=medias1; by _NAME_ parameter;
proc transpose data=medias1 out=medias2graf; by _NAME_ parameter;
var lsmean;
id trat;
run;
PROC EXPORT DATA= WORK.medias2graf
OUTFILE= "D:\Embrapa\Analise 2012\Joao Henn\Tese\graficos gompertz.xls"
DBMS=XLs REPLACE;
SHEET="medias";
RUN;
Ods rtf File="D:\Embrapa\Analise 2012\Joao Henn\Tese\resumo glm gompertz.RTF";
proc sort data=anova; by _name_ parameter source;
proc transpose data=anova out=anova1a; by _name_ parameter;
var probF;
id source;
run;
proc print data=anova1a;
Title 'Níveis descritivos de probabilidade do teste F da análise da variância';
run;
data anova1a; set anova1a;
rename trat=probF; drop _label_;
run;
proc sort data=anova1a; by _name_ parameter;
proc sort data=letras3; by _name_ parameter;
data media2a; merge letras3 anova1a; by _name_ parameter;
proc print data=media2a;
Title "Médias e erros padrao em função do tratamento";

```

```

run;
ods rtf close;
data multiv; set dados1;
idade=id;
run;
proc sort data=multiv; by _name_ box trat idade;
run;
/*
%macro runmixed (z=,comment=,out=);
%let _print_=off;
  proc mixed data=&dsname; by _name_;
    class &class;
    model &model;
    &z;
    make 'fitting' out=fitinfo;
run;
data fitinfo;
  length structr $50;
  set fitinfo;
  structr="&comment";
run;
proc append force base=&out data=fitinfo;
run;
%let _print_=on;
%mend;
%let dsname=multiv;
%let class=box trat idade;
%let model=col1= trat|idade;
*componentes de variancia;
%runmixed (z=repeated idade /type=vc subject=box,
comment=Componente de Variancia,out=criteria1);
*simetria composta;
%runmixed (z=repeated idade /type=cs subject=box,
comment=Simetria Composta,out=criteria1);
*sem estrutura;
%runmixed (z=repeated idade /type=un subject=box,
comment=Sem Estrutura,out=criteria1);
*Banded un(2);
%runmixed (z=repeated idade /type=un(2) subject=box,
comment=Banded (UN(2)),out=criteria1);
*Banded un(1);
%runmixed (z=repeated idade /type=un(1) subject=box,
comment=Banded (UN(1)),out=criteria1);
*Diagonal Principal;
%runmixed (z=repeated idade /type=un(1) subject=box,
comment=Diagonal Principal Banded,out=criteria1);
*Auto-regressiva de ordem 1;
%runmixed (z=repeated idade /type=AR(1) subject=box,
comment=Auto-regressiva de 1ª ordem,out=criteria1);
*Toeplitz;
%runmixed (z=repeated idade /type=toep subject=box,
comment=Toeplitz,out=criteria1);
*Banded Toeplitz 3;
%runmixed (z=repeated idade /type=toep(3) subject=box,
comment=Banded Toeplitz (Toep(3)),out=criteria1);
*Auto-regressiva de ordem 1 heterogenea;
%runmixed (z=repeated idade /type=ARH(1) subject=box,
comment=Auto-regressiva de 1ª ordem heterogenea,out=criteria1);

```

```

*Auto-regressiva de ordem 1 media moveis;
%runmixed (z=repeated idade /type=ARMA(1,1) subject=box,
comment=Auto-regressiva de 1ª ordem Media Moveis,out=criteria1);
*simetria composta heterogenea;
%runmixed (z=repeated idade /type=csh subject=box,
comment=Simetria Composta Heterogenea,out=criteria1);
*Estrutura fator analitico;
%runmixed (z=repeated idade /type=FA(4) subject=box,
comment=Fator Analitico,out=criteria1);
*Huynh Feldt;
%runmixed (z=repeated idade /type=hf subject=box,
comment=Huynh-Feldt,out=criteria1);
*Primeira Antecedencia;
%runmixed (z=repeated idade /type=ante(1) subject=box,
comment=Primeira Antedependencia,out=criteria1);
*Toeplitz heterogenea;
%runmixed (z=repeated idade /type=toeph(3) subject=box,
comment=Toepliz Heterogenea,out=criteria1);
proc sort force data=criteria1 out=allaic;
where descr="AIC (smaller is better)";
by _name_ value;

run;
proc print data=allaic;
var _name_ structr value;
run;
*/
ods rtf FILE= "D:\Embrapa\Analise 2012\Joao Henn\Tese\saida modelos mistos desempenho e
deposicao.rtf";
ods output lsmeans=medias_m1 tests3=testes3_m1 slices=slices_m1 diffs=diffs_m1
contrasts=contrasts_m1;
proc mixed data=multiv; by _name_;
where _name_="AguaAcum" or _name_="Cons_acumul";
class box trat idade;
model col1=trat|idade;
repeated idade / type=un r subject=box;
LSMEANS trat*idade/ SLICE=idade adjust=tukey;
run;
ods output close; quit;
ods output lsmeans=medias_m2 tests3=testes3_m2 slices=slices_m2 diffs=diffs_m2
contrasts=contrasts_m2;
proc mixed data=multiv; by _name_;
where _name_="GordAcum";
class box trat idade;
model col1=trat|idade;
repeated idade / type=vc r subject=box;
LSMEANS trat*idade/ SLICE=idade adjust=tukey;
run;
ods output close; quit;
ods output lsmeans=medias_m3 tests3=testes3_m3 slices=slices_m3 diffs=diffs_m3
contrasts=contrasts_m3;
proc mixed data=multiv; by _name_;
where _name_="Pesomedio";
class box trat idade;
model col1=trat|idade;
repeated idade / type=arma(1,1) r subject=box;
LSMEANS trat*idade/ SLICE=idade adjust=tukey;
run;
ods output close; quit;

```

```

ods output lsmeans=medias_m4 tests3=testes3_m4 slices=slices_m4 diffs=diffs_m4
contrasts=contrasts_m4;
proc mixed data=multiv; by _name_;
where _name_="ProtAc";
class box trat idade;
model col1=trat|idade;
repeated idade / type=un(1) subject=box;
LSMEANS trat*idade/ SLICE=idade adjust=tukey;
run;
ods output close; quit;
ods rtf close;
proc sort data=multiv; by _name_ trat id;
proc means data=multiv noprint;
by _NAME_ trat idade;
var col1; output out=media1 mean=lsmean stderr=StdErr;
run;
data medias1; set media1;
if lsmean<10 then media=put(lsmean,6.4)||"±"||put(StdErr,6.4);
if lsmean>=1000 then media=put(lsmean,6.1)||"±"||put(StdErr,5.2);
if 10<=lsmean<1000 then media=put(lsmean,6.2)||"±"||put(StdErr,4.2);
run;
proc sort data=medias1; by _NAME_ trat;
proc transpose data=medias1 out=medias2; by _NAME_ trat;
var media;
id idade;
run;
ods rtf FILE= "D:\Embrapa\Analise 2012\Joao Henn\Tese\resumo modelos mistos desempenho
e economico.rtf";
data anova; set testes3_m1 testes3_m2 testes3_m3 testes3_m4;
run;
proc sort data=anova; by _name_ effect ;
proc transpose data=anova out=anova1a; by _name_ ;
var probF;
id effect;
run;
proc print data=anova1a;
Title 'Níveis descritivos de probabilidade do teste F da análise de modelos mistos para medidas
repetidas';
run;
data slices; set slices_m1 slices_m2 slices_m3 slices_m4; keep _NAME_ idade ProbF;
proc sort data=slices; by _NAME_ idade;
proc transpose data=slices out=slices1; by _NAME_;
var ProbF;
id idade;
run;
proc print data=slices1;
Title 'Níveis descritivos de probabilidade do teste F para efeito de tratamento dentro de idade';
run;
proc print data=medias2;
Title "Médias e erros padrao em função do tratamento e da idade";
run;
data diffs; set diffs_m1 diffs_m2 diffs_m3 diffs_m4;
if idade=_idade;
run;
proc sort data=diffs; by _name_ idade trat _trat;
proc transpose data=diffs out=diffs1; by _name_ idade trat;
var adjp;
id _trat;

```



```

run;
data diffs2; set diffs1;
drop _label_;
proc print data=diffs2 noobs;
Title "Níveis descritivos de probabilidade do teste de Tukey-Kramer";
run;
ods rtf close;

```

ALOMETRIA

```

run;
data letras1; set letras; trat=level; if trat ne "";
run;
proc sort data=medias1; by _name_ trat;
proc sort data=letras1; by _name_ trat;
data letras2; merge medias1 letras1; by _name_ trat;
media1=media||" "||line1;
run;
proc sort data=letras2; by _NAME_;
proc transpose data=letras2 out=letras3; by _NAME_;
var media1;
id trat;
run;
proc sort data=medias1; by _NAME_;
proc transpose data=medias1 out=medias2graf; by _NAME_;
var lsmean;
id trat;
run;
PROC EXPORT DATA= WORK.medias2graf
OUTFILE= "D:\Embrapa\Analise 2012\Joao Henn\Tese\graficos alometria.xls"
DBMS=XLs REPLACE;
SHEET="medias";
RUN;
Ods rtf File="D:\Embrapa\Analise 2012\Joao Henn\Tese\resumo glm alometria.RTF";
proc sort data=anova; by _name_ source;
proc transpose data=anova out=anova1a; by _name_;
var probF;
id source;
run;
proc print data=anova1a;
Title 'Níveis descritivos de probabilidade do teste F da análise da variância';
run;
data anova1a; set anova1a;
rename trat=probF; drop _label_;
run;
proc sort data=anova1a; by _name_;
proc sort data=letras3; by _name_;
data media2a; merge letras3 anova1a; by _name_;
proc print data=media2a;
Title "Médias e erros padrao em função do tratamento";
run;
ods rtf close;

```

Dados originais dos pesos e dos componentes corporais (em gramas)

TRAT	Id	P.Médio Box	Peso Ave Abatida	Agua Acum.	Prot. Acum.	Gord. Acum.
COBB-M	1	47,000	46,470	35,2811	7,8919	2,9932
COBB-M	1	46,063	46,470	34,5774	7,7345	2,9335
COBB-M	1	45,875	46,470	34,4366	7,7030	2,9216
COBB-M	1	46,313	46,470	34,7650	7,7765	2,9494
COBB-M	1	46,625	46,470	34,9996	7,8290	2,9693
COBB-M	1	46,938	46,470	35,2342	7,8814	2,9892
C44-M	1	42,000	42,360	32,7278	6,3141	2,3043
C44-M	1	42,500	42,360	33,1174	6,3893	2,3318
C44-M	1	42,438	42,360	33,0687	6,3799	2,3283
C44-M	1	42,750	42,360	33,3122	6,4269	2,3455
C44-M	1	41,813	42,360	32,5817	6,2859	2,2941
C44-M	1	42,688	42,360	33,2635	6,4175	2,3421
COBB-F	1	46,750	46,380	35,5137	7,4522	3,0743
COBB-F	1	46,313	46,380	35,1814	7,3825	3,0456
COBB-F	1	46,250	46,380	35,1339	7,3725	3,0414
COBB-F	1	46,375	46,380	35,2288	7,3925	3,0497
COBB-F	1	46,000	46,380	34,9440	7,3327	3,0250
COBB-F	1	46,563	46,380	35,3713	7,4223	3,0620
C44-F	1	42,375	41,810	32,8449	6,5261	2,4252
C44-F	1	40,938	41,810	31,7307	6,3047	2,3430
C44-F	1	42,438	41,810	32,8933	6,5357	2,4288
C44-F	1	40,750	41,810	31,5853	6,2758	2,3322
C44-F	1	42,563	41,810	32,9902	6,5549	2,4360
C44-F	1	41,813	41,810	32,4089	6,4394	2,3930
COBB-M	7	200,000	198,950	149,2122	31,1273	13,3182
COBB-M	7	200,000	198,950	150,0718	30,3139	13,8675
COBB-M	7	197,500	198,950	147,3470	30,7382	13,1517
COBB-M	7	206,250	198,950	154,7615	31,2612	14,3009
COBB-M	7	193,333	198,950	144,2384	30,0897	12,8743
COBB-M	7	201,250	198,950	151,0097	30,5033	13,9542
C44-M	7	171,250	171,670	127,3935	26,7852	12,5225
C44-M	7	176,250	171,670	128,2770	28,8905	14,0341
C44-M	7	170,000	171,670	126,4636	26,5897	12,4311
C44-M	7	171,250	171,670	124,6379	28,0709	13,6360
C44-M	7	168,750	171,670	125,5337	26,3942	12,3397
C44-M	7	172,500	171,670	125,5477	28,2758	13,7355
COBB-F	7	198,750	193,130	147,2145	30,9698	14,6715
COBB-F	7	178,750	193,130	132,1426	28,7929	12,7987
COBB-F	7	197,500	193,130	146,2887	30,7750	14,5793
COBB-F	7	193,750	193,130	143,2315	31,2090	13,8727
COBB-F	7	193,750	193,130	143,5110	30,1907	14,3024
COBB-F	7	196,250	193,130	145,0796	31,6117	14,0517
C44-F	7	166,250	164,790	123,2159	25,8400	12,7545
C44-F	7	165,000	164,790	125,6348	23,7973	11,4979
C44-F	7	161,250	164,790	119,5101	25,0629	12,3709
C44-F	7	161,250	164,790	122,7794	23,2565	11,2366
C44-F	7	163,750	164,790	121,3630	25,4515	12,5627
C44-F	7	171,250	164,790	130,3937	24,6988	11,9334
COBB-M	14	551,333	543,370	361,0887	82,2941	43,1115
COBB-M	14	541,333	543,370	352,6422	80,7870	51,4766
COBB-M	14	544,000	543,370	354,9291	90,6773	51,5200
COBB-M	14	560,000	543,370	360,6614	93,3898	59,8390

TRAT	Id	P.Médio Box	Peso Ave Abatida	Agua Acum.	Prot. Acum.	Gord. Acum.
