

## RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)  
autor(a), o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a partir  
de 07/12/2017.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL

MODELAGEM DO CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO DO CORPO  
E DAS PENAS EM FRANGOS DE CORTE

Camila Angelica Gonçalves

Zootecnista

JABOTICABAL – SÃO PAULO –BRASIL

Junho de 2017

G635m      Gonçalves, Camila Angelica  
Modelagem do crescimento, composição do corpo e das penas em frangos de corte / Camila Angelica Gonçalves. -- Jaboticabal, 2017  
xi, 99 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017  
Orientadora: Nilva Kazue Sakomura  
Co-orientadora: Silvana Martinez Baraldi Artoni  
Co-orientador: Edney Pereira da Silva  
Banca examinadora: Jane Lara Brandani Marques Grosso, Robert Mervyn Gous, Luciano Hauschild, Nelson José Peruzzi  
Bibliografia

1. Alometria. 2. Análises químicas 3. Linhagens. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.6:636.082

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL

MODELAGEM DO CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO DO CORPO  
E DAS PENAS EM FRANGOS DE CORTE

Camila Angelica Gonçalves

Orientador: Profa. Dra. Nilva Kazue Sakomura

Co-orientadora: Profa. Dra. Silvana Martinez Baraldi Artoni

Co-orientador: Prof. Dr. Edney Pereira da Silva

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias  
e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal,  
como parte das exigências para a obtenção do título  
de Doutor em Zootecnia

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Junho de 2017

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA TESE: **MODELAGEM DO CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO DO CORPO E DAS PENAS EM FRANGOS DE CORTE**

**AUTORA: CAMILA ANGELICA GONÇALVES**

**ORIENTADORA: NILVA KAZUE SAKOMURA**

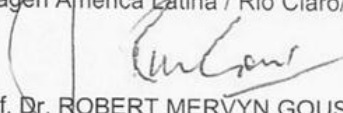
**COORIENTADOR: EDNEY PEREIRA DA SILVA**

**COORIENTADORA: SILVANA MARTINEZ BARALDI ARTONI**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

  
Profa. Dra. **NILVA KAZUE SAKOMURA**  
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

  
Profa. Dra. **JANE LARA BRANDANI MARQUES GROSSO**  
Aviagen América Latina / Rio Claro/SP

  
Prof. Dr. **ROBERT MERVYN GOUS**  
University of KwaZulu-Natal / África do Sul

  
Prof. Dr. **LUCIANO HAUSCHILD**  
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

  
Prof. Dr. **NELSON JOSÉ PERUZZI**  
Departamento de Ciências Exatas / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 07 de junho de 2017

## **DADOS CURRICULARES DA AUTORA**

**CAMILA ANGELICA GONÇALVES** – nasceu dia 02 de agosto de 1984, no município de Ourinhos, São Paulo. Seus pais são aposentados, Reinaldo Gonçalves Filho, coordenador de vendas e Neusa Maria Cabral Gonçalves, assistente social e também auxiliar de enfermagem. Ingressou no curso de Zootecnia na Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista (ESAPP), em agosto de 2002. Em agosto de 2007 obteve o título de Zootecnista. Em agosto 2009, iniciou seus estudos com nutrição de aves como aluna especial do curso de mestrado e no ano de 2010 colaborando pela primeira vez em um projeto de pesquisa envolvendo frangos de corte. Entrou na pós-graduação em 2011, quando foi aprovada no curso de mestrado na Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FMVA/UNESP). Obteve o título de Mestre em Ciência Animal em fevereiro de 2013. Em junho de 2013 participou de uma seleção de bolsista de treinamento técnico da FAPESP, para auxiliar na execução de análises químicas bromatológicas do Laboratório de Ciências Avícolas da UNESP – Jaboticabal, sendo concedida em setembro de 2013 a fevereiro de 2014. Durante esse tempo, foi aprovada no curso de Doutorado em Zootecnia, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCAV/UNESP), iniciando em março de 2014. Em junho de 2017, submeteu-se a defesa da tese e foi aprovada para receber o título de Doutora em Zootecnia.

