



Universidade Federal do Maranhão  
Programa de Pós Graduação em Ciência Animal

**MODELAGEM DO CRESCIMENTO DE CODORNAS DE  
CORTE MANTIDAS EM DIFERENTES AMBIENTES  
TÉRMICOS**

THIAGO VINÍCIUS RAMOS DE SOUSA

Chapadinha

2018

THIAGO VINÍCIUS RAMOS DE SOUSA

**MODELAGEM DO CRESCIMENTO DE CODORNAS DE  
CORTE MANTIDAS EM DIFERENTES AMBIENTES  
TÉRMICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson Costa de Siqueira

Chapadinha

2018

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Sousa, Thiago Vinícius Ramos de.

Modelagem do crescimento de codornas de corte mantidas em diferentes ambientes térmicos / Thiago Vinícius Ramos de Sousa. - 2018.  
60 f.

Orientador(a): Jefferson Costa de Siqueira.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (25.06)/ccaa, Universidade Federal do Maranhão, Universidade Federal do Maranhão, 2018.

1. Composição corporal. 2. Coturnix. 3. Relação alométrica. 4. Taxa de crescimento. I. Siqueira, Jefferson Costa de. II. Título.

THIAGO VINÍCIUS RAMOS DE SOUSA

**MODELAGEM DO CRESCIMENTO DE CODORNAS DE  
CORTE MANTIDAS EM DIFERENTES AMBIENTES  
TÉRMICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Aprovada em     /     /

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Jefferson Costa de Siqueira (Orientador)  
Universidade Federal do Maranhão

---

Dr<sup>a</sup>. Dáphinne Cardoso Nagib Nascimento  
Médica Veterinária

---

Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim  
Universidade Federal do Maranhão

*“A vida é uma tormenta jovem amigo, você se aquece ao sol em um momento e é jogado às rochas em outro. O que faz de você um homem é a sua reação quando vem a tormenta.”*

*O Conde de Monte Cristo*

*Ao meu filho Nicolas,  
Minha inspiração, fonte de força e alegria.*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

À minha família, meus pais, Francisca Lindomar e José Vilmar, exemplos de dedicação e esforço, me proporcionaram a educação que fez de mim a pessoa que sou hoje, e a minha companheira Ana Valéria pelo apoio, paciência e estímulo durante essa jornada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jefferson Costa de Siqueira, pela confiança em mim depositada, pelos valiosos ensinamentos e pela sua amizade. Uma pessoa exemplar, profissional inspirador, sempre incentivando e estimulando ao estudo.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciência Animal – UFMA, CCAA pela oportunidade de realização deste curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Maranhão (FAPEMA) pelo suporte financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por ter concedido a bolsa de estudos.

Aos todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFMA, pelos valiosos ensinamentos e dedicação.

Aos amigos Alynne Pereira, Gabriela Nunes, Yasmine Ohanna, Chiquinho, Joemerson “Feijão” e Neyfran, que participaram ativamente e com muita dedicação contribuíram para a realização do experimento.

Aos estagiários Isabel, Juliana, Tais Aranha, Sara e Wemerson que participaram ativamente da execução do experimento e análises laboratoriais.

Agradecimento especial à amiga Juliany Mendes pela inestimável ajuda, me acompanhou durante todo o período, desde a implantação do experimento até o fim das análises laboratoriais.

Agradecimento especial à amiga Neliane que se fez presente em momentos que precisei de ajuda, dando suporte nas análises químicas.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

## SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....	ii
LISTA DE TABELAS .....	iii
LISTA DE FIGURAS .....	v
RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1 COTURNICULTURA .....	3
2.2 DESCRIÇÃO DO CRESCIMENTO .....	3
2.2.1 EQUAÇÃO NÃO LINEAR DE GOMPERTZ.....	4
2.2.2 CRESCIMENTO DOS COMPONENTES QUÍMICOS .....	6
2.2.3 RELAÇÃO ALOMÉTRICA .....	8
2.3 EFEITO DA TEMPERATURA AMBIENTE SOBRE A COMPOSIÇÃO CORPORAL DE AVES .....	10
2.4 MODELOS DE PREDIÇÃO DO CRESCIMENTO E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS	12
3 OBJETIVOS.....	13
3.1 OBJETIVO GERAL.....	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
REFERÊNCIAS .....	14
1 INTRODUÇÃO.....	22
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
3.1 MODELAGEM DO CRESCIMENTO DO CORPO DEPENADO .....	30
3.2 MODELAGEM DO CRESCIMENTO DAS PENAS.....	41
3.3 MODELAGEM DO CRESCIMENTO DO CORPO COMO UM TODO .....	51
4 CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS .....	54
ANEXO .....	59

**LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

A	Água
AC	Ambiente climatizado
ASC	Ambiente sem climatização
C	Componente químico
CD	Corpo deperado
Cm	Peso do componente químico à maturidade
CZ	Cinzas
LP	Lipídios
P	Proteína
Pi	Peso da proteína ao nascimento
Pm	Peso da proteína à maturidade
PVJ	Peso Vivo em Jejum

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Rações formuladas para atender as exigências nutricionais de codornas nas fases de cria e recria.....	25
Tabela 2. Médias $\pm$ EP de peso vivo em jejum (PVJ), corpo depenado (CD) e das concentrações (%) <sup>1</sup> , dos componentes químicos presentes no corpo depenado de machos (M) e fêmeas (F) de codornas de corte.....	31
Tabela 3. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz $\pm$ EP para o crescimento do conteúdo (g) de proteína do CD de machos de codornas de corte.....	33
Tabela 4. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz $\pm$ EP para o crescimento do conteúdo (g) de proteína do CD de fêmeas de codornas de corte.....	34
Tabela 5. Parâmetros que descrevem a relação alométrica entre logaritmo natural do peso do componente (lnC; g) e o logaritmo natural do peso da proteína (lnP; g) do corpo depenado de machos e fêmeas de codornas de corte.....	35
Tabela 6. Parâmetros alométricos ajustados para crescimento do corpo livre de penas de machos e fêmeas de codornas de corte.....	37
Tabela 7. Taxas de crescimento (g/dia) estimadas para os principais componentes químicos do corpo depenado de machos e fêmeas de codornas de corte.....	38
Tabela 8. Valores observados (O) e estimados (E) para o peso do corpo depenado de machos e fêmeas de codornas de corte.....	40
Tabela 9. Médias $\pm$ EP de peso das penas e das concentrações (%) <sup>1</sup> dos seus componentes químicos para machos (M) e fêmeas (F) de codornas de corte.....	42
Tabela 10. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz $\pm$ EP para o crescimento do conteúdo (g) de proteína das penas de machos de codornas de corte.....	44
Tabela 11. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz $\pm$ EP para o crescimento do conteúdo (g) de proteína das penas de fêmeas de codornas de corte.....	44
Tabela 12. Parâmetros que descrevem a relação alométrica entre o logaritmo natural do peso do componente (lnC; g) e o logaritmo natural peso da proteína (lnP; g) das penas de machos e fêmeas de codornas de corte.....	46
Tabela 13. Parâmetros alométricos ajustados para crescimento das penas de machos e fêmeas de codornas de corte.....	47

Tabela 14. Taxas de crescimento (mg/dia) estimadas para os principais componentes químicos das penas de machos e fêmeas de codornas de corte.....	48
Tabela 15. Valores observados (O) e estimados (E) para o peso das penas de machos e fêmeas de codornas de corte.....	50
Tabela 16. Valores observados (O) e estimados (E) para o peso em jejum (g) de machos e fêmeas de codornas de corte.....	51