COBB-M	14	525,000	543,370	340,3730	86,6371	49,0335
COBB-M	14	537,333	543,370	349,0285	88,7072	50,2804
C44-M	14	388,000	394,330	252,5296	68,8102	33,7694
C44-M	14	406,667	394,330	265,7191	72,0571	35,5332
C44-M	14	393,333	394,330	262,3361	63,9741	33,3511
C44-M	14	386,000	394,330	257,0315	62,8158	32,6767
C44-M	14	398,667	394,330	264,2019	68,4103	29,7021
C44-M	14	393,333	394,330	260,3728	67,5159	29,2717
COBB-F	14	512,000	506,780	328,9232	85,8562	41,5912
COBB-F	14	476,000	506,780	303,4423	79,8838	38,3692
COBB-F	14	512,000	506,780	326,9426	80,1947	52,8602
COBB-F	14	511,333	506,780	326,4736	80,0922	52,7843
COBB-F	14	509,333	506,780	325,4077	86,2031	49,2824
COBB-F	14	520,000	506,780	332,9207	87,9911	50,4202
C44-F	14	370,667	371,220	240,6673	67,0075	29,3167
C44-F	14	364,000	371,220	235,9016	65,8734	28,7361
C44-F	14	368,667	371,220	235,1216	66,0052	34,3472
C44-F	14	366,667	371,220	233,7165	65,6682	34,1419
C44-F	14	374,667	371,220	239,1582	69,1698	33,0059
C44-F	14	382,667	371,220	244,7745	70,5684	33,7810
COBB-M	21	1104,286	1054,540	713,0813	214,5806	85,1371
COBB-M	21	1058,571	1054,540	678,1361	197,6502	98,9903
COBB-M	21	1074,286	1054,540	689,9891	200,1749	100,1559
COBB-M	21	1100,000	1054,540	697,3944	197,5550	115,7080
COBB-M	21	1001,538	1054,540	636,5596	188,0235	91,7016
COBB-M	21	988,571	1054,540	627,4593	185,7556	90,3906
C44-M	21	687,143	699,560	436,9631	135,4992	66,0737
C44-M	21	718,571	699,560	465,7050	141,7951	60,7534
C44-M	21	700,000	699,560	452,9345	138,9991	54,6854
C44-M	21	703,077	699,560	449,5108	137,9893	64,5006
C44-M	21	700,000	699,560	437,9759	134,4126	75,5986
C44-M	21	688,571	699,560	439,3714	135,4161	63,0457
COBB-F	21	955,714	944,760	595,6434	179,8211	114,4094
COBB-F	21	911,429	944,760	578,7134	174,2158	92,2029
COBB-F	21	947,143	944,760	611,9274	182,0968	81,8653
COBB-F	21	958,571	944,760	626,2916	184,8939	85,2364
COBB-F	21	937,143	944,760	586,8200	177,3325	103,9597
COBB-F	21	958,571	944,760	611,3504	182,6308	97,4028
C44-F	21	632,857	630,240	396,0118	133,9446	52,6781
C44-F	21	615,714	630,240	383,0129	130,9900	53,9466
C44-F	21	627,143	630,240	395,3462	123,5968	64,6062
C44-F	21	627,143	630,240	385,0266	125,6056	68,0838
C44-F	21	627,143	630,240	390,8332	128,7914	59,9483
C44-F	21	651,429	630,240	407,4738	133,2648	62,5007
COBB-M	28	1788,333	1710,000	1129,3562	350,5466	183,4238
COBB-M	28	1716,667	1710,000	1024,9801	321,1941	233,6393
COBB-M	28	1740,000	1710,000	1078,1216	325,8556	206,8815
COBB-M	28	1760,000	1710,000	1091,5876	329,3056	209,4655
COBB-M	28	1610,769	1710,000	963,2011	287,0476	225,1429
COBB-M	28	1646,154	1710,000	1062,3689	312,3566	142,3607
C44-M	28	1090,000	1090,000	685,3184	220,6506	96,6420
C44-M	28	1123,333	1090,000	691,1165	229,2583	119,0053
C44-M	28	1100,000	1090,000	679,1479	221,2520	114,7433

C44-M	28	1071,583	1090,000	659,8728	216,1484	111,4867
C44-M	28	1089,231	1090,000	666,9952	214,4148	125,4150
C44-M	28	1066,154	1090,000	651,7521	215,1563	114,4651
COBB-F	28	1571,667	1490,000	966,1168	302,6309	184,8952
COBB-F	28	1433,333	1490,000	886,2545	286,2897	144,9019
COBB-F	28	1478,333	1490,000	920,7537	291,9321	158,0334
COBB-F	28	1520,000	1490,000	946,6800	298,0440	162,4260
COBB-F	28	1447,692	1490,000	910,0715	284,5312	145,9487
COBB-F	28	1493,333	1490,000	928,3867	293,3427	159,2873
C44-F	28	960,000	960,000	588,8042	193,6321	105,6783
C44-F	28	938,333	960,000	568,5437	188,0246	109,1393
C44-F	28	966,667	960,000	587,5101	193,0367	112,7802
C44-F	28	940,000	960,000	572,7121	190,0980	104,3729
C44-F	28	960,000	960,000	583,3059	185,2664	116,5548
C44-F	28	990,769	960,000	594,2524	200,4422	122,7331
COBB-M	35	2529,091	2424,500	1577,6823	490,7330	285,3255
COBB-M	35	2492,727	2424,500	1553,0714	484,2821	280,8746
COBB-M	35	2453,333	2424,500	1501,2495	472,3517	302,8458
COBB-M	35	2491,667	2424,500	1549,7587	484,3875	279,8585
COBB-M	35	2255,000	2424,500	1416,0280	437,6774	233,3876
COBB-M	35	2325,000	2424,500	1441,3609	463,9185	254,6937
C44-M	35	1569,091	1540,000	936,1727	313,2615	188,7889
C44-M	35	1583,636	1540,000	956,9686	341,5198	167,7651
C44-M	35	1548,333	1540,000	906,2703	337,2724	174,9071
C44-M	35	1527,273	1540,000	908,4682	305,9893	183,2020
C44-M	35	1515,000	1540,000	899,7696	278,6786	204,5177
C44-M	35	1496,667	1540,000	894,0051	274,5451	188,9916
COBB-F	35	2200,000	2084,000	1356,3868	411,7515	272,7341
COBB-F	35	1981,818	2084,000	1210,1177	375,1624	243,3232
COBB-F	35	2047,273	2084,000	1255,0157	390,4583	238,0383
COBB-F	35	2156,364	2084,000	1359,1300	434,5765	218,3475
COBB-F	35	2035,000	2084,000	1255,4924	372,4100	248,2185
COBB-F	35	2083,333	2084,000	1236,1566	370,4920	320,2365
C44-F	35	1323,636	1321,200	776,6961	262,4916	179,2284
C44-F	35	1293,333	1321,200	746,7648	272,1446	174,1973
C44-F	35	1330,000	1321,200	779,8658	267,4235	179,7728
C44-F	35	1291,667	1321,200	766,4619	249,7089	164,3628
C44-F	35	1330,000	1321,200	781,5305	252,1445	191,2568
C44-F	35	1358,333	1321,200	799,3254	268,3103	184,4503
COBB-M	42	3274,000	3100,330	2016,1444	600,3684	438,0897
COBB-M	42	3240,000	3100,330	2063,3109	608,0712	333,2296
COBB-M	42	3110,000	3100,330	1916,6965	622,0425	384,7293
COBB-M	42	3140,000	3100,330	1897,0343	593,0976	449,3191
COBB-M	42	2858,000	3100,330	1751,2030	548,4049	356,3907
COBB-M	42	2980,000	3100,330	1832,4916	569,6085	372,9339
C44-M	42	2024,000	1952,630	1213,0610	416,0694	249,9028
C44-M	42	1992,000	1952,630	1191,9004	418,4545	239,5499
C44-M	42	2076,000	1952,630	1250,3210	424,5585	255,0670
C44-M	42	1946,000	1952,630	1160,8730	400,4908	246,4969
C44-M	42	1926,000	1952,630	1160,5656	388,4244	228,4668
C44-M	42	1900,000	1952,630	1134,1962	392,7377	231,3774
COBB-F	42	2708,000	2609,440	1567,6753	541,3885	448,6668
COBB-F	42	2606,667	2609,440	1631,9801	498,0226	297,9671
COBB-F	42	2566,000	2609,440	1518,4801	506,1408	388,8320
COBB-F	42	2678,000	2609,440	1632,1709	511,0887	360,0619

TRAT	Id	P.Médio Box	Peso Ave Abatida	Agua Acum.	Prot. Acum.	Gord. Acum.
COBB-F	42	2522,000	2609,440	1512,0019	492,8800	355,4900
COBB-F	42	2576,000	2609,440	1546,9129	502,6000	363,6980
C44-F	42	1666,000	1651,670	966,9428	343,3098	247,6333
C44-F	42	1630,000	1651,670	951,5209	350,1916	208,0366
C44-F	42	1646,000	1651,670	960,2093	335,5643	233,1592
C44-F	42	1602,000	1651,670	913,5034	330,4277	236,3535
C44-F	42	1664,000	1651,670	965,8417	344,8402	235,5741
C44-F	42	1702,000	1651,670	990,0995	351,5668	241,4907
COBB-M	49	3785,000	3555,000	2423,5329	689,7081	432,2589
COBB-M	49	3955,000	3555,000	2517,9813	733,1320	463,5700
COBB-M	49	3359,500	3555,000	2109,7297	627,3996	390,6460
COBB-M	49	3612,000	3555,000	2281,4045	669,6911	422,4340
COBB-M	49	3207,500	3555,000	2016,9013	595,1920	373,1185
COBB-M	49	3422,500	3555,000	2116,5016	648,0985	409,3258
C44-M	49	2454,444	2315,000	1523,8408	508,3507	255,9161
C44-M	49	2360,000	2315,000	1367,2319	484,8102	339,6549
C44-M	49	2251,111	2315,000	1311,0019	455,7967	329,5728
C44-M	49	2280,000	2315,000	1330,0155	471,4325	315,1568
C44-M	49	2261,111	2315,000	1317,9228	467,9758	312,2913
C44-M	49	2284,444	2315,000	1271,3089	479,4187	364,0857
COBB-F	49	3168,750	3001,000	1932,9647	631,7104	443,5588
COBB-F	49	3027,500	3001,000	1807,2588	659,6708	400,2375
COBB-F	49	2987,500	3001,000	1781,5645	615,0115	423,0415
COBB-F	49	3050,000	3001,000	1821,5458	626,8803	432,5353
COBB-F	49	2880,000	3001,000	1667,9993	588,7323	440,0044
COBB-F	49	2881,750	3001,000	1726,3301	581,8603	407,9247
C44-F	49	1944,444	1932,000	1201,0604	348,2602	297,1791
C44-F	49	1922,222	1932,000	1121,9307	378,3664	290,6089
C44-F	49	1916,667	1932,000	1127,7292	358,9983	293,2967
C44-F	49	1853,333	1932,000	1086,7208	348,6117	282,6313
C44-F	49	1966,667	1932,000	1090,2198	392,4778	342,6753
C44-F	49	1988,889	1932,000	1138,1146	396,5258	314,0880

Dados originais da evolução do ganho de peso (em gramas)

TRAT	Box	PM 1	PM 7	PM 14	PM 21	PM 28	PM 35	PM 42	PM 49
COBB-M	1	47,00	200,00	551,33	1104,29	1788,33	2529,09	3274,00	3785,00
COBB-M	3	46,06	200,00	541,33	1058,57	1716,67	2492,73	3240,00	3955,00
COBB-M	13	45,88	197,50	544,00	1074,29	1740,00	2453,33	3110,00	3359,50
COBB-M	15	46,31	206,25	560,00	1100,00	1760,00	2491,67	3140,00	3612,00
COBB-M	17	46,63	193,33	525,00	1001,54	1610,77	2255,00	2858,00	3207,50
COBB-M	19	46,94	201,25	537,33	988,57	1646,15	2325,00	2980,00	3422,50
C44-M	5	42,00	171,25	388,00	687,14	1090,00	1569,09	2024,00	2454,44
C44-M	7	42,50	176,25	406,67	718,57	1123,33	1583,64	1992,00	2360,00
C44-M	9	42,44	170,00	393,33	700,00	1100,00	1548,33	2076,00	2251,11
C44-M	11	42,75	171,25	386,00	703,08	1071,58	1527,27	1946,00	2280,00
C44-M	21	41,81	168,75	398,67	700,00	1089,23	1515,00	1926,00	2261,11
C44-M	23	42,69	172,50	393,33	688,57	1066,15	1496,67	1900,00	2284,44
COBB-F	2	46,75	198,75	512,00	955,71	1571,67	2200,00	2708,00	3168,75
COBB-F	4	46,31	178,75	476,00	911,43	1433,33	1981,82	2606,67	3027,50
COBB-F	14	46,25	197,50	512,00	947,14	1478,33	2047,27	2566,00	2987,50
COBB-F	16	46,38	193,75	511,33	958,57	1520,00	2156,36	2678,00	3050,00
COBB-F	18	46,00	193,75	509,33	937,14	1447,69	2035,00	2522,00	2880,00
COBB-F	20	46,56	196,25	520,00	958,57	1493,33	2083,33	2576,00	2881,75
C44-F	6	42,38	166,25	370,67	632,86	960,00	1323,64	1666,00	1944,44
C44-F	8	40,94	165,00	364,00	615,71	938,33	1293,33	1630,00	1922,22
C44-F	10	42,44	161,25	368,67	627,14	966,67	1330,00	1646,00	1916,67
C44-F	12	40,75	161,25	366,67	627,14	940,00	1291,67	1602,00	1853,33
C44-F	22	42,56	163,75	374,67	627,14	960,00	1330,00	1664,00	1966,67
C44-F	24	41,81	171,25	382,67	651,43	990,77	1358,33	1702,00	1988,89

Dados originais da evolução do consumo alimentar (em gramas)

TRAT	Box	Consumo Acum 7	Consumo Acum 14	Consumo Acum 21	Consumo Acum 28	Consumo Acum 35	Consumo Acum 42	Consumo Acum 49
COBB-M	1	160,75	586,08	1343,73	2426,81	3719,81	5149,81	6495,43
COBB-M	3	157,13	577,13	1322,77	2389,43	3754,89	5212,89	6736,64
COBB-M	13	157,88	559,21	1272,07	2303,98	3498,73	4812,73	5907,48
COBB-M	15	165,63	574,96	1269,24	2282,66	3517,58	4845,58	6050,45
COBB-M	17	161,47	563,96	1231,65	2180,80	3252,55	4428,55	5432,55
COBB-M	19	157,50	556,17	1214,74	2208,20	3358,62	4632,62	5897,62
C44-M	5	150,69	448,02	940,88	1657,54	2588,45	3570,45	4723,79
C44-M	7	155,50	463,50	964,93	1671,60	2562,50	3514,50	4614,50
C44-M	9	153,69	441,69	934,54	1622,88	2492,88	3377,32	4348,43
C44-M	11	149,06	446,40	931,01	1581,01	2464,65	3414,65	4410,20
C44-M	21	150,38	447,71	929,14	1602,98	2424,65	3314,65	4265,76
C44-M	23	150,88	448,21	948,21	1618,98	2455,64	3339,64	4381,87
COBB-F	2	161,69	560,35	1203,21	2150,88	3284,33	4490,33	5649,83
COBB-F	4	146,44	521,10	1150,25	2002,91	3041,82	4150,71	5213,34
COBB-F	14	158,38	543,71	1176,57	2038,15	3040,06	4128,06	5258,06
COBB-F	16	160,38	556,38	1210,66	2118,91	3280,82	4492,82	5608,94
COBB-F	18	158,88	544,21	1174,21	2014,36	3027,53	4133,53	5201,15
COBB-F	20	159,06	561,73	1204,59	2079,75	3127,92	4257,92	5331,42
C44-F	6	146,63	435,96	890,24	1506,91	2279,64	3113,64	3986,97
C44-F	8	146,25	420,25	855,25	1441,92	2176,50	2929,00	3802,33
C44-F	10	148,63	421,96	854,82	1459,82	2184,82	2956,82	3794,59
C44-F	12	149,81	423,15	858,86	1448,09	2164,76	2950,76	3772,98
C44-F	22	148,25	433,58	863,58	1466,66	2201,66	2999,66	3901,88
C44-F	24	153,31	447,98	905,12	1532,81	2297,81	3133,81	4084,93

Coeficientes Alométricos, a e b, para água, proteína e gordura corporais (Y=aX^b)

TRAT	Box	a Agua	b Agua	a PB	b PB	a GB	b GB
COBB-M	1	0,9131	0,9524	0,1327	1,0426	0,0301	1,1629
COBB-M	3	0,9101	0,9521	0,1291	1,0454	0,0351	1,1491
COBB-M	13	0,9318	0,9479	0,1318	1,0462	0,0309	1,1704
COBB-M	15	0,9312	0,9479	0,1326	1,0429	0,032	1,1705
COBB-M	17	0,9337	0,9466	0,1345	1,0417	0,0310	1,1702
COBB-M	19	0,9333	0,9480	0,1286	1,0498	0,0338	1,1503
COBB-F	2	0,9808	0,9372	0,1192	1,0623	0,0263	1,2092
COBB-F	4	0,9569	0,9415	0,1179	1,0672	0,0318	1,1677
COBB-F	14	0,9859	0,9368	0,1141	1,0696	0,0298	1,1855
COBB-F	16	0,9593	0,9423	0,1170	1,0666	0,0325	1,1673
COBB-F	18	0,9912	0,9352	0,1193	1,0630	0,0290	1,1934
COBB-F	20	0,9892	0,9358	0,1242	1,0566	0,0269	1,2061
C44-M	5	1,0082	0,9323	0,1054	1,0885	0,0285	1,1811
C44-M	7	1,0384	0,9263	0,1047	1,0922	0,0257	1,2029
C44-M	9	1,0643	0,9227	0,1006	1,0955	0,0231	1,2180
C44-M	11	1,0486	0,9243	0,1050	1,0886	0,0244	1,2152
C44-M	21	1,0584	0,9228	0,1078	1,0817	0,0218	1,2354
C44-M	23	1,0750	0,9192	0,1088	1,0828	0,0214	1,2368
C44-F	6	1,0453	0,9233	0,1160	1,0740	0,0198	1,2574
C44-F	8	1,1002	0,9136	0,1009	1,0989	0,0200	1,2537
C44-F	10	1,0670	0,9186	0,1127	1,0778	0,0213	1,2534
C44-F	12	1,0940	0,9141	0,1073	1,0846	0,0203	1,2600
C44-F	22	1,1039	0,9119	0,1123	1,0794	0,0189	1,2744
C44-F	24	1,1056	0,9130	0,1044	1,0909	0,0190	1,2680

Capítulo III

Dados e cálculos de fluxo GEE das camas e do ar – Coleta 1.