## AGRADECIMENTOS

À professora e minha orientadora Dra. Nilva Kazue Sakomura pela oportunidade, por confiar essa pesquisa sob minha responsabilidade, por todo o apoio e treinamento que recebi para o meu aprimoramento. Reconheço aqui tudo o que a senhora fez por mim como orientadora e agradeço muito todo esse aprendizado.

Aos meus co-orientadores professor Dr. Edney Pereira da Silva pela orientação e gentileza de mostrar um caminho a ser percorrido nesta tese, em todas as fases até que pudesse caminhar sozinha e à professora Dra. Silvana Martinez Baraldi Artoni pelo entusiasmo com a presente pesquisa, por acreditar no potencial dos seus alunos e nos conceder o uso do equipamento DXA desde o início.

Aos membros da banca de defesa da tese Dr. Rob Gous e Dra. Nilva Sakomura pela relevante contribuição na área, Dra. Jane Lara B. Marques Grosso, Prof. Dr. Luciano Hauschild e Prof. Dr. Nelson Peruzzi pelo aceite e auxílio no meu processo formativo.

Ao grupo LAVINESP, esses alegres companheiros de navegação, pela acolhida, por toda colaboração nos ensaios e pelo privilégio de conviver com essas pessoas em diversos momentos: trabalho duro, momentos felizes e de dificuldades. Em especial a vocês: Nayara, Pomba, Myrielle, Katy, Dani, Rafael, Letícia, Bruno, Naty, Warley, Larissa, Kakareco, Mirela, Hilda, Karla, Fernando, Henrique, Michele, Paulo, Guilherme, Distructor, Torcido, Isabela, Lorota, Francisca, Maria, Vinícius, Raian, Paloma, Jefferson, Gabriel e Matheus. Eu desejo a você o melhor em suas futuras carreiras. À Renata pela sua assistência no laboratório, que foi bastante trabalhosa para nós duas, mas principalmente pela amizade. Aos queridos funcionários do aviário da Unesp de Jaboticabal pela sua dedicação: Vicente, Robson e Izildo.

Aos companheiros de outros grupos e áreas de estudo da Unesp-Jaboticabal pelo apoio no DXA e pela amizade: Giuliana, Rosana e Débora.

Aos meus pais, Reinaldo e Neusa, a quem devo tudo, as minhas irmãs Gabriela e Jessyca, obrigada pelo encorajamento. E a toda minha família por me tornarem uma pessoa afortunada, orgulhosa e amada.

A amiga Kátia Pellosi, pela sincera amizade de todas as horas e para uma vida toda que nós sabemos.

As amigas: Pomba, Myrielle, Katiane, Paloma, Mirela, Karla e Nayara pela convivência, confidências, pelos sorrisos, pelo perdão e pela paciência.

Ao mestre João Elias Jr., um mentor e amigo, que me encorajou a perseguir meus sonhos de educação superior, me inspirou pela sua sabedoria e me ensinou “Grab the bulls by the horn”.

As agencias FAPESP pelo financiamento do projeto (processo n. 2013/25761-4) e a Capes pela concessão da minha bolsa de estudos.

Aos professores Dr. Luciano Hauschild, Dr. Nelson Peruzzi e os pós-doutorandos Dr. Cleber F. Menegasso Mansano e Dra. Nayara Tavares Ferreira pela participação e sugestões no meu exame de qualificação.

À FCAV e a pós-graduação em Zootecnia por tudo que me foi oferecido, por propiciar um avanço no meu conhecimento técnico e profissional.

Sou grata e admiro todos vocês, por tudo que acrescentaram para me tornar uma pessoa melhor e mais forte. Nestes 4 anos dividimos histórias e alguns dos melhores momentos da minha vida. Espero que vocês encontrem paz e harmonia na vida, e agora, saibam que os levo com muito carinho.

Muito obrigada. Salve simpatia e boa sorte pessoal!



## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	1
INTRODUÇÃO .....	1
REVISÃO DE LITERATURA .....	3
Avaliação da composição corporal por DXA .....	3
Curva Gompertz para crescimento em frangos .....	8
Crescimento e composição das penas em frangos .....	10
CAPÍTULO 2 – DUAL ENERGY X-RAY ABSORPTIOMETRY IS A VALID TOOL FOR ASSESSING IN VIVO BODY COMPOSITION OF BROILERS .....	20
ABSTRACT: .....	20
KEYWORDS: .....	20
INTRODUCTION.....	21
MATERIAL E METHODS .....	22
Experimental design and Management .....	22
Experimental diets .....	22
The DXA scan procedures and chemical analysis (CHEM).....	24
Variables calculation to analysis of variance .....	25
Regression analysis for predictive equations of DXA .....	26
RESULTS .....	26
Comparisons of DXA and chemical analyzes (CHEM) .....	26
Predictive equations for in vivo body composition measurements on DXA .....	31
DISCUSSION .....	33
CONCLUSION .....	35
REFERENCES.....	36
CAPÍTULO 3 – THE DXA BODY COMPOSITION SUPPORTS IN VIVO ASSESMENT OF THE POTENTIAL GROWTH OF BROILER STRAINS .....	39
ABSTRACT: .....	39
KEYWORDS .....	39
INTRODUCTION.....	40
MATERIAL AND METHODS .....	42
Ethics Statement .....	42
Bird husbandry and experimental design .....	42
Experimental diets .....	42
Measurements.....	43
Body growth and composition of the strains by DXA .....	43
Feather growth and composition of the genotypes .....	45
Body and feather growth analysis and statistical models .....	45
RESULTS .....	46

Growth of the body by DXA .....	46
DISCUSSION .....	57
Growth of body .....	57
Growth of feathers .....	59
CONCLUSION .....	61
REFERENCES .....	61
<b>CAPÍTULO 4 – GROWTH PATTERN OF BODY BY ALLOMETRIC RELATIONSHIPS IN BROILER CHICKEN STRAINS .....</b>	<b>65</b>
ABSTRACT .....	65
KEYWORDS .....	65
INTRODUCTION .....	66
MATERIAL AND METHODS .....	67
Birds and housing .....	67
Measurements .....	67
Trial I .....	67
Trial II .....	68
Calculations and statistical analysis .....	69
RESULTS .....	70
DISCUSSION .....	76
CONCLUSION .....	78
REFERENCES .....	78
<b>CAPÍTULO 5 – IMPLICAÇÕES .....</b>	<b>81</b>

## ABREVIATURAS

$\alpha$  - intercepto; intercept.

AMEn – energia metabolizável aparente; apparent metabolizable energy.

ANOVA – análise de variância; analysis of variance.

$B$  – taxa de crescimento; growth rate.

$b$  – coeficiente alométrico, a relação em porcentagem da mudança do  $Y$  para o  $X$ ; allometric coefficient, the ratio of percentage change in  $Y$  to the  $X$ .

BAsh – cinzas do corpo; body ash.

BC – composição corporal; body composition.

BC<sub>DXA</sub> – composição corporal estimada pelo DXA; body composition estimated by DXA.

BL – lipídeos do corpo; body lipid.

BMC – conteúdo mineral ósseo; bone mineral content.

BP – proteína corporal; body protein.

BW – peso corporal; body weight.

BWater – água corporal; body water.

Cci – concentração do componente ao nascimento; concentration of the componente at birth.

Ccm – concentração do componente à maturidade; concentration of the componente at maturity.

CHEM – análises químicas; chemical analyses.

CV – coeficiente de variação; coefficient of variation.

DF – grau de liberdade; degree of freedom.

$Dp/Dt$  - deposição diária do peso ou do componente químico; daily deposition of the weight or chemical component.

DIC – delineamento inteiramente casualizado; completely randomized design.

DXA – absorciometria de raios-X de dupla energia; dual energy X-ray absorptiometry.

$e$  – base natural dos logaritmos naturais 2,718; natural basis of natural logarithms 2,718.

FFB – corpo livre de penas; feather free body.

FFBW – peso do corpo livre de penas; feather free body weight.

FM – massa gorda; fat mass.