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Médias diárias de temperatura (1A) e umidade relativa do ar (1B) observadas nos ambientes climatizado (26°C) e sem climatização (29°C) ao longo do período experimental.....	30
Figura 2. Concentrações de água (2A), proteína (2B), lipídios (2C) e cinzas (2D) do corpo depenado de codornas de corte machos dos ambientes climatizado ( $\diamond$ ) e sem climatização ( $\Delta$ ) e das fêmeas dos ambientes climatizado ( $\times$ ) e sem climatização ( $\circ$ ).....	32
Figura 3. Crescimento do conteúdo de proteína corporal de machos (3A) dos ambientes climatizado (AC) e sem climatização (ASC) e de fêmeas (3B) de codornas de corte.....	34
Figura 4. Taxas de crescimento (g/dia) dos conteúdos de proteína (4A), água (4B), lipídios (4C) e cinzas (4D) corporais de machos dos ambientes climatizado ( $\diamond$ ) e sem climatização ( $\Delta$ ) e de fêmeas ( $\times$ ) de codornas de corte.....	39
Figura 5. Valores observados e estimados para o peso do corpo depenado de machos (5A) e de fêmeas (5B) de codornas de corte em diferentes ambientes térmicos.....	40
Figura 6. Concentrações de água (6A), proteína (6B), lipídios (6C) e cinzas (6D) das penas de codornas de corte machos dos ambientes climatizado ( $\diamond$ ) e sem climatização ( $\Delta$ ) e das fêmeas dos ambientes climatizado ( $\times$ ) e sem climatização ( $\circ$ ).....	43
Figura 7. Crescimento do conteúdo de proteína das penas de machos (7A) e de fêmeas (7B) de codornas de corte.....	45
Figura 8. Taxas de crescimento (mg/dia) dos conteúdos de proteína (8A), água (8B), lipídios (8C) e cinzas (8) das penas dos machos ( $\diamond$ ) e das fêmeas ( $\times$ ) de codornas de corte independente da temperatura ambiente.....	49
Figura 9. Valores observados e estimados para o peso das penas de machos (9A) e fêmeas (9B) dos diferentes ambientes.....	50
Figura 10. Valores observados e estimados para o peso em jejum de machos (10A) e de fêmeas (10B) dos diferentes ambientes.....	52

## RESUMO

Objetivou-se com o estudo descrever o crescimento de codornas de corte mantidas em diferentes ambientes térmicos. Foram utilizadas 300 codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) com um dia de idade. As aves foram acondicionadas em duas salas de alvenaria, sendo uma delas climatizada. As aves receberam aquecimento artificial até os 14 dias, quando então foram submetidas aos tratamentos (Ambiente Climatizado, 26°C; e Ambiente Sem Climatização, 29°) sob um delineamento inteiramente ao acaso, com seis repetições em cada tratamento. Semanalmente duas aves de cada gaiola foram tomadas aleatoriamente, abatidas e depenadas para a obtenção dos pesos (g) em jejum, do corpo depenado e das penas. Análises químicas para a determinação dos teores (%) de água, proteína, lipídios e cinzas foram realizadas em amostras obtidas do corpo depenado e das penas em cada dia de abate. O crescimento do conteúdo de proteína foi descrito utilizando a equação de Gompertz e comparado dentro de cada sexo para verificar o efeito da temperatura do ambiente de criação utilizando um teste de igualdade de parâmetros e identidade de modelos não lineares. Os logaritmos naturais dos conteúdos de água, lipídios e cinzas foram regredidos contra o logaritmo natural dos conteúdos de proteína para a obtenção dos coeficientes alométricos (b) e comparados por teste de paralelismo e coincidência para verificar o efeito da temperatura ambiente sobre o crescimento relativo do componente em relação à proteína. Os valores de b estimados foram utilizados para a predição das taxas de crescimento dos demais componentes químicos como uma proporção da taxa de crescimento da proteína. Não foi verificado efeito da temperatura ambiente sobre o crescimento da proteína corporal das fêmeas. Por outro lado, os machos criados em ambiente sem climatização apresentaram maior conteúdo (g) de proteína à maturidade (47,58 vs 42,17g). Não houve efeito da temperatura sobre os coeficientes alométricos estimados para o crescimento relativo de nenhum dos componentes corporais das fêmeas, enquanto para os machos verificou-se diferença no crescimento relativo dos lipídios com maior valor de b verificado nos animais mantidos em ambiente sem climatização (1,223 vs 1,080). Não foi verificado efeito da temperatura ambiente sobre o padrão de crescimento dos componentes químicos das penas em nenhum dos sexos. Concluiu-se que o ambiente com temperatura entre 26,63 e 29,27°C provoca mudanças no padrão de crescimento dos conteúdos de proteína e lipídios corporais apenas dos machos de codornas de corte. O método de modelagem utilizado é capaz de estimar os pesos de codornas de corte em diferentes idades.