Dados fixos, para as 3 coletas:

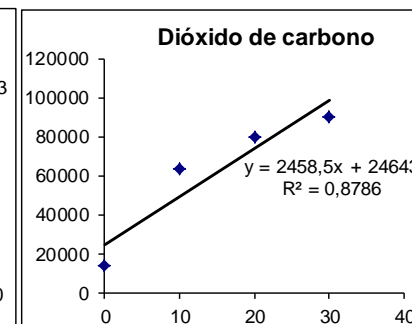
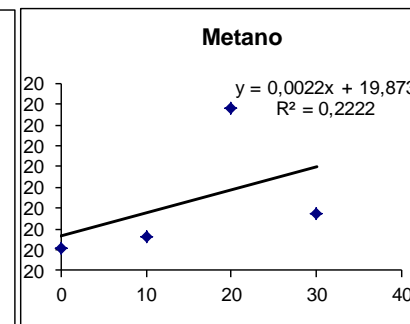
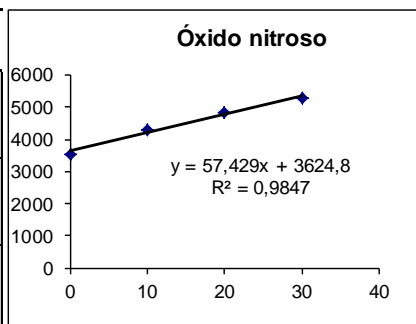
P. atmosférica (atm)= 1; R (atm. L. mol-1.K-1)= 0,0821; η g N/ η mol N₂O= 28; μ g C/ μ mol CH₄ e CO₂= 12; câmaras/m² = 1,00
volume câmara (L) = 9,817

REP	Número seringa	tempo	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	Temperatura		N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂		
			η mol/mol	μ mol/mol	μ mol/mol	Celsius	Kelvin	η g N/câmara	μ g C/câmara	μ g C/câmara	η g N/câm/mir	μ g C/câm/mir	μ g C/câm/mir	μ g N/m ² /h	μ g C/m ² /h	mg C/m ² /h	μ g N ₂ O/m ² /h	μ g CH ₄ /m ² /h	mg CO ₂ /m ² /h		
COBB (Machho)	I	4	0	317,448	1,782	1212,848	27,4	300,4	3538,241	19,862	13518,273	57,429	0,002	2458,501	3,45	0,13	147,51	5,41	0,18	540,87	
		5	10	386,129	1,783	5663,688	27,4	300,4	4303,752	19,873	63126,856										
		6	20	432,797	1,794	7122,532	27,4	300,4	4823,909	19,996	79386,974										
		7	30	473,642	1,785	8079,055	27,4	300,4	5279,163	19,895	90048,277										
	II	8	0	319,796	1,795	1509,172	27,4	300,4	3564,412	20,007	16821,068	-1,759	-0,003	2127,900	-0,11	-0,21	127,67	-0,17	-0,28	468,14	
		9	10	323,744	1,786	5764,106	27,4	300,4	3608,416	19,907	64246,104										
		10	20	322,182	1,782	6953,899	27,4	300,4	3591,006	19,862	77507,409										
		11	30	315,055	1,786	7476,354	27,4	300,4	3511,569	19,907	83330,636										
															Média	1,67	-0,04	137,59	2,62	-0,05	504,50
															Desvio	2,51	0,24	14,03	3,95	0,32	51,43
	CAIPIRA (Machho)	I	12	0	310,812	1,791	1552,154	27,4	300,4	3464,277	19,962	17300,141	2,693	-0,006	1922,237	0,16	-0,36	115,33	0,25	-0,48	422,89
13			10	315,741	1,782	5137,601	27,4	300,4	3519,215	19,862	57263,147										
14			20	315,238	1,776	6320,503	27,4	300,4	3513,609	19,795	70447,645										
15			30	319,033	1,775	6906,570	27,4	300,4	3555,907	19,784	76979,885										
II		16	0	320,289	1,793	1492,402	27,4	300,4	3569,907	19,985	16634,152	1,385	-0,002	1772,924	0,08	-0,13	106,38	0,13	-0,17	390,04	
		17	10	323,088	1,784	4349,385	27,4	300,4	3601,104	19,884	48477,777										
		18	20	323,141	1,774	5622,517	27,4	300,4	3601,695	19,773	62667,969										
		19	30	324,414	1,790	6370,199	27,4	300,4	3615,883	19,951	71001,552										
															Média	0,12	-0,24	110,85	0,19	-0,33	406,47
															Desvio	0,06	0,17	6,33	0,09	0,22	23,23

Continuação.....

REP	Número seringa	tempo	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	Temperatura		N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂						
			ηmol/mol	μmol/mol	μmol/mol	Celsius	Kelvin	ng N/câmara	μg C/câmara	μg C/câmara	ng N/câm/mir	μg C/câm/mir	μg C/câm/mir	μg N/m ² /h	μg C/m ² /h	mg C/m ² /h	μg N ₂ O/m ² /h	μg CH ₄ /m ² /h	mg CO ₂ /m ² /h						
FORA DO AVIÁRIO	Antes	20	318,088	1,762	403,260	21,5	294,5	3616,402	20,033	4584,739															
							273,0	0,000	0,000	0,000															
							273,0	0,000	0,000	0,000															
							273,0	0,000	0,000	0,000															
	Depois	21	316,561	1,76	398,589	21,5	294,5	3599,042	19,964	4531,633															
							273,0	0,000	0,000	0,000															
							273,0	0,000	0,000	0,000															
							273,0	0,000	0,000	0,000															

Qualidade do ar	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	T°C
	ηmol/mol	μmol/mol	μmol/mol	Celsius
Fora do aviário	318,1	1,8	403,3	27,4
	316,6	1,8	398,6	27,4
Média	317,3	1,8	400,9	27,4
COOB	317,4	1,8	1212,8	27,4
	319,8	1,8	1509,2	27,4
Média	318,6	1,8	1361,0	27,4
CAIPIRA	310,8	1,8	1552,2	21,5
	320,3	1,8	1492,4	21,5
Média	315,6	1,8	1522,3	21,5

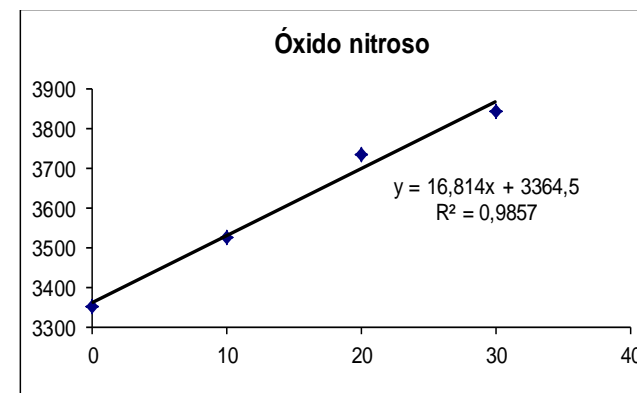


Dados e cálculos de fluxo GEE das camas e do ar – Coleta 2.

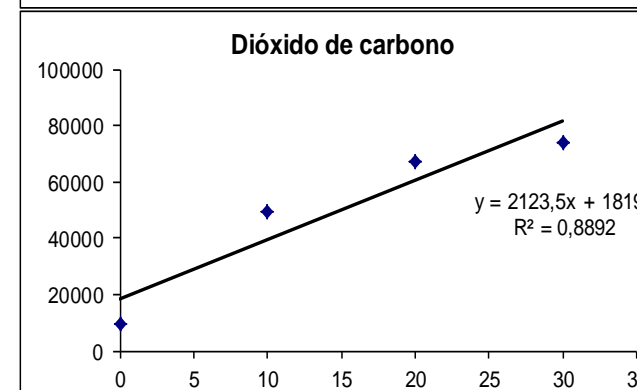
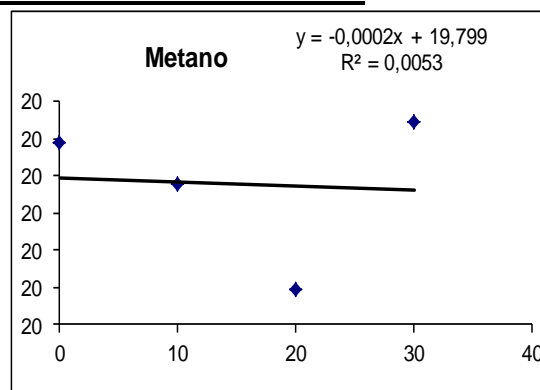
REP	Número tempo	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	Temperatura		N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂		
	seringa	ηmol/mol	μmol/mol	μmol/mol	Celsius	Kelvin	ηg N/câmara	μg C/câmara	μg C/câmara	ηg N/câm/mir	μg C/câm/mir	μg C/câm/mir	μg N/m ² /h	μg C/m ² /h	mg C/m ² /h	μg N ₂ O/m ² /h	μg CH ₄ /m ² /h	mg CO ₂ /m ² /h		
COBB (Macho)	I	4	0	298,905	1,765	835,054	25,2	298,2	3356,142	19,818	9376,088	16,814	0,000	2123,515	1,01	-0,01	127,41	1,59	-0,02	467,17
		5	10	314,068	1,763	4389,495	25,2	298,2	3526,394	19,795	49285,786									
		6	20	332,951	1,758	6003,220	25,2	298,2	3738,415	19,739	67404,888									
		7	30	342,528	1,766	6601,301	25,2	298,2	3845,946	19,829	74120,214									
	II	12	0	294,201	1,765	915,082	25,2	298,2	3303,325	19,818	10274,652	-3,126	0,000	2213,626	-0,19	-0,03	132,82	-0,29	-0,04	487,00
		13	10	288,229	1,770	5467,595	25,2	298,2	3236,270	19,874	61390,825									
		14	20	287,031	1,766	6645,543	25,2	298,2	3222,819	19,829	74616,969									
		15	30	285,320	1,765	7094,104	25,2	298,2	3203,608	19,818	79653,466									
													Média	0,41	-0,02	130,11	0,65	-0,03	477,09	
													Desvio	0,85	0,01	3,82	1,33	0,01	14,02	
CAIPIRA (Macho)	I	8	0	297,045	1,762	898,555	25,2	298,2	3335,258	19,784	10089,085		0,005	1855,686	0,00	0,30	111,34	0,00	0,40	408,25
		9	10	306,544	1,756	4002,478	25,2	298,2	3441,913	19,717	44940,312									
		10	20	301,175	1,762	4939,592	25,2	298,2	3381,630	19,784	55462,342									
		11	30	299,534	1,775	6095,227	25,2	298,2	3363,204	19,930	68437,953									
	II	16	0	295,534	1,771	1040,247	25,2	298,2	3318,292	19,885	11680,020	3,066	-0,002	1504,717	0,18	-0,10	90,28	0,29	-0,13	331,04
		17	10	305,410	1,760	3783,344	25,2	298,2	3429,181	19,761	42479,849									
		18	20	307,275	1,763	4706,490	25,2	298,2	3450,121	19,795	52845,045									
		19	30	304,015	1,765	5199,640	25,2	298,2	3413,518	19,818	58382,193									
														Média	0,09	0,10	100,81	0,14	0,13	369,64
														Desvio	0,13	0,29	14,89	0,20	0,38	54,60

Continuação.....