HP – dieta com nível de proteína alto; high protein level of diet.

LP – dieta com nível de proteína baixo; low protein level of diet.

LM – massa magra; lean mass.

$\ln$  – logaritmo neperiano; logarithm neperian.

SE – erro padrão; standard error.

SD – desvio padrão da média; standard deviation.

SP – dieta com nível de proteína padrão; standard crude protein level of diet.

$t$  – idade; age.

$t^*$  – idade da máxima taxa de crescimento é alcançada; age of maximum growth rate.

TM – massa total; total mass.

U – grau de maturidade; maturity degree.

$W_i$  – peso ao nascimento; birth weight.

$W_m$  – peso na maturidade; maturity weight.

$W_t$  – peso no tempo; weight at time.

$X$  – variável dependente; dependent variable.

$Y$  – variável independente, independent variable.

## LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 – DUAL ENERGY X-RAY ABSORPTIOMETRY IS A VALID TOOL FOR ASSESSING IN VIVO BODY COMPOSITION OF BROILERS .....	20
Table 1 - Ingredients and nutritional composition of diets according to crude protein levels: high (HP), standard (SP) and low (LP) and the feed phase program .....	23
Table 2 - Mean total mass (g) and body weight (g) ( $\pm$ SD) of broilers according to sex, dietary crude protein level and methods for body composition estimate: DXA and chemical analysis (CHEM).....	27
Table 3 - Mean fat percentage ( $\pm$ SD) of broilers according to sex, dietary crude protein level and methods for body composition estimate: DXA and chemical analysis (CHEM) .....	28
Table 4 - Mean lean percentage ( $\pm$ SD) of broilers according to sex, dietary crude protein level and methods for body composition estimate: DXA and chemical analysis (CHEM) .....	29
Table 5 - Mean bone mineral percentage and ash percentage ( $\pm$ SD) of broilers according to sex, dietary crude protein level and methods for body composition estimate: DXA and chemical analysis (CHEM) .....	30
CAPÍTULO 3 – THE DXA BODY COMPOSITION SUPPORTS <i>IN VIVO</i> ASSESMENT OF THE POTENTIAL GROWTH OF BROILER STRAINS .....	39
Table 1- Ingredients and nutritional composition of experimental diets, as-fed basis .....	44
Table 2 - Average body weight (g) of broilers at different ages according to strains .....	46
Table 3 - Protein and lipids content of broiler body at different ages according to strains .....	47
Table 4 - Water and mineral content of broiler body at different ages according to strains .....	48
Table 5 - Estimates of Gompertz function parameters ( $\pm$ SD) for live body weight in both sex according to strains from 1 to 105 days.....	49
Table 6 - Estimates of parameters of the Gompertz function for body protein, fat, mineral matter and water ( $\pm$ SD) according to strains, determined in vivo by DXA .....	50
Table 7 - Feather weight (g) of broilers at different ages according to strains ..	53
Table 8 - Feather chemical composition (protein, mineral matter and water) of broilers at different ages according to strains .....	54
Table 9 - Estimates of parameters of the Gompertz function for broiler feather weight, protein, water and mineral matter according to strains .....	55

CAPÍTULO 4 – GROWTH PATTERN OF BODY BY ALLOMETRIC RELATIONSHIPS IN BROILER CHICKEN STRAINS .....	65
Table 1 - Ingredients and nutritional composition of experimental diets, as-fed basis .....	69
Table 2 – Live body weight and percentage of feather free body chemical composition of broiler strains male and female at different ages .....	71
Table 3 - Constant term (a) and allometric coefficients (b) between the different body components and body weight ( $\ln Y = a + b \ln X$ ) <sup>1</sup> according to female and male strains.....	72
Table 4 - Constant term (a) and allometric coefficients (b) between the different body components and protein weight ( $\ln Y = a + b \ln X$ ) <sup>1</sup> according to female and male strains.....	72
Table 5 - Feather weight (g) and proportion (%) of the chemical components of the feather of males and females in Cobb, Ross and Hubbard strains .....	74
Table 6 - Constant term (a) and allometric coefficients (b) between the feather components and feather protein weight ( $\ln Y = a + b \ln X$ ) <sup>1</sup> according to female and male strains.....	75

## LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
Figura 1 - Representação do sistema fonte-detector do DXA.....	4
Figura 2 – Representação do sistema DXA para obtenção dos resultados de composição corporal.....	5
Figura 3 - Sexagem de aves pelas penas das asas no primeiro dia de vida . . .	12
CAPÍTULO 2 – DUAL ENERGY X-RAY ABSORPTIOMETRY IS A VALID TOOL FOR ASSESSING IN VIVO BODY COMPOSITION OF BROILERS.....	20
Figure 1– In vivo positioning of broilers on DXA for whole body analysis. ....	24
CAPÍTULO 3 – THE DXA BODY COMPOSITION SUPPORTS <i>IN VIVO</i> ASSESMENT OF THE POTENTIAL GROWTH OF BROILER STRAINS .....	39
Figure 1- Growth curve for weight (A), Protein (B); Fat (C); Ash (D) and Water (E) of the feather-free body.....	51
Figure 2 -Body weight gain (A); Protein gain (B); Lipid gain (C); Ash gain (D) and water gain (E) in relation to degree of maturity (U). ....	52
Figure 3 - Growth curves of feather weight (A); protein (B); water (C) and ash (D) of the strains .....	56
Figure 4 - Deposition curves of feathers in relation to degree of maturity (U) for weight of feathers (A); protein (B); water (C) and ash (D) of the strains .....	57

## MODELAGEM DO CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO DO CORPO E DAS PENAS EM FRANGOS DE CORTE

**RESUMO** - O escâner absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA) consiste em uma técnica não invasiva para obter informações sobre a composição corporal dos animais, que permite avaliar a dinâmica de crescimento dos mesmos sem que haja a necessidade de abate. Foram conduzidos três experimentos com frangos de corte, realizados com os objetivos de determinar equações que predizem a composição corporal *in vivo* das aves no equipamento DXA (experimento I), e estimar o potencial genético de três linhagens comerciais (experimentos II e III). No experimento I foram utilizados 720 frangos de corte Cobb (360 machos e 360 fêmeas) distribuídos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), dividido em esquema de parcelas subdivididas 3×2×2 (três níveis de proteína bruta nas dietas, dois sexos e duas técnicas nas sub-parcelas) com seis repetições de 20 aves cada. As dietas foram formuladas com o objetivo de alterar a composição corporal das aves, variando a proteína bruta em 70, 100, e 130% da exigência de cada fase avaliada, mas mantendo a relação entre os aminoácidos. Ao todo 216 aves foram digitalizadas no DXA para quantificação dos dados fornecidos pelo equipamento: massa magra, massa gorda, conteúdo mineral ósseo e massa total. Em seguida, as mesmas aves foram mantidas em jejum alimentar de 24h e depois, abatidas e depenadas. Foi realizada a análise química do corpo livre de penas (FFB) das aves para os conteúdos de proteína, água, lipídeos e matéria mineral. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo constatadas diferenças na quantificação da composição corporal pelas diferentes técnicas. Devido à essas diferenças, foram ajustadas regressões para cada componente químico do corpo. Todas as equações estabelecidas apresentaram alta correlação e podem ser utilizadas na avaliação da composição corporal por DXA, de forma direta, em ensaios futuros envolvendo diferenças entre grupos de frangos de corte e de indivíduos ao longo da vida. Através da condução dos experimentos II e III as equações DXA foram validadas e objetivou-se estimar os parâmetros da função Gompertz para