**Palavras-chave:** composição corporal, *Coturnix*, relação alométrica, taxa de crescimento

## ABSTRACT

The objective of this study was to describe the growth of meat quails kept in different thermal environments. Three hundred meat quail (*Coturnix coturnix coturnix*) with one day old were used. The birds were conditioning in two masonry rooms, one of them being acclimated. The birds received artificial heating until 14 days, when they were submitted to treatments (Controlled Environment, 26°C; and Environment Without Control, 29°C) under a completely randomized design, with six replicates in each treatment. Weekly, two birds of each cage were randomly taken, slaughtered and defeathered to obtain the fasting, plucked body and feathers weights (g). Chemical analysis for the determination of water, protein, lipid and ash contents (%) were performed on samples obtained from the plucked body and feathers on each day of slaughter. Growth of protein content was described using the non-linear equation of Gompertz and compared within each sex to verify the effect of temperature of the rearing environment using a test of equality of parameters and identity of non-linear models. The natural logarithms of the contents of the chemical components water, lipids and ashes were regressed against the natural logarithm of the protein contents to obtain the allometric coefficients (b) which were compared by parallelism and coincidence test to verify the effect of the temperature of the rearing environment on the relative growth of the component in relation to the protein. The estimated b values were used to predict the growth rates of the other chemical components as a proportion of the growth rate of the protein. No effect of the ambient temperature on the growth of the female body protein was verified. On the other hand, males reared in an environment without air conditioning presented higher protein content (g) at maturity (47.58 vs 42.17g). There was no effect of temperature on the estimated allometric coefficients for the relative growth of none of the body components of the females, whereas for the males a difference was observed in the relative growth of the lipids with the highest b value observed in the animals kept in an environment without air conditioning (1,223 vs 1.080). There was no effect of the temperature of the breeding environment on the growth pattern of the feather chemical components in either sex. It was concluded that environments with temperature between 26.63 and 29.27°C causes changes in the growth pattern of protein and lipid contents only of meat quails males. The used modeling method is able to estimate the weights of meat quails at different ages.

**Keywords:** allometric relationship, body composition, *Coturnix*, growth rate

## **CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1 INTRODUÇÃO**

A coturnicultura de corte vem ganhando espaço no cenário brasileiro como uma das principais atividades da avicultura nacional. O custo de investimento inicial baixo, a necessidade de pequenas áreas para a implantação da atividade, baixo consumo de ração, maturidade sexual precoce, o rápido crescimento e, conseqüentemente, o rápido retorno financeiro (TON et al., 2011), tem contribuído para o crescimento da atividade, principalmente entre pequenos e médios produtores (BARRETO et al., 2007). Aliado a essas características, a carcaça das codornas apresenta elevado conteúdo de proteína e teor de gordura relativamente baixo, satisfazendo as exigências do mercado por produtos de melhor qualidade.

Na composição básica da carcaça, os tecidos muscular, ósseo e adiposo não se desenvolvem de forma isométrica durante o crescimento do animal (SANTOS et al., 2001). Portanto, as taxas de crescimento dos diferentes constituintes do corpo não serão diretamente proporcionais à taxa de crescimento corporal nos diferentes pesos (EMMANS, 1995). Desta forma, conhecer como ocorre o crescimento dos tecidos é fundamental para identificar a idade em que o crescimento muscular diminui e os nutrientes são direcionados para a deposição de tecido adiposo (MARCATO et al., 2009) e assim possa ser determinado o momento ideal para o abate.

A composição do ganho de peso corporal