REP	Número tempo seringa	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	Temperatura		N ₂ O	CH ₄	CO ₂
		ηmol/mol	μmol/mol	μmol/mol	Celsius	Kelvin	ηg N/câmara	μg C/câmara	μg C/câmara
FORA DO AVIÁRIO	Antes 20	380,014	1,774	293,397	23,1	296,1	4297,105	20,060	3317,661
						273,0	0,000	0,000	0,000
						273,0	0,000	0,000	0,000
						273,0	0,000	0,000	0,000
	Depois 21	377,957	1,759	292,003	24,0	297,0	4260,894	19,830	3291,892
						273,0	0,000	0,000	0,000
						273,0	0,000	0,000	0,000
						273,0	0,000	0,000	0,000



Qualidade do ar	N ₂ O ηmol/mol	CH ₄ μmol/mol	CO ₂ μmol/mol	T°C Celsius
Fora do avião	380,0	1,8	293,4	25,2
	378,0	1,8	292,0	25,2
Média	379,0	1,8	292,7	25,2
COOB	298,9	1,8	835,1	25,2
	294,2	1,8	915,1	25,2
Média	296,6	1,8	875,1	25,2
CAIPIRA	297,0	1,8	898,6	23,1
	295,5	1,8	1040,2	24,0
Média	296,3	1,8	969,4	23,6

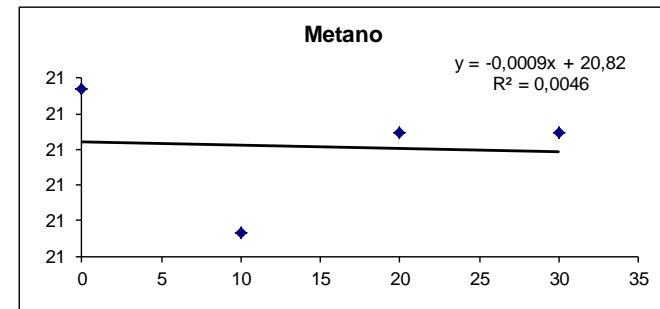


Dados e cálculos de fluxo GEE das camas e do ar – Coleta 3.

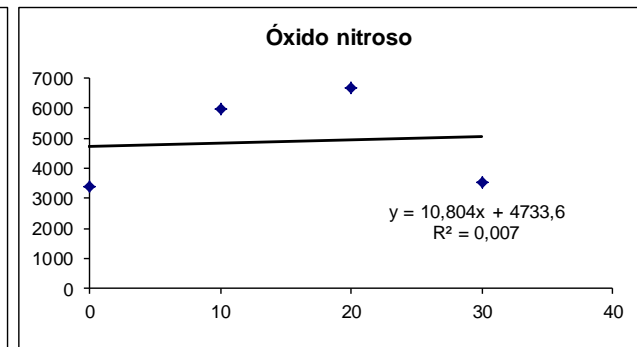
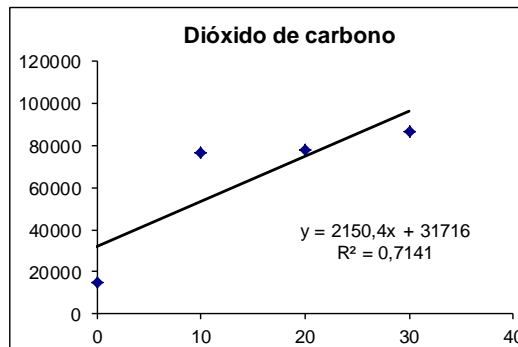
REP	Número seringa	tempo	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	Temperatura		N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	
			nmol/mol	μmol/mol	μmol/mol	Celsius	Kelvin	ng N/câmara	μg C/câmara	μg C/câmara	ng N/câm/mir	μg C/câm/mir	μg C/câm/mir	μg N/m ² /h	μg C/m ² /h	mg C/m ² /h	μg N ₂ O/m ² /h	μg CH ₄ /m ² /h	mg CO ₂ /m ² /h	
COBB (Macho)	I	137	0	304,598	1,875	1353,527	26,4	299,4	3406	21	15137	10,804	-0,001	2150,439	0,65	-0,05	129,03	1,02	-0,07	473,10
		138	10	534,332	1,839	6849,257	26,4	299,4	5975	21	76596									
		139	20	595,848	1,864	6948,899	26,4	299,4	6663	21	77710									
		140	30	316,297	1,864	7730,089	26,4	299,4	3537	21	86447									
	II	147	0	301,507	1,856	1503,994	26,4	299,4	3372	21	16819	1,549	0,003	2226,379	0,09	0,15	133,58	0,15	0,21	489,80
		146	10	305,621	1,848	5094,776	26,4	299,4	3418	21	56975									
		145	20	302,321	1,865	6659,805	26,4	299,4	3381	21	74477									
		148	30	307,223	1,858	7618,446	26,4	299,4	3436	21	85198									
													Média	0,37	0,05	131,30	0,58	0,07	481,45	
													Desvio	0,39	0,15	3,22	0,62	0,20	11,81	
CAIPIRA (Macho)	I	141	0	303,632	1,856	1403,956	26,4	299,4	3396	21	15701		-0,007	2075,541	0,00	-0,45	124,53	0,00	-0,60	456,62
		142	10	303,646	1,913	3611,787	26,4	299,4	3396	21	40391									
		143	20	306,859	1,849	5959,127	26,4	299,4	3432	21	66642									
		144	30	305,656	1,855	6808,039	26,4	299,4	3418	21	76135									
	II	149	0	302,617	1,852	1404,390	26,4	299,4	3384	21	15705	-0,566	-0,003	1193,566	-0,03	-0,18	71,61	-0,05	-0,24	262,58
		150	10	303,678	1,870	3491,385	26,4	299,4	3396	21	39045									
		151	20	303,042	1,852	4185,147	26,4	299,4	3389	21	46803									
		41	30	301,142	1,849	4730,778	26,4	299,4	3368	21	52905									
													Média	-0,02	-0,32	98,07	-0,03	-0,42	359,60	
													Desvio	0,02	0,19	37,42	0,04	0,25	137,20	

Continuação....

REP	Número seringa	tempo	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	Temperatura		N ₂ O	CH ₄	CO ₂
			ηmol/mol	μmol/mol	μmol/mol	Celsius	Kelvin	ηg N/câmara	μg C/câmara	μg C/câmara
FORA DO AVIÁRIO	Antes	40	305,053	1,824	404,001	25,4	298,4	3423	20	4533
						273,0	0	0	0	
						273,0	0	0	0	
						273,0	0	0	0	
	Depois	152	304,195	1,833	388,879	27,6	300,6	3388	20	4332
						273,0	0	0	0	
						273,0	0	0	0	
						273,0	0	0	0	
						273,0	0	0	0	
						273,0	0	0	0	



Qualidade do ar	N ₂ O ηmol/mol	CH ₄ μmol/mol	CO ₂ μmol/mol	T°C Celsius
Fora do avião	305,1	1,8	404,0	26,4
	304,2	1,8	388,9	26,4
Média	304,6	1,8	396,4	26,4
COOB	304,6	1,9	1353,5	26,4
	301,5	1,9	1504,0	26,4
Média	303,1	1,9	1428,8	26,4
CAIPIRA	303,6	1,9	1404,0	25,4
	302,6	1,9	1404,4	27,6
Média	303,1	1,9	1404,2	26,5



Dados de digestibilidade das dietas e dados relativos às camas e excretas: Balanço de C e estimativa de emissão de CO₂ pela cama de frango

TRAT	Box	NPF	CDMS_DI	CDMS_DC	C_DI	C_DC	C_C49	N_C49	C/N	C Exc	CC d49	Emis C	Emis C_ave	Emis CO ₂
COBB-M	1	11,43	76,01228	77,31494	38,42	45,67				7096,3223	9321,60	1697,852	148,56209	544,3829
COBB-M	3	11,43	75,96429	78,70675	38,41	44,86	41,776	2,547	16,402	7359,8405	10019,86	1263,111	110,52217	404,9915
COBB-M	13	11,57	73,71822	77,40784	38,26	44,9	42,839	2,388	18,015	6534,6537	9121,60	1336,184	115,47266	423,1318
COBB-M	15	11,57	72,85876	76,8274	38,11	40,27	43,905	2,423	18,123	6692,8024	9118,10	1497,835	129,44257	474,3223
COBB-M	17	11,43	77,11655	80,57428	38,99	41,22				5935,1154	8348,30	1509,945	132,12022	484,1342
COBB-M	19	11,71					42,837	2,195	19,518	6604,2804	9132,16	1395,250	119,10674	436,4483
C44-M	5	12,43	74,60993	78,06598	38,48	36,68				5810,2716	8156,00	1577,402	126,91737	465,0691
C44-M	7	12,43	72,97961	74,42412	37,95	36,54	43,742	2,648	16,518	5675,8535	7953,18	1645,804	132,42097	485,2363
C44-M	9	12,57	74,62091	77,29978	38,32	36,52	44,215	2,412	18,428	5410,0637	8156,00	1177,194	93,640407	343,1308
C44-M	11	12,29	73,82161	79,18284	38,57	35,27	44,579	2,348	18,989	5362,2112	8047,14	1238,200	100,78374	369,3065
C44-M	21	12,71	75,23638	79,81882	38,84	35,74				5367,5164	8015,60	1275,046	100,28455	367,4773
C44-M	23	12,71					44,324	2,241	19,779	5513,6096	8130,13	1306,609	102,76698	376,5738
COBB-F	2	11,43	74,28325	77,47512	31,55	35,87				7000,1677	9583,10	1340,198	117,2673	429,7079
COBB-F	4	12,29		80,81658		36,17	42,767	2,307	18,541	6943,7984	9499,87	1367,058	111,2722	407,7398
COBB-F	14	11,43	73,22185	80,14169	31,8	35,29	43,347	2,277	19,049	6514,7572	9183,10	1254,787	109,79388	402,3227
COBB-F	16	11,43	71,88976	75,09963	48,17	39,99	43,727	2,336	18,715	6949,5076	9512,39	1360,245	119,02142	436,1357
COBB-F	18	11,71	72,14753	72,23492	48,45	38,99				6605,3591	9383,10	1145,389	97,77712	358,2892
COBB-F	20	11,57					43,546	2,189	19,89	6688,2234	9265,89	1345,463	116,27461	426,0704
C44-F	6	12,43	70,84183	72,38785	43,7	37,84				5893,5960	8504,90	1311,826	105,54922	386,7688
C44-F	8	12,57	74,04939	78,6095	44,58	39,42	43,712	2,413	18,115	5685,2669	8594,41	1013,987	80,658045	295,559
C44-F	10	12,57	70,61931	78,30059	44,06	38,18	43,667	2,281	19,18	5673,6938	8304,90	1291,924	102,76667	376,5726
C44-F	12	12,57	70,1513	77,25211	37,04	44,27	44,128	2,18	20,245	5641,3773	8478,55	1085,956	86,382886	316,5368
C44-F	22	12,71	70,71256	79,39614	37,6	43,41				5900,4099	8434,90	1388,640	109,21887	400,2157
C44-F	24	12,71					43,16	2,25	19,178	6177,2067	8767,39	1332,947	104,83851	384,1646

Dados de C e estimativa de emissão de CO₂ pelos frangos de corte

TRAT	Umid 49	peso cama 49	C 42_ave	CO2_ave 42	CO2_kg PV42	C 49_ave	CO2_ave 49	CO2_kg PV49	C 35_ave	CO2_ave 35	CO2_kg PV35	C 28_ave	CO2_ave 28	CO2_kg PV28
COBB-M	32,84	32,56	168,79	618,52	199,52	293,87	1076,84	302,74	131,44	481,63	198,65	70,78	259,37	151,68
COBB-M	35,44	30,69	231,22	847,29	273,32	276,49	1013,16	284,84	140,94	516,47	213,02	42,86	157,04	91,84
COBB-M	32,94	28,13	188,62	691,16	222,95	224,30	821,91	231,07	113,14	414,59	171,00	57,98	212,48	124,25
COBB-M	34,44	29,65	197,77	724,70	233,77	306,98	1124,87	316,24	99,01	362,80	149,64	51,33	188,08	109,99
COBB-M	37,56	28,37	184,80	677,16	218,44	181,97	666,80	187,46	86,82	318,13	131,21	51,42	188,43	110,19
COBB-M	33,44	28,69	156,27	572,63	184,72	311,94	1143,06	321,36	164,22	601,75	248,20	30,80	112,87	66,01
C44-M	38,08	25,57	169,24	620,16	313,69	194,54	712,86	307,93	76,20	279,23	181,32	41,76	153,04	140,40
C44-M	34,41	24,31	138,74	508,39	257,15	222,29	814,54	351,85	107,33	393,31	255,39	35,34	129,48	118,79
C44-M	32,08	25,12	121,36	444,70	224,94	167,17	612,58	264,62	66,13	242,32	157,35	38,68	141,73	130,03
C44-M	35,41	26,51	139,19	510,06	257,99	173,72	636,58	274,98	59,90	219,49	142,52	45,24	165,78	152,09
C44-M	33,10	25,15	142,16	520,91	263,49	159,38	584,02	252,28	53,99	197,85	128,48	52,81	193,53	177,55
C44-M	33,41	25,15	153,38	562,05	284,30	167,54	613,91	265,19	55,35	202,83	131,71	38,55	141,25	129,59
COBB-F	37,41	27,02	139,46	511,05	195,88	255,76	937,19	312,50	85,78	314,33	150,83	54,80	200,80	134,67
COBB-F	34,38	27,31	163,52	599,18	229,66	254,79	933,66	311,32	65,26	239,13	114,74	48,65	178,26	119,56
COBB-F	32,45	28,05	172,34	631,50	242,05	192,16	704,14	234,79	70,64	258,85	124,21	44,75	163,98	109,98
COBB-F	33,40	28,31	191,79	702,79	269,37	215,87	791,03	263,76	128,41	470,53	225,78	57,38	210,25	141,01
COBB-F	33,29	26,85	185,32	679,06	260,28	203,68	746,36	248,87	73,32	268,67	128,92	63,72	233,48	156,59
COBB-F	35,36	26,31	181,25	664,17	254,57	217,21	795,92	265,40	102,91	377,10	180,95	51,88	190,12	127,51
C44-F	35,64	22,94	93,94	344,24	208,38	146,00	534,98	276,91	114,36	419,06	317,23	66,77	244,66	255,12
C44-F	35,30	26,30	96,95	355,25	215,04	157,29	576,38	298,33	107,32	393,26	297,70	39,86	146,05	152,29
C44-F	37,75	29,24	101,57	372,19	225,30	145,07	531,59	275,15	114,26	418,70	316,95	45,22	165,71	172,79
C44-F	37,32	27,35	131,54	482,01	291,78	125,27	459,03	237,59	77,35	283,45	214,57	47,00	172,23	179,59
C44-F	36,82	26,72	136,73	501,02	303,28	136,87	501,53	259,59	121,25	444,30	336,34	62,70	229,75	239,58
C44-F	38,00	25,45	108,54	397,73	240,75	181,54	665,23	344,32	123,60	452,90	342,84	56,51	207,06	215,91

Principais Comandos – SAS (dados camas)

```

PROC IMPORT OUT= WORK.dados
      DATAFILE= "D:\Embrapa\Analise 2012\Joao Henn\Tese\Dados camas.xls"
DBMS=XLs REPLACE;
      SHEET="Plan1";
      GETNAMES=YES;
RUN;
proc sort data=dados; by trat box;
proc transpose data=dados out=dados1; by trat box;
run;
proc sort data=dados1; by _name_;
Ods rtf File="D:\Embrapa\Analise 2012\Joao Henn\Tese\saida glm camas.RTF";
ODS OUTPUT overallanova=anova_geral ModelANOVA=Anova Diff=Tukey
SlicedANOVA=slices contrasts=contrastes mclines=letras;
*ods trace on;
proc glm data=dados1; by _name_;