avaliar o potencial genético de crescimento do peso vivo, dos constituintes químicos do FFB e das penas para as linhagens comerciais de frangos de corte Cobb, Hubbard e Ross, machos e fêmeas. Em ambos os ensaios, 336 frangos de corte de cada linhagem e sexo foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, distribuído em esquema fatorial de 3 linhagens × 2 sexos, com quatro repetições (totalizando 24 unidades experimentais). As aves foram alojadas em ambiente termoneutro de 1 a 105 dias de idade e alimentadas com dieta única para machos e fêmeas divididas em quatro fases, contendo 3100 kcal EMAn/kg, formuladas acima das outras exigências nutricionais. As avaliações envolveram 12 aves por linhagem e sexo ao longo do crescimento para obtenção dos dados de composição do corpo livre de penas determinados *in vivo* por DXA (experimento II) e abate comparativo realizado em 48 aves por linhagem e por sexo ao longo de todo período experimental para a composição química das penas (experimento III). Os dados foram ajustados à curva de crescimento Gompertz e as taxas de deposição calculadas pela equação derivada. Relações alométricas entre os pesos dos componentes químicos do corpo livre de penas e das penas com o peso proteico dos mesmos foram determinadas para descrever as taxas de crescimento dos componentes nos diferentes genótipos. Os resultados evidenciaram o potencial dos machos em atingir maior peso na maturidade, maior crescimento e deposição proteica em comparação às fêmeas. Constatou-se que as linhagens comerciais atuais apresentam maior peso corporal na maturidade e conseqüentemente taxas de deposição dos componentes em relação a estudos prévios encontrados na literatura. Por alometria, observou que a gordura corporal foi depositada a uma taxa de 22% e 15% superior nas fêmeas e nos machos, respectivamente, em relação à deposição proteica no corpo. Esses resultados mostram as diferenças no potencial de crescimento das linhagens envolvidas e atualizam as curvas de crescimento para cada linhagem de frangos de corte.

**Palavras-chave:** alometria, análises químicas, linhagens, peso proteico, taxa de crescimento

## GROWTH MODELING, BODY AND FEATHER COMPOSITION IN BROILER CHICKENS

**ABSTRACT** – The dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) consists of a non-invasive technique to obtain information about the body composition of the animals, which allows evaluating the growth dynamics of the animals without the need for slaughter. Three experiments were carried out with broilers, with the objective of determining predictive equations for the *in vivo* body composition of birds in the DXA equipment (experiment I), and to estimate the genetic potential of three commercial strains (experiments II and III). In the experiment I, 720 Cobb broilers (360 males and 360 females) were distributed in a completely randomized design (DIC), divided into split plot design  $3 \times 2 \times 2$  (three crude protein levels in the diets, two sexes and two methods of body evaluation at sub parcels) with six replicates of 20 birds each. The diets were formulated with the objective of altering the body composition of the birds, varying the crude protein in 70, 100, and 130% of the requirement of each evaluated phase, but maintaining the relation between the amino acids. A total of 216 birds were digitized in the DXA to quantify the data provided by the equipment: lean mass, fat mass, bone mineral content and total mass. Then, the same birds were kept in a 24-hour fasting meal, slaughtered and plucked. The chemical analysis of the feather free body (FFB) of birds was carried out for protein, water, lipids and mineral matter content. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA), being observed differences between diets, sexes and in the quantification of body composition by the different techniques. Due to the differences between the techniques, regressions were adjusted for each chemical component of the body and for each sex. All the established equations presented an  $R^2 < 0.96$  and allow the evaluation of body composition by DXA to be determined directly and rapidly in future scans involving broiler chickens. Through the conduction of experiments II and III we aimed to estimate the parameters of the Gompertz function to evaluate the genetic potential of growth of live weight, chemical constituents of FFB and feathers for the commercial lines of broilers Cobb, Hubbard and Ross, males and females. In both trials,

336 broilers of each lineage and sex were distributed in a completely randomized design, distributed in a factorial arrangement of 3 lines × 2 sexes, with four replications (totaling 24 experimental units). The birds were housed in a thermoneutral environment from 1 to 105 days of age and fed a single diet for males and females divided into four phases, containing 3100 kcal ME/kg, and formulated above nutritional requirements. The evaluations involved 12 birds per strain and sex throughout the growth to obtain feather free body composition data determined *in vivo* by DXA (experiment II) and a comparative slaughter performed in 48 birds per strain and sex throughout experimental period for the chemical composition of feathers (experiment III). The data were adjusted to the Gompertz growth curve and the deposition rates calculated by the derived equation. Allometric relationships between the weights of the chemical components of the FFB and the feathers with their protein weight were determined to describe the growth rates of the different strains. Numerically, the results evidenced the potential of males to reach higher weight at maturity, higher growth and protein deposition compared to females. It was observed that the current commercial lines present higher body weight at maturity and consequently deposition rates of the components in relation to previous studies found in the literature. In general, body fat was deposited at a rate of 22% and 15% higher in females and males, respectively, in relation to protein deposition in the body. The proportion of water and minerals deposited in the body has decreased relative to the protein. These results show the differences in the growth potential of the strains involved and update the growth curves of modern broiler chickens.