class trat;
model col1=trat/ss3;
means trat/t lines;
output out=residuo p=predito
      student=residuo;
run;
*ods trace off;
ods output close;
quit;
ods rtf close;
proc gplot data=residuo; by _name_;
plot residuo*predito;
symbol i=none v=dot;
run;
proc sort data=dados1; by _name_ trat;
proc means data=dados1 noprint;
by _NAME_ trat;
var col1; output out=media1 mean=lsmean stderr=StdErr;
run;
data medias1; set media1;
if lsmean<10 then media=put(lsmean,6.4)||"±"||put(StdErr,6.4);
if lsmean>=1000 then media=put(lsmean,6.1)||"±"||put(StdErr,5.2);
if 10<=lsmean<1000 then media=put(lsmean,6.2)||"±"||put(StdErr,4.2);
run;
proc sort data=medias1; by _NAME_;
proc transpose data=medias1 out=medias2; by _NAME_;
var media;
id trat;
run;
data letras1; set letras; trat=level; if trat ne "";
run;
proc sort data=medias1; by _name_ trat;
proc sort data=letras1; by _name_ trat;
data letras2; merge medias1 letras1; by _name_ trat;
media1=media||" "||line2||line1;
run;
proc sort data=letras2; by _NAME_;
proc transpose data=letras2 out=letras3; by _NAME_;
var media1;
id trat;
run;

```



```
proc sort data=medias1; by _NAME_;
proc transpose data=medias1 out=medias2graf; by _NAME_;
var lsmean;
id trat;
run;
PROC EXPORT DATA= WORK.medias2graf
OUTFILE= "D:\Embrapa\Analise 2012\Joao Henn\Tese\graficos camas.xls"
DBMS=XLs REPLACE;
    SHEET="medias";
RUN;
Ods rtf File="D:\Embrapa\Analise 2012\Joao Henn\Tese\resumo glm camas.RTF";
proc sort data=anova; by _name_ source;
proc transpose data=anova out=anova1a; by _name_;
var probF;
id source;
run;
proc print data=anova1a;
Title 'Níveis descritivos de probabilidade do teste F da análise da variância';
run;
data anova1a; set anova1a;
rename trat=probF; drop _label_;
run;
proc sort data=anova1a; by _name_;
proc sort data=letras3; by _name_;
data media2a; merge letras3 anova1a; by _name_;
proc print data=media2a;
Title "Médias e erros padrao em função do tratamento";
run;
ods rtf close;
```

Capítulo IV

Dados de C e CO₂ aos 42 dias de idade das aves. L=linhagem, b=box, id=idade e S=sexo.

L	S	B	Id	TRAT	conC 42	conCdig 42	retC 42	Cexcret 42	Cresp	CO2Resp 42	CO2cama 42	CO2total 42
3	1	1	42	COBB-M	2117,37	1648,64	645,12	531,87	973,25	3566,34	640,18	4206,52
3	1	3	42	COBB-M	2143,46	1669,14	569,53	538,03	1070,84	3923,95	869,21	4793,16
3	1	13	42	COBB-M	1978,72	1540,60	616,16	486,78	904,93	3315,99	711,40	4027,39
3	1	15	42	COBB-M	1992,27	1551,21	649,91	495,74	874,30	3203,75	745,09	3948,83
3	1	17	42	COBB-M	1820,53	1417,13	555,46	452,59	840,08	3078,36	695,79	3774,15
3	1	19	42	COBB-M	1904,71	1483,02	579,24	473,59	878,14	3217,80	592,12	3809,92
4	1	5	42	C44-M	1468,00	1142,97	405,59	369,09	721,27	2642,98	635,18	3278,16
4	1	7	42	C44-M	1444,84	1124,74	398,92	362,07	706,25	2587,96	523,18	3111,14
4	1	9	42	C44-M	1388,42	1080,78	413,97	344,19	651,21	2386,27	458,91	2845,18
4	1	11	42	C44-M	1403,82	1092,84	394,65	352,82	681,80	2498,35	524,42	3022,77
4	1	21	42	C44-M	1362,60	1060,63	374,65	342,73	674,13	2470,26	534,86	3005,12
4	1	23	42	C44-M	1372,83	1068,53	379,05	345,16	679,24	2488,97	576,10	3065,07
3	2	2	42	COBB-F	1846,11	1437,27	622,08	461,04	795,86	2916,32	529,94	3446,26
3	2	4	42	COBB-F	1706,32	1328,25	484,47	426,90	826,62	3029,01	616,64	3645,65
3	2	14	42	COBB-F	1696,89	1320,74	557,93	422,95	745,07	2730,21	648,87	3379,08
3	2	16	42	COBB-F	1847,10	1438,01	538,65	466,57	870,75	3190,73	721,69	3912,43
3	2	18	42	COBB-F	1699,15	1322,53	525,57	425,87	779,49	2856,34	696,45	3552,79
3	2	20	42	COBB-F	1750,30	1362,36	536,89	439,50	809,14	2964,96	682,08	3647,04
4	2	6	42	C44-F	1279,90	996,17	365,10	325,87	616,19	2257,92	357,34	2615,26
4	2	8	42	C44-F	1203,94	936,96	338,79	302,04	585,47	2145,38	367,57	2512,95
4	2	10	42	C44-F	1215,41	945,92	349,97	307,96	580,94	2128,78	384,63	2513,41
4	2	12	42	C44-F	1212,90	943,94	349,89	308,09	580,78	2128,18	494,43	2622,61
4	2	22	42	C44-F	1233,03	959,66	356,71	311,63	591,32	2166,79	513,64	2680,43
4	2	24	42	C44-F	1288,16	1002,55	364,87	327,00	623,13	2283,37	410,91	2694,28

Dados de C para parâmetros de Gompertz e função exponencial (cama e frango)

Box	Id	TRAT	conC	conCdig	retC	Cexcret	Cresp	Ccama	CEmitCama	CEmitTotal	CO ₂ Resp	CO ₂ cama	CO ₂ total
1	7	COBB-M	65,74	50,57	20,17	16,99	28,59	16,11	0,88	29,47	104,75	3,22	107,97
3	7	COBB-M	64,26	49,42	20,29	16,63	27,35	29,23	-12,61	14,74	100,21	-46,20	54,01
13	7	COBB-M	64,57	49,66	19,99	16,64	27,93	16,11	0,54	28,47	102,34	1,97	104,32
15	7	COBB-M	67,74	52,10	21,09	17,58	29,07	11,68	5,90	34,97	106,53	21,60	128,14
17	7	COBB-M	66,04	50,79	19,34	17,25	29,45	16,70	0,54	30,00	107,93	2,00	109,93
19	7	COBB-M	64,41	49,54	20,33	16,67	27,41	7,40	9,26	36,68	100,45	33,95	134,40
5	7	C44-M	61,63	47,40	18,63	16,15	26,86	17,68	-1,54	25,32	98,41	-5,63	92,78
7	7	C44-M	63,60	48,91	20,83	16,43	26,34	10,96	5,46	31,80	96,51	20,02	116,53
9	7	C44-M	62,86	48,34	18,40	16,58	27,87	17,68	-1,10	26,77	102,14	-4,03	98,11
11	7	C44-M	60,96	46,89	20,06	15,73	25,17	26,48	-10,74	14,42	92,22	-39,37	52,85
21	7	C44-M	61,50	47,30	18,30	16,17	27,03	17,68	-1,51	25,52	99,05	-5,55	93,50
23	7	C44-M	61,70	47,46	20,26	15,93	25,52	15,61	0,33	25,84	93,50	1,20	94,70
2	7	COBB-F	66,13	50,86	21,29	17,06	27,78	16,66	0,40	28,18	101,79	1,46	103,24
4	7	COBB-F	59,89	46,06	18,77	15,43	25,69	16,69	-1,25	24,43	94,13	-4,60	89,54
14	7	COBB-F	64,77	49,82	21,18	16,65	26,94	16,66	-0,01	26,93	98,72	-0,05	98,67
16	7	COBB-F	65,59	50,45	20,86	16,84	27,89	15,82	1,02	28,91	102,21	3,74	105,95
18	7	COBB-F	64,98	49,98	20,70	16,81	27,47	16,66	0,14	27,62	100,68	0,53	101,20
20	7	COBB-F	65,05	50,03	21,18	16,60	27,27	17,48	-0,88	26,39	99,92	-3,23	96,69
6	7	C44-F	59,97	46,12	18,10	15,82	26,05	16,90	-1,08	24,97	95,47	-3,97	91,50
8	7	C44-F	59,81	46,00	16,24	16,08	27,50	6,69	9,39	36,89	100,76	34,42	135,17
10	7	C44-F	60,78	46,75	17,39	16,21	27,19	16,90	-0,69	26,50	99,63	-2,52	97,11
12	7	C44-F	61,27	47,12	15,78	16,63	28,86	19,81	-3,18	25,69	105,76	-11,64	94,13
22	7	C44-F	60,63	46,63	17,72	16,10	26,81	16,90	-0,80	26,01	98,24	-2,93	95,31
24	7	C44-F	62,70	48,23	16,94	16,87	28,90	24,20	-7,33	21,56	105,88	-26,87	79,01

1	14	COBB-M	239,34	184,20	69,96	62,48	108,50	40,41	22,07	130,56	397,56	80,86	478,43
3	14	COBB-M	235,68	181,39	75,66	61,56	100,05	57,18	4,37	104,42	366,61	16,02	382,63
13	14	COBB-M	228,37	175,76	80,96	57,57	91,37	48,75	8,82	100,19	334,81	32,33	367,13
15	14	COBB-M	234,81	180,71	88,67	59,15	88,71	58,35	0,80	89,50	325,06	2,91	327,97
17	14	COBB-M	230,31	177,25	76,82	58,90	96,37	41,25	17,65	114,02	353,15	64,68	417,83
19	14	COBB-M	227,13	174,80	78,83	57,55	92,34	58,64	-1,09	91,25	338,36	-3,99	334,37
5	14	C44-M	182,98	140,82	57,07	46,87	80,76	27,64	19,24	99,99	295,93	70,49	366,42
7	14	C44-M	189,30	145,68	60,07	48,32	82,45	31,29	17,03	99,48	302,14	62,39	364,52
9	14	C44-M	180,40	138,83	54,13	46,91	81,22	33,50	13,41	94,63	297,62	49,14	346,75
11	14	C44-M	182,32	140,31	52,97	47,71	83,10	30,26	17,45	100,55	304,51	63,94	368,46
21	14	C44-M	182,85	140,72	53,78	46,90	83,94	31,39	15,50	99,45	307,60	56,81	364,41
23	14	C44-M	183,06	140,88	52,88	47,14	84,53	30,98	16,15	100,69	309,76	59,19	368,95
2	14	COBB-F	228,84	176,12	70,87	58,51	101,04	34,60	23,91	124,95	370,26	87,61	457,86
4	14	COBB-F	212,81	163,78	65,31	54,47	94,44	34,88	19,59	114,03	346,06	71,80	417,86
14	14	COBB-F	222,04	170,89	76,51	57,34	89,68	46,31	11,03	100,71	328,64	40,40	369,04
16	14	COBB-F	227,22	174,87	76,38	58,98	93,34	34,94	24,04	117,38	342,03	88,10	430,13
18	14	COBB-F	222,25	171,05	77,00	56,36	90,48	23,73	32,64	123,11	331,54	119,59	451,13
20	14	COBB-F	229,40	176,55	78,74	58,31	93,72	34,83	23,48	117,21	343,43	86,05	429,49
6	14	C44-F	178,05	137,03	52,52	45,67	81,64	29,01	16,66	98,30	299,17	61,04	360,21
8	14	C44-F	171,64	132,09	51,66	43,82	78,24	32,28	11,54	89,78	286,71	42,29	329,00
10	14	C44-F	172,34	132,63	55,81	44,06	74,45	34,61	9,45	83,90	272,82	34,63	307,45
12	14	C44-F	172,83	133,00	55,69	44,23	75,20	31,40	12,83	88,03	275,56	47,00	322,56
22	14	C44-F	177,09	136,28	56,45	45,00	77,54	31,17	13,84	91,37	284,12	50,70	334,82
24	14	C44-F	182,97	140,81	57,87	46,60	80,69	31,11	15,49	96,17	295,66	56,74	352,40
1	21	COBB-M	548,60	422,28	172,06	136,49	246,68	106,27	30,21	276,89	903,90	110,72	1014,62
3	21	COBB-M	540,04	415,70	173,75	136,68	236,16	103,64	33,04	269,20	865,38	121,05	986,43
13	21	COBB-M	519,35	399,76	176,01	129,77	217,84	102,39	27,38	245,22	798,24	100,33	898,58
15	21	COBB-M	518,20	398,88	186,39	129,90	206,26	101,80	28,10	234,36	755,81	102,97	858,78

17	21	COBB-M	502,85	387,06	163,03	126,73	218,24	113,78	12,94	231,19	799,72	47,43	847,15
19	21	COBB-M	495,95	381,75	160,79	124,96	214,74	77,60	47,36	262,10	786,89	173,54	960,44
5	21	C44-M	384,16	295,69	117,00	98,34	172,98	65,85	32,49	205,47	633,87	119,04	752,91
7	21	C44-M	393,98	303,25	116,22	100,35	181,53	64,68	35,68	217,21	665,18	130,74	795,92
9	21	C44-M	381,57	293,70	110,13	96,95	179,29	65,43	31,52	210,81	657,00	115,48	772,48
11	21	C44-M	380,13	292,59	117,03	96,67	171,58	69,77	26,90	198,48	628,74	98,57	727,31
21	21	C44-M	379,36	292,00	123,69	97,02	162,86	65,58	31,44	194,30	596,79	115,19	711,99
23	21	C44-M	387,15	297,99	114,56	99,31	177,68	65,25	34,06	211,74	651,10	124,80	775,89
2	21	COBB-F	491,24	378,13	176,08	124,44	195,82	72,65	51,79	247,61	717,56	189,78	907,34
4	21	COBB-F	469,61	361,48	156,27	118,59	199,56	90,18	28,41	227,97	731,25	104,12	835,37
14	21	COBB-F	480,37	369,75	152,59	120,63	212,66	71,82	48,81	261,47	779,26	178,87	958,12
16	21	COBB-F	494,28	380,47	156,62	124,51	219,10	68,92	55,59	274,69	802,87	203,68	1006,55
18	21	COBB-F	479,40	369,01	166,91	121,14	195,84	73,43	47,71	243,56	717,64	174,83	892,47
20	21	COBB-F	491,80	378,56	164,65	124,12	207,79	58,80	65,33	273,12	761,43	239,39	1000,82
6	21	C44-F	363,49	279,78	105,77	92,17	169,65	58,43	33,74	203,39	621,65	123,64	745,29
8	21	C44-F	349,20	268,78	105,35	88,17	159,43	41,80	46,37	205,79	584,21	169,90	754,10
10	21	C44-F	349,03	268,65	109,36	89,43	154,07	58,03	31,40	185,47	564,56	115,06	679,62
12	21	C44-F	350,68	269,92	113,28	89,56	151,72	56,07	33,49	185,21	555,96	122,72	678,67
22	21	C44-F	352,60	271,40	108,55	89,66	158,06	58,27	31,38	189,44	579,19	115,00	694,19
24	21	C44-F	369,56	284,46	112,96	94,19	166,30	56,85	37,33	203,63	609,39	136,79	746,18
1	28	COBB-M	994,94	771,18	318,91	244,43	440,11	170,86	73,57	513,68	1612,72	269,58	1882,29
3	28	COBB-M	979,62	759,31	341,70	244,76	403,86	199,16	45,60	449,46	1479,88	167,09	1646,97
13	28	COBB-M	944,60	732,18	323,83	233,28	396,11	172,65	60,63	456,74	1451,49	222,17	1673,66
15	28	COBB-M	935,83	725,34	327,57	230,12	387,15	176,17	53,95	441,10	1418,67	197,68	1616,35
17	28	COBB-M	894,00	692,82	317,06	224,77	361,59	170,85	53,92	415,51	1324,99	197,60	1522,59
19	28	COBB-M	905,35	701,78	267,43	223,65	423,54	190,31	33,34	456,88	1551,99	122,16	1674,16
5	28	C44-M	679,49	526,55	185,39	170,58	332,23	126,92	43,67	375,90	1217,41	160,01	1377,42
7	28	C44-M	685,19	530,89	206,91	170,99	315,73	133,73	37,25	352,98	1156,94	136,51	1293,45

9	28	C44-M	665,23	515,43	199,43	166,26	307,47	125,71	40,54	348,01	1126,68	148,56	1275,24
11	28	C44-M	647,98	501,97	194,21	162,03	299,73	114,97	47,06	346,79	1098,32	172,43	1270,74
21	28	C44-M	657,05	509,06	204,00	164,96	296,60	110,30	54,65	351,26	1086,86	200,27	1287,13
23	28	C44-M	663,56	514,06	195,96	166,91	309,68	126,51	40,41	350,09	1134,77	148,06	1282,83
2	28	COBB-F	881,78	683,40	294,81	218,23	378,58	160,96	57,27	435,85	1387,26	209,85	1597,11
4	28	COBB-F	820,99	636,15	255,77	202,70	371,56	151,75	50,95	422,51	1361,53	186,69	1548,22
14	28	COBB-F	835,42	647,29	268,77	206,20	369,02	159,11	47,09	416,11	1352,22	172,55	1524,77
16	28	COBB-F	868,57	673,04	275,33	215,17	387,27	155,36	59,81	447,08	1419,09	219,16	1638,25
18	28	COBB-F	825,62	639,65	255,68	204,56	374,68	138,53	66,03	440,71	1372,96	241,95	1614,91
20	28	COBB-F	852,45	660,47	270,43	211,19	380,23	156,92	54,27	434,50	1393,30	198,87	1592,17
6	28	C44-F	617,60	478,42	177,74	156,65	290,57	88,16	68,50	359,07	1064,76	251,00	1315,76
8	28	C44-F	590,96	457,76	177,58	149,47	270,60	107,96	41,51	312,11	991,56	152,11	1143,67
10	28	C44-F	598,34	463,53	182,82	150,83	272,68	103,93	46,90	319,58	999,20	171,85	1171,05
12	28	C44-F	593,49	459,72	175,08	149,90	276,26	101,23	48,66	324,92	1012,30	178,32	1190,62
22	28	C44-F	601,12	465,67	181,56	153,05	273,90	88,67	64,38	338,29	1003,68	235,92	1239,60
24	28	C44-F	628,23	486,65	194,40	158,72	283,06	100,46	58,27	341,33	1037,25	213,51	1250,75
1	35	COBB-M	1527,92	1187,84	470,76	377,22	697,82	241,51	135,71	833,53	2557,07	497,28	3054,35
3	35	COBB-M	1542,46	1199,31	464,08	382,41	717,67	237,16	145,26	862,93	2629,81	532,26	3162,07
13	35	COBB-M	1437,08	1117,18	474,51	353,07	627,72	235,91	117,16	744,88	2300,18	429,31	2729,49
15	35	COBB-M	1444,87	1123,27	463,33	353,31	645,23	250,26	103,05	748,28	2364,34	377,60	2741,94
17	35	COBB-M	1335,78	1038,18	403,17	328,94	624,76	238,38	90,55	715,31	2289,34	331,81	2621,15
19	35	COBB-M	1379,56	1072,49	433,25	337,19	626,66	169,12	168,07	794,73	2296,29	615,88	2912,18
5	35	C44-M	1063,22	826,53	304,60	267,61	506,75	188,44	79,17	585,92	1856,89	290,12	2147,01
7	35	C44-M	1052,42	817,97	303,51	259,80	503,88	149,52	110,28	614,15	1846,39	404,09	2250,47
9	35	C44-M	1023,85	795,78	306,71	251,88	479,85	182,89	68,99	548,84	1758,34	252,80	2011,15
11	35	C44-M	1012,22	786,71	296,40	253,80	476,22	191,07	62,73	538,95	1745,04	229,86	1974,89
21	35	C44-M	995,74	773,84	298,26	253,60	459,02	196,82	56,78	515,79	1682,00	208,05	1890,05
23	35	C44-M	1008,44	783,67	284,15	258,21	481,64	200,04	58,17	539,81	1764,89	213,16	1978,05

2	35	COBB-F	1348,99	1048,65	419,49	336,99	609,89	247,44	89,55	699,44	2234,86	328,15	2563,01
4	35	COBB-F	1249,23	970,93	377,77	313,47	573,55	244,72	68,75	642,30	2101,67	251,92	2353,60
14	35	COBB-F	1248,41	970,15	381,87	310,83	571,45	236,70	74,13	645,58	2093,98	271,64	2365,62
16	35	COBB-F	1347,51	1047,45	390,25	332,69	641,79	200,51	132,17	773,96	2351,73	484,33	2836,06
18	35	COBB-F	1243,25	966,13	380,08	312,38	567,06	235,59	76,80	643,86	2077,92	281,41	2359,32
20	35	COBB-F	1284,51	998,23	433,80	325,09	542,44	218,59	106,50	648,94	1987,70	390,26	2377,96
6	35	C44-F	936,13	727,42	270,21	238,57	443,08	121,59	116,98	560,06	1623,62	428,65	2052,26
8	35	C44-F	893,76	694,47	271,68	224,15	412,55	114,33	109,82	522,37	1511,73	402,41	1914,14
10	35	C44-F	897,19	697,15	273,23	226,01	412,29	109,24	116,77	529,06	1510,78	427,89	1938,67
12	35	C44-F	888,90	690,66	252,32	226,60	424,44	146,76	79,84	504,28	1555,30	292,55	1847,86
22	35	C44-F	904,09	702,51	273,86	230,73	415,42	106,95	123,78	539,19	1522,23	453,56	1975,79
24	35	C44-F	943,56	733,16	277,34	239,87	441,74	113,64	126,23	567,97	1618,68	462,56	2081,24
1	42	COBB-M	2117,37	1648,64	645,12	531,87	973,25	357,16	174,71	1147,96	3566,34	640,18	4206,52
3	42	COBB-M	2143,46	1669,14	569,53	538,03	1070,84	300,82	237,21	1308,05	3923,95	869,21	4793,16
13	42	COBB-M	1978,72	1540,60	616,16	486,78	904,93	292,64	194,14	1099,07	3315,99	711,40	4027,39
15	42	COBB-M	1992,27	1551,21	649,91	495,74	874,30	292,41	203,33	1077,64	3203,75	745,09	3948,83
17	42	COBB-M	1820,53	1417,13	555,46	452,59	840,08	262,71	189,88	1029,96	3078,36	695,79	3774,15
19	42	COBB-M	1904,71	1483,02	579,24	473,59	878,14	312,00	161,59	1039,73	3217,80	592,12	3809,92
5	42	C44-M	1468,00	1142,97	405,59	369,09	721,27	195,75	173,34	894,61	2642,98	635,18	3278,16
7	42	C44-M	1444,84	1124,74	398,92	362,07	706,25	219,30	142,78	849,03	2587,96	523,18	3111,14
9	42	C44-M	1388,42	1080,78	413,97	344,19	651,21	218,96	125,24	776,45	2386,27	458,91	2845,18
11	42	C44-M	1403,82	1092,84	394,65	352,82	681,80	209,70	143,11	824,91	2498,35	524,42	3022,77
21	42	C44-M	1362,60	1060,63	374,65	342,73	674,13	196,76	145,96	820,10	2470,26	534,86	3005,12
23	42	C44-M	1372,83	1068,53	379,05	345,16	679,24	187,94	157,22	836,46	2488,97	576,10	3065,07
2	42	COBB-F	1846,11	1437,27	622,08	461,04	795,86	316,42	144,62	940,48	2916,32	529,94	3446,26
4	42	COBB-F	1706,32	1328,25	484,47	426,90	826,62	258,62	168,28	994,90	3029,01	616,64	3645,65
14	42	COBB-F	1696,89	1320,74	557,93	422,95	745,07	245,88	177,08	922,15	2730,21	648,87	3379,08
16	42	COBB-F	1847,10	1438,01	538,65	466,57	870,75	269,62	196,95	1067,70	3190,73	721,69	3912,43

18	42	COBB-F	1699,15	1322,53	525,57	425,87	779,49	235,81	190,06	969,56	2856,34	696,45	3552,79
20	42	COBB-F	1750,30	1362,36	536,89	439,50	809,14	253,36	186,14	995,28	2964,96	682,08	3647,04
6	42	C44-F	1279,90	996,17	365,10	325,87	616,19	228,35	97,52	713,70	2257,92	357,34	2615,26
8	42	C44-F	1203,94	936,96	338,79	302,04	585,47	201,73	100,31	685,78	2145,38	367,57	2512,95
10	42	C44-F	1215,41	945,92	349,97	307,96	580,94	203,00	104,96	685,91	2128,78	384,63	2513,41
12	42	C44-F	1212,90	943,94	349,89	308,09	580,78	173,16	134,93	715,71	2128,18	494,43	2622,61
22	42	C44-F	1233,03	959,66	356,71	311,63	591,32	171,45	140,17	731,49	2166,79	513,64	2680,43
24	42	C44-F	1288,16	1002,55	364,87	327,00	623,13	214,86	112,14	735,27	2283,37	410,91	2694,28
1	49	COBB-M	2672,04	2082,25	688,03	679,76	1361,47	378,43	301,33	1662,80	4988,92	1104,16	6093,08
3	49	COBB-M	2771,55	2160,15	735,01	701,40	1392,87	417,17	284,23	1677,10	5103,96	1041,50	6145,46
13	49	COBB-M	2429,98	1893,37	623,50	618,64	1230,97	387,56	231,08	1462,06	4510,72	846,76	5357,48
15	49	COBB-M	2488,93	1939,47	670,04	628,75	1239,25	314,82	313,92	1553,18	4541,05	1150,32	5691,37
17	49	COBB-M	2234,38	1740,66	592,99	566,34	1119,16	378,13	188,21	1307,37	4100,99	689,65	4790,64
19	49	COBB-M	2426,15	1890,66	648,54	613,57	1210,63	294,85	318,71	1529,34	4436,18	1167,87	5604,05
5	49	C44-M	1943,41	1514,62	459,08	493,16	1031,13	293,19	199,96	1231,09	3778,43	732,73	4511,16
7	49	C44-M	1898,27	1479,21	510,27	484,11	941,83	256,53	227,58	1169,41	3451,18	833,95	4285,13
9	49	C44-M	1788,72	1393,71	487,22	456,62	877,55	284,45	172,17	1049,72	3215,64	630,88	3846,52
11	49	C44-M	1814,19	1413,65	484,50	461,41	906,20	282,62	178,78	1084,99	3320,64	655,13	3975,76
21	49	C44-M	1754,66	1367,12	480,60	444,45	866,55	280,17	164,28	1030,83	3175,35	601,97	3777,32
23	49	C44-M	1802,44	1404,38	525,98	456,71	856,78	284,14	172,57	1029,35	3139,54	632,35	3771,88
2	49	COBB-F	2324,06	1810,90	666,07	586,19	1118,85	323,94	262,25	1381,10	4099,85	960,96	5060,81
4	49	COBB-F	2144,34	1670,67	647,98	528,07	1012,36	267,29	260,78	1273,14	3709,64	955,59	4665,23
14	49	COBB-F	2162,68	1684,87	641,67	541,34	1021,74	343,15	198,20	1219,93	3743,99	726,26	4470,26
16	49	COBB-F	2307,17	1797,67	655,17	582,09	1122,23	359,78	222,31	1344,55	4112,26	814,62	4926,88
18	49	COBB-F	2139,23	1666,56	640,68	538,93	1004,12	329,28	209,65	1213,77	3679,44	768,24	4447,68
20	49	COBB-F	2192,80	1708,29	612,55	556,11	1070,81	332,78	223,33	1294,14	3923,82	818,35	4742,17
6	49	C44-F	1639,90	1277,59	405,43	430,95	842,08	280,37	150,57	992,66	3085,69	551,75	3637,44
8	49	C44-F	1563,93	1218,38	416,56	403,13	775,93	241,47	161,66	937,59	2843,26	592,37	3435,64

10	49	C44-F	1560,74	1215,89	408,16	405,56	782,11	256,13	149,43	931,54	2865,93	547,55	3413,48
12	49	C44-F	1551,82	1208,89	394,75	404,70	788,12	275,10	129,60	917,72	2887,94	474,90	3362,85
22	49	C44-F	1604,93	1250,39	463,46	412,89	763,39	271,54	141,35	904,74	2797,33	517,95	3315,28
24	49	C44-F	1680,22	1309,04	443,95	434,65	839,41	248,42	186,23	1025,64	3075,89	682,42	3758,31

Dados para as regressões lineares múltiplas. L=linhagem, b=box, id=idade e S=sexo.