**Keywords:** allometry, chemical analysis, growth rate, protein weight, strains

## **CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **Introdução**

Na avicultura de corte, o melhoramento genético aplicado nas linhas puras resultou em mudanças no padrão de crescimento e na produtividade das linhagens modernas de frangos de corte, que atualmente apresentam maior crescimento muscular e ganho de peso em curto período de criação.

O peso corporal e a conversão alimentar geralmente são utilizados para caracterizar o desempenho das aves na granja. No entanto, apenas uma mensuração do peso do corpo é insuficiente para se descrever as diferenças do crescimento das linhagens atuais, visto que cada linhagem possui especificidade no que tange suas taxas de deposição de proteína, água, gordura e minerais, as quais não são informadas pelas empresas que fornecem os híbridos comerciais.

Baseado no método proposto por Emmans (1981), a função Gompertz (1825) tem sido utilizada para descrever e comparar o potencial de crescimento das linhagens de frangos de corte (HANCOCK et al., 1995; GOUS et al., 1999; SANTOS et al., 2005; MARCATO et al., 2010; SAKOMURA et al., 2011). Contudo, trata-se de um tipo de pesquisa que deve ser realizada periodicamente, a fim de atualizar os parâmetros de crescimento dos componentes químicos, que auxiliam na determinação dos níveis nutricionais das dietas, que irão refletir sobre a qualidade do produto final e na rentabilidade da produção (MARTIN; BRADFORD; GOUS, 1994; ZELENKA et al., 2011; RIVERA-TORRES; NOBLET; van MILGEN, 2011).

O abate comparativo é o método mais tradicional na avaliação do crescimento corporal, consistindo na amostragem, abate e análise química corporal de animais semelhantes em diferentes estádios de crescimento.

Atualmente, a questão da ética, bem-estar e uso de animais em experimentos tem gerado discussões importantes no meio científico e na sociedade, onde existe uma demanda pelo uso de métodos não invasivos, para a avaliação da composição corporal dos animais. Frente a tais pressões, o desenvolvimento de novos métodos e tecnologias que reduzam a necessidade do abate animal caracteriza-se como tendência apoiada por novos regulamentos, como por exemplo, a Resolução Normativa n. 17, de 2014 do CONCEA, que estabeleceu

o processo de reconhecimento de métodos alternativos no Brasil como qualquer método que possa ser utilizado para substituir, reduzir ou refinar o uso de animais em atividades de pesquisa (BRASIL, 2016).

O método Absorciometria de Raios-X de dupla energia (DXA) tem demonstrado ser uma ferramenta útil para a substituição do método do abate em animais. A técnica foi desenvolvida para o uso em humanos e já foi utilizada em animais de produção para quantificar a composição química do corpo ou da carcaça em tempo real, com estudos envolvendo suínos (MITCHELL; SCHOLZ; PURSEL, 2003; SUSTER et al., 2004; SILVA, 2015), poedeiras (SCHREIWEIS et al., 2005), frangos de corte (MITCHELL; ROSEBROUGH; CONWAY, 1997; BUYSE et al. 2003; SWENNEN et al., 2004; SALAS et al., 2012) e peixes (WOOD, 2004; JOHNSON et al., 2017). Além disso, estudos comparativos com a análise química da carcaça são necessários como medida de padronização de erros e correção dos valores determinados em cada equipamento DXA.