L	S	B	Id	TRAT	Id	Id ²	Id ³	Peso	Peso ²	Peso ³	idadexpeso	CO ₂ exp	CO ₂ cam	CO ₂ total
3	1	1	7	COBB-M	7	49	343	200	40000	8000000	1400	104,7491434	3,222289577	107,971433
3	1	3	7	COBB-M	7	49	343	200	40000	8000000	1400	100,2128706	-46,19933972	54,01353091
3	1	13	7	COBB-M	7	49	343	197,5	39006,25	7703734,375	1382,5	102,342252	1,973809489	104,3160615
3	1	15	7	COBB-M	7	49	343	206,25	42539,0625	8773681,641	1443,75	106,5348296	21,60353924	128,1383688
3	1	17	7	COBB-M	7	49	343	193,333	37377,7778	7226370,37	1353,333333	107,9315493	1,996569854	109,9281191
3	1	19	7	COBB-M	7	49	343	201,25	40501,5625	8150939,453	1408,75	100,4534266	33,94754929	134,4009759
4	1	5	7	C44-M	7	49	343	171,25	29326,5625	5022173,828	1198,75	98,40855314	-5,628329916	92,78022323
4	1	7	7	C44-M	7	49	343	176,25	31064,0625	5475041,016	1233,75	96,51436462	20,01708	116,5314446
4	1	9	7	C44-M	7	49	343	170	28900	4913000	1190	102,1355899	-4,0301684	98,10542146
4	1	11	7	C44-M	7	49	343	171,25	29326,5625	5022173,828	1198,75	92,21862048	-39,37296666	52,84565382
4	1	21	7	C44-M	7	49	343	168,75	28476,5625	4805419,922	1181,25	99,04740025	-5,549743988	93,49765626
4	1	23	7	C44-M	7	49	343	172,5	29756,25	5132953,125	1207,5	93,4998746	1,200202524	94,70007712
3	2	2	7	COBB-F	7	49	343	198,75	39501,5625	7850935,547	1391,25	101,7874995	1,457300875	103,2448004
3	2	4	7	COBB-F	7	49	343	178,75	31951,5625	5711341,797	1251,25	94,13355249	-4,598539449	89,53501304
3	2	14	7	COBB-F	7	49	343	197,5	39006,25	7703734,375	1382,5	98,72343215	-0,053778467	98,66965369
3	2	16	7	COBB-F	7	49	343	193,75	37539,0625	7273193,359	1356,25	102,2138949	3,738568383	105,9524633
3	2	18	7	COBB-F	7	49	343	193,75	37539,0625	7273193,359	1356,25	100,6752039	0,527307766	101,2025116
3	2	20	7	COBB-F	7	49	343	196,25	38514,0625	7558384,766	1373,75	99,91971684	-3,225769414	96,69394743
4	2	6	7	C44-F	7	49	343	166,25	27639,0625	4594994,141	1163,75	95,47276298	-3,970153335	91,50260964
4	2	8	7	C44-F	7	49	343	165	27225	4492125	1155	100,7575312	34,41509169	135,1726229
4	2	10	7	C44-F	7	49	343	161,25	26001,5625	4192751,953	1128,75	99,62737751	-2,519844582	97,10753293
4	2	12	7	C44-F	7	49	343	161,25	26001,5625	4192751,953	1128,75	105,7649866	-11,63944039	94,12554625
4	2	22	7	C44-F	7	49	343	163,75	26814,0625	4390802,734	1146,25	98,24452454	-2,931129756	95,31339478

4	2	24	7	C44-F	7	49	343	171,25	29326,5625	5022173,828	1198,75	105,8837184	-26,87228217	79,01143619
3	1	1	14	COBB-M	14	196	2744	551,333	303968,444	167587935,7	7718,666667	397,5646607	80,86404921	478,4287099
3	1	3	14	COBB-M	14	196	2744	541,333	293041,778	158633282,4	7578,666667	366,6131025	16,02143808	382,6345406
3	1	13	14	COBB-M	14	196	2744	544	295936	160989184	7616	334,8068484	32,32662132	367,1334698
3	1	15	14	COBB-M	14	196	2744	560	313600	175616000	7840	325,0568121	2,914509982	327,9713221
3	1	17	14	COBB-M	14	196	2744	525	275625	144703125	7350	353,14669	64,67868896	417,8253789
3	1	19	14	COBB-M	14	196	2744	537,333	288727,111	155142701	7522,666667	338,3627331	-3,992520404	334,3702127
4	1	5	14	C44-M	14	196	2744	388	150544	58411072	5432	295,9297824	70,48600636	366,4157887
4	1	7	14	C44-M	14	196	2744	406,667	165377,778	67253629,63	5693,333333	302,1354244	62,38691618	364,5223406
4	1	9	14	C44-M	14	196	2744	393,333	154711,111	60853037,04	5506,666667	297,6156734	49,13897564	346,754649
4	1	11	14	C44-M	14	196	2744	386	148996	57512456	5404	304,5132567	63,94348109	368,4567378
4	1	21	14	C44-M	14	196	2744	398,667	158935,111	63362130,96	5581,333333	307,6005774	56,80935598	364,4099333
4	1	23	14	C44-M	14	196	2744	393,333	154711,111	60853037,04	5506,666667	309,7571997	59,19432143	368,9515211
3	2	2	14	COBB-F	14	196	2744	512	262144	134217728	7168	370,2557939	87,60860405	457,864398
3	2	4	14	COBB-F	14	196	2744	476	226576	107850176	6664	346,0613678	71,8016747	417,8630425
3	2	14	14	COBB-F	14	196	2744	512	262144	134217728	7168	328,6358455	40,40170548	369,0375509
3	2	16	14	COBB-F	14	196	2744	511,333	261461,778	133694122,4	7158,666667	342,0327511	88,0984175	430,1311686
3	2	18	14	COBB-F	14	196	2744	509,333	259420,444	132131479,7	7130,666667	331,5365489	119,5923814	451,1289304
3	2	20	14	COBB-F	14	196	2744	520	270400	140608000	7280	343,4343232	86,05204917	429,4863723
4	2	6	14	C44-F	14	196	2744	370,667	137393,778	50927293,63	5189,333333	299,1699143	61,03711311	360,2070274
4	2	8	14	C44-F	14	196	2744	364	132496	48228544	5096	286,7084419	42,29159846	329,0000404
4	2	10	14	C44-F	14	196	2744	368,667	135915,111	50107370,96	5161,333333	272,8219743	34,62682854	307,4488028
4	2	12	14	C44-F	14	196	2744	366,667	134444,444	49296296,3	5133,333333	275,5610022	46,99755435	322,5585566
4	2	22	14	C44-F	14	196	2744	374,667	140375,111	52593874,96	5245,333333	284,1243352	50,69756767	334,8219029
4	2	24	14	C44-F	14	196	2744	382,667	146433,778	56035325,63	5357,333333	295,6605414	56,74344281	352,4039842
3	1	1	21	COBB-M	21	441	9261	1104,29	1219446,94	1346617834	23190	903,902778	110,7176526	1014,620431

3	1	3	21	COBB-M	21	441	9261	1058,57	1120573,47	1186207058	22230	865,3757487	121,0518279	986,4275766
3	1	13	21	COBB-M	21	441	9261	1074,29	1154089,8	1239822181	22560	798,2446206	100,3317612	898,5763818
3	1	15	21	COBB-M	21	441	9261	1100	1210000	1331000000	23100	755,813105	102,9668983	858,7800033
3	1	17	21	COBB-M	21	441	9261	1001,54	1003079,29	1004622489	21032,30769	799,7183231	47,43206777	847,1503909
3	1	19	21	COBB-M	21	441	9261	988,571	977273,469	966104629,7	20760	786,8941613	173,5448286	960,4389899
4	1	5	21	C44-M	21	441	9261	687,143	472165,306	324445017,5	14430	633,8671986	119,0380021	752,9052006
4	1	7	21	C44-M	21	441	9261	718,571	516344,898	371030691	15090	665,1840455	130,7356352	795,9196807
4	1	9	21	C44-M	21	441	9261	700	490000	343000000	14700	656,9974507	115,4841151	772,4815657
4	1	11	21	C44-M	21	441	9261	703,077	494317,16	347542987,7	14764,61538	628,7436569	98,56874454	727,3124014
4	1	21	21	C44-M	21	441	9261	700	490000	343000000	14700	596,793475	115,1921236	711,9855986
4	1	23	21	C44-M	21	441	9261	688,571	474130,612	326472793	14460	651,0978826	124,7969434	775,8948261
3	2	2	21	COBB-F	21	441	9261	955,714	913389,796	872939676,4	20070	717,558871	189,7782706	907,3371416
3	2	4	21	COBB-F	21	441	9261	911,429	830702,041	757125574,3	19140	731,2539543	104,1180189	835,3719732
3	2	14	21	COBB-F	21	441	9261	947,143	897079,592	849662527,7	19890	779,2553666	178,8684966	958,1238632
3	2	16	21	COBB-F	21	441	9261	958,571	918859,184	880792160,3	20130	802,8658551	203,6832185	1006,549074
3	2	18	21	COBB-F	21	441	9261	937,143	878236,735	823033282,8	19680	717,6413225	174,8286348	892,4699573
3	2	20	21	COBB-F	21	441	9261	958,571	918859,184	880792160,3	20130	761,4326249	239,3858313	1000,818456
4	2	6	21	C44-F	21	441	9261	632,857	400508,163	253464451,9	13290	621,6522708	123,6353639	745,2876348
4	2	8	21	C44-F	21	441	9261	615,714	379104,082	233419798,8	12930	584,2057993	169,8978408	754,1036401
4	2	10	21	C44-F	21	441	9261	627,143	393308,163	246660405,2	13170	564,557708	115,0604138	679,6181218
4	2	12	21	C44-F	21	441	9261	627,143	393308,163	246660405,2	13170	555,9590069	122,7150223	678,6740292
4	2	22	21	C44-F	21	441	9261	627,143	393308,163	246660405,2	13170	579,1865581	115,0043569	694,1909151
4	2	24	21	C44-F	21	441	9261	651,429	424359,184	276439696,8	13680	609,3896287	136,7937907	746,1834194
3	1	1	28	COBB-M	28	784	21952	1788,33	3198136,11	5719333412	50073,33333	1612,717511	269,5771831	1882,294694
3	1	3	28	COBB-M	28	784	21952	1716,67	2946944,44	5058921296	48066,66667	1479,875602	167,0923909	1646,967993
3	1	13	28	COBB-M	28	784	21952	1740	3027600	5268024000	48720	1451,489738	222,1683822	1673,65812

3	1	15	28	COBB-M	28	784	21952	1760	3097600	5451776000	49280	1418,667109	197,6837712	1616,350881
3	1	17	28	COBB-M	28	784	21952	1610,77	2594577,51	4179265628	45101,53846	1324,988108	197,5994247	1522,587533
3	1	19	28	COBB-M	28	784	21952	1646,15	2709822,49	4460784706	46092,30769	1551,994644	122,161346	1674,15599
4	1	5	28	C44-M	28	784	21952	1090	1188100	1295029000	30520	1217,413964	160,0103871	1377,424352
4	1	7	28	C44-M	28	784	21952	1123,33	1261877,78	1417509370	31453,33333	1156,939305	136,5140415	1293,453347
4	1	9	28	C44-M	28	784	21952	1100	1210000	1331000000	30800	1126,678012	148,5591732	1275,237185
4	1	11	28	C44-M	28	784	21952	1071,58	1148290,84	1230489326	30004,33333	1098,3174	172,4273284	1270,744728
4	1	21	28	C44-M	28	784	21952	1089,23	1186423,67	1292289165	30498,46154	1086,856825	200,270668	1287,127493
4	1	23	28	C44-M	28	784	21952	1066,15	1136684,02	1211880044	29852,30769	1134,770345	148,0624544	1282,832799
3	2	2	28	COBB-F	28	784	21952	1571,67	2470136,11	3882230588	44006,66667	1387,2594	209,8483875	1597,107788
3	2	4	28	COBB-F	28	784	21952	1433,33	2054444,44	2944703704	40133,33333	1361,527066	186,68892	1548,215986
3	2	14	28	COBB-F	28	784	21952	1478,33	2185469,44	3230852329	41393,33333	1352,215014	172,5531196	1524,768133
3	2	16	28	COBB-F	28	784	21952	1520	2310400	3511808000	42560	1419,094816	219,1601626	1638,254978
3	2	18	28	COBB-F	28	784	21952	1447,69	2095813,02	3034092384	40535,38462	1372,960473	241,9511057	1614,911579
3	2	20	28	COBB-F	28	784	21952	1493,33	2230044,44	3330199704	41813,33333	1393,30282	198,8656962	1592,168517
4	2	6	28	C44-F	28	784	21952	960	921600	884736000	26880	1064,759404	250,9997157	1315,75912
4	2	8	28	C44-F	28	784	21952	938,333	880469,444	826173828,7	26273,33333	991,5551659	152,1142201	1143,669386
4	2	10	28	C44-F	28	784	21952	966,667	934444,444	903296296,3	27066,66667	999,1975605	171,8505653	1171,048126
4	2	12	28	C44-F	28	784	21952	940	883600	830584000	26320	1012,296459	178,3217772	1190,618236
4	2	22	28	C44-F	28	784	21952	960	921600	884736000	26880	1003,680334	235,9237856	1239,60412
4	2	24	28	C44-F	28	784	21952	990,769	981623,669	972562527,1	27741,53846	1037,246349	213,5076368	1250,753986
3	1	1	35	COBB-M	35	1225	42875	2529,09	6396300,83	16176826272	88518,18182	2557,071564	497,2753066	3054,346871
3	1	3	35	COBB-M	35	1225	42875	2492,73	6213689,26	15489032673	87245,45455	2629,808405	532,2649399	3162,073345
3	1	13	35	COBB-M	35	1225	42875	2453,33	6018844,44	14766231704	85866,66667	2300,179324	429,3079035	2729,487227
3	1	15	35	COBB-M	35	1225	42875	2491,67	6208402,78	15469270255	87208,33333	2364,34273	377,5990093	2741,941739
3	1	17	35	COBB-M	35	1225	42875	2255	5085025	11466731375	78925	2289,335046	331,8131222	2621,148168

3	1	19	35	COBB-M	35	1225	42875	2325	5405625	12568078125	81375	2296,292933	615,8838357	2912,176769
4	1	5	35	C44-M	35	1225	42875	1569,091	2462046,28	3863174437	54918,18182	1856,89081	290,1172589	2147,008069
4	1	7	35	C44-M	35	1225	42875	1583,636	2507904,13	3971608180	55427,27273	1846,387666	404,0869704	2250,474636
4	1	9	35	C44-M	35	1225	42875	1548,333	2397336,11	3711875412	54191,66667	1758,343881	252,8026411	2011,146522
4	1	11	35	C44-M	35	1225	42875	1527,273	2332561,98	3562458302	53454,54545	1745,036307	229,8560337	1974,89234
4	1	21	35	C44-M	35	1225	42875	1515	2295225	3477265875	53025	1681,9977	208,0525831	1890,050283
4	1	23	35	C44-M	35	1225	42875	1496,667	2240011,11	3352549963	52383,33333	1764,891867	213,1591882	1978,051055
3	2	2	35	COBB-F	35	1225	42875	2200	4840000	10648000000	77000	2234,857837	328,1479598	2563,005797
3	2	4	35	COBB-F	35	1225	42875	1981,82	3927603,31	7783795642	69363,63636	2101,671743	251,9245213	2353,596265
3	2	14	35	COBB-F	35	1225	42875	2047,27	4191325,62	8580786633	71654,54545	2093,982082	271,6359505	2365,618032
3	2	16	35	COBB-F	35	1225	42875	2156,36	4649904,13	10026884183	75472,72727	2351,726005	484,3294938	2836,055499
3	2	18	35	COBB-F	35	1225	42875	2035	4141225	8427392875	71225	2077,916622	281,4054151	2359,322037
3	2	20	35	COBB-F	35	1225	42875	2083,33	4340277,78	9042245370	72916,66667	1987,699318	390,259131	2377,958449
4	2	6	35	C44-F	35	1225	42875	1323,64	1752013,22	2319028412	46327,27273	1623,616684	428,647775	2052,264459
4	2	8	35	C44-F	35	1225	42875	1293,33	1672711,11	2163373037	45266,66667	1511,731333	402,4136102	1914,144943
4	2	10	35	C44-F	35	1225	42875	1330	1768900	2352637000	46550	1510,783831	427,8866613	1938,670493
4	2	12	35	C44-F	35	1225	42875	1291,67	1668402,78	2155020255	45208,33333	1555,304636	292,5525146	1847,857151
4	2	22	35	C44-F	35	1225	42875	1330	1768900	2352637000	46550	1522,226644	453,5615013	1975,788145
4	2	24	35	C44-F	35	1225	42875	1358,33	1845069,44	2506219329	47541,66667	1618,678992	462,5629933	2081,241985
3	1	1	42	COBB-M	42	1764	74088	3274	10719076	35094254824	137508	3566,335138	640,1839834	4206,519121
3	1	3	42	COBB-M	42	1764	74088	3240	10497600	34012224000	136080	3923,945856	869,2147271	4793,160583
3	1	13	42	COBB-M	42	1764	74088	3110	9672100	30080231000	130620	3315,986492	711,4031787	4027,38967
3	1	15	42	COBB-M	42	1764	74088	3140	9859600	30959144000	131880	3203,748466	745,0853254	3948,833792
3	1	17	42	COBB-M	42	1764	74088	2858	8168164	23344612712	120036	3078,360912	695,7867609	3774,147673
3	1	19	42	COBB-M	42	1764	74088	2980	8880400	26463592000	125160	3217,801174	592,1211435	3809,922317
4	1	5	42	C44-M	42	1764	74088	2024	4096576	8291469824	85008	2642,97545	635,1842922	3278,159742

4	1	7	42	C44-M	42	1764	74088	1992	3968064	7904383488	83664	2587,95909	523,1774367	3111,136527
4	1	9	42	C44-M	42	1764	74088	2076	4309776	8947094976	87192	2386,272045	458,9050637	2845,177108
4	1	11	42	C44-M	42	1764	74088	1946	3786916	7369338536	81732	2498,352894	524,4207902	3022,773684
4	1	21	42	C44-M	42	1764	74088	1926	3709476	7144450776	80892	2470,260477	534,8552529	3005,11573
4	1	23	42	C44-M	42	1764	74088	1900	3610000	6859000000	79800	2488,970327	576,1039158	3065,074243
3	2	2	42	COBB-F	42	1764	74088	2708	7333264	19858478912	113736	2916,324637	529,9351727	3446,25981
3	2	4	42	COBB-F	42	1764	74088	2606,67	6794711,11	17711546963	109480	3029,00918	616,638932	3645,648112
3	2	14	42	COBB-F	42	1764	74088	2566	6584356	16895457496	107772	2730,205115	648,8700767	3379,075192
3	2	16	42	COBB-F	42	1764	74088	2678	7171684	19205769752	112476	3190,730182	721,6949332	3912,425115
3	2	18	42	COBB-F	42	1764	74088	2522	6360484	16041140648	105924	2856,337109	696,4494387	3552,786547
3	2	20	42	COBB-F	42	1764	74088	2576	6635776	17093758976	108192	2964,963396	682,0788078	3647,042204
4	2	6	42	C44-F	42	1764	74088	1666	2775556	4624076296	69972	2257,92157	357,3354095	2615,25698
4	2	8	42	C44-F	42	1764	74088	1630	2656900	4330747000	68460	2145,37978	367,5708607	2512,950641
4	2	10	42	C44-F	42	1764	74088	1646	2709316	4459534136	69132	2128,78184	384,626291	2513,408131
4	2	12	42	C44-F	42	1764	74088	1602	2566404	4111379208	67284	2128,183904	494,4257871	2622,609691
4	2	22	42	C44-F	42	1764	74088	1664	2768896	4607442944	69888	2166,792999	513,6372367	2680,430235
4	2	24	42	C44-F	42	1764	74088	1702	2896804	4930360408	71484	2283,371569	410,9106159	2694,282185
3	1	1	49	COBB-M	49	2401	117649	3785	14326225	54224761625	185465	4988,915162	1104,161206	6093,076368
3	1	3	49	COBB-M	49	2401	117649	3955	15642025	61864208875	193795	5103,959284	1041,499099	6145,458383
3	1	13	49	COBB-M	49	2401	117649	3359,5	11286240,3	37916124120	164615,5	4510,717925	846,7595605	5357,477485
3	1	15	49	COBB-M	49	2401	117649	3612	13046544	47124116928	176988	4541,04728	1150,323352	5691,370632
3	1	17	49	COBB-M	49	2401	117649	3207,5	10288056,3	32998940422	157167,5	4100,992001	689,6521942	4790,644196
3	1	19	49	COBB-M	49	2401	117649	3422,5	11713506,3	40089475141	167702,5	4436,176334	1167,870293	5604,046627
4	1	5	49	C44-M	49	2401	117649	2454,44	6024297,53	14786303606	120267,7778	3778,42852	732,7280529	4511,156573
4	1	7	49	C44-M	49	2401	117649	2360	5569600	13144256000	115640	3451,177174	833,9481712	4285,125345
4	1	9	49	C44-M	49	2401	117649	2251,11	5067501,23	11407508335	110304,4444	3215,64261	630,877959	3846,520569

4	1	11	49	C44-M	49	2401	117649	2280	5198400	11852352000	111720	3320,635329	655,1285874	3975,763917
4	1	21	49	C44-M	49	2401	117649	2261,11	5112623,46	11560209705	110794,4444	3175,352992	601,9685668	3777,321559
4	1	23	49	C44-M	49	2401	117649	2284,44	5218686,42	11921799199	111937,7778	3139,535193	632,3477788	3771,882972
3	2	2	49	COBB-F	49	2401	117649	3168,75	10040976,6	31817344482	155268,75	4099,851183	960,9624183	5060,813601
3	2	4	49	COBB-F	49	2401	117649	3027,5	9165756,25	27749327047	148347,5	3709,642628	955,5873229	4665,229951
3	2	14	49	COBB-F	49	2401	117649	2987,5	8925156,25	26663904297	146387,5	3743,994208	726,2621056	4470,256314
3	2	16	49	COBB-F	49	2401	117649	3050	9302500	28372625000	149450	4112,255111	814,6235315	4926,878643
3	2	18	49	COBB-F	49	2401	117649	2880	8294400	23887872000	141120	3679,441416	768,2413951	4447,682811
3	2	20	49	COBB-F	49	2401	117649	2881,75	8304483,06	23931444065	141205,75	3923,816445	818,3524706	4742,168916
4	2	6	49	C44-F	49	2401	117649	1944,44	3780864,2	7351680384	95277,7778	3085,685662	551,7533187	3637,438981
4	2	8	49	C44-F	49	2401	117649	1922,22	3694938,27	7102492455	94188,88889	2843,263354	592,372851	3435,636205
4	2	10	49	C44-F	49	2401	117649	1916,67	3673611,11	7041087963	93916,66667	2865,932325	547,5505432	3413,482869
4	2	12	49	C44-F	49	2401	117649	1853,33	3434844,44	6365911704	90813,33333	2887,943805	474,9044839	3362,848289
4	2	22	49	C44-F	49	2401	117649	1966,67	3867777,78	7606629630	96366,66667	2797,329267	517,9478467	3315,277114
4	2	24	49	C44-F	49	2401	117649	1988,89	3955679,01	7867406036	97455,55556	3075,891878	682,4179243	3758,309803

VITA

João Dionísio Henn, filho de Renato Aloísio Henn e de Erena Cecília Henn, nasceu em 08 de maio de 1975, em Itapiranga, SC. Estudou no Colégio Estadual “Pe Teodoro Treis”, no ensino fundamental e médio, em Itapiranga/SC.

Graduou-se Zootecnista pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM - RS, em 2000, onde atuou na pesquisa na área de produção e nutrição de suínos e qualidade da carcaça e da carne, com participação em vários projetos de pesquisa, como bolsista de iniciação científica, monitoria e com vários estágios realizados nesta área. De 2000 a 2001 atuou na Chapecó Companhia Industrial de Alimentos (CCIA), na Unidade de Chapecó, como supervisor de produção de rações vegetarianas para matrizes (frangos de corte) e para suínos (Granja de melhoramento genético de suínos).

Fez especialização em Gestão do Agronegócio, pela UNOCHAPECÓ-CEPAN/UFRGS, com monografia intitulada “O Agronegócio do Biodiesel: Potencialidades e limitações da utilização da glicerina (co-produto) na alimentação de suínos e de aves” e realizou curso de formação complementar na área de Zootecnia (Licenciatura Plena) como habilitação para o magistério, pela UNIJUÍ, com monografia “Um contato com a docência”, sob orientação da professora Dolair Augusta Callai.

Em março de 2002, iniciou seu Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), na área de concentração Nutrição de Não-Ruminantes. Em dezembro de 2003, foi aprovado concurso para professor na Universidade Comunitária Regional de Chapecó – UNOCHAPECÓ, Chapecó/SC, onde atuou em atividades de ensino, pesquisa e extensão de fevereiro de 2004 até fevereiro de 2009. Neste mesmo período, atuou como professor colaborador na UDESC, no Centro Educacional do Oeste (Chapecó), no curso de Zootecnia com ênfase em Produção Animal Sustentável.

Em 2009, iniciou seu doutorado na área de Produção Animal - Nutrição de Não-Ruminantes, na UFRGS. Em fevereiro de 2011, ingressou na Embrapa Suínos e Aves, Concórdia/SC, onde atua na área de Gestão da Inovação – avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais das inovações tecnológicas e colabora em projetos de pesquisa.