Dessa forma, a partir de três ensaios experimentais, foram estruturados cinco capítulos, com o primeiro contemplando a introdução e revisão de literatura. O capítulo 2 apresenta o foco de investigação como a DXA pode ser utilizada na determinação da composição corporal em frangos de corte.

O capítulo 3 constituiu-se na descrição do potencial genético de crescimento das linhagens Cobb, Ross e Hubbard de 1 a 105 dias, machos e fêmeas por meio da estimativa dos parâmetros da função Gompertz.

No capítulo 4, foi abordado o crescimento do corpo livre de penas e das penas das linhagens através de relações alométricas entre os pesos dos componentes químicos e o peso da proteína.

No capítulo 5, estão presentes as implicações do estudo, onde são discutidas as expectativas futuras para o uso da técnica DXA na avaliação da composição corporal de aves.

## **Conclusion**

The allometric regressions provide adequately information that would allow describing the deposition of body feather-free components in growing broilers appropriate for each genotype.

Differences do exist in the relative growth rates of chemical components of the body of commercial broiler strains.

In the feathers, there were no significant differences concerning the ash and water between broilers strains when it was described in terms feather protein.

## **References**

AOAC 2005:**Official Methods of Analysis**. 18th edn. AOAC, Gaithersburg, MD, USA.

DANISMAN, R. GOUS, R. M. Effect of dietary protein on the allometric relationships between some carcass portions and body protein in three broiler strains. **South African Journal of Animal Science**. v. 41, n. 3, p. 194-208, 2011.

EFG Software. **EFG broiler growth model**. [www.efgsoftware.net/](http://www.efgsoftware.net/) Accessed: January 2017.

EITS, R. M.; KWAKKEL, R. P.; VERSTEGEN, M. W.A. Nutrition Affects Fat-Free Body Composition in Broiler Chickens. **The journal of nutrition**. v. 132, p. 2222-2228, 2002.

EMMANS, G. C.; FISHER, C. Problems in nutritional theory. In: FISHER, C.; BOORMAN, K. N. **Nutrient requirements of poultry and nutritional research**. London: Ed. Butterwordths, 1986. p. 9-39.

EMMANS, G. C.; OLDHAM, J. D. Modelling of growth and nutrition in different species. In: KORVER, S.; VAN ARENDONK, J. A. M. **Modelling of livestock production systems**. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 13-21.

EMMANS, G. C. The growth of Turkeys. In: **Recent Advances in Turkey Science**. Ed. Butterwordths, Poultry Science Symposium, n. 21, p. 135-166, 1989.

GOMPERTZ, B. On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new method of determining the value of life contingencies. **Phylosophical Transactions of the Royal Society of London**.,v. 115, p. 513-585, 1825.

GOUS, R. M.; MORAN JR., E. T.; 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**, v. 78, p. 812-821, 1999.

KAPS, M.; LAMBERSON, W.R. Analysis of covariance. In: \_\_\_\_\_.  
**Biostatistics for Animal Science**. Cambridge, MA., 2004, p. 355-364.

MARTIN, P. A.; BRADFORD, G.; GOUS, R. M. A formal method of determining the amino acid requirements of laying-type pulleys during their growing period. **British Poultry Science**, v. 35, p. 709-724, 1994.

RIVERA-TORRES, V.; NOBLET, J.; van MILGEN, J. Changes in chemical composition in male turkeys during growth. **Poultry Science**, v. 90, p. 68–74, 2011.

SAKOMURA, N. K.; GOUS, R. M.; MARCATO, S. M., FERNANDES, J. B. K. **A description of the growth of the major body components of 2 broiler chicken strains**. *Poultry Science*, v. 90, p. 2888–2896, 2011.

ZELENKA, J.; HEGER, J.; KRAČMAR, S.; MRKVICOVA, E. Allometric growth of protein, amino acids, fat and minerals in slow- and fast-growing young chickens. **Czech J. Anim. Sci.**, v. 56, n. 3, p. 127–135, 2011.

ZUIDHOF, M. J.; SCHNEIDER, B. L.; CARNEY, V. L.. KORVER, D. R.; ROBINSON, F. E. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. **Poultry Science**, v. 93, p. 2970–2982, 2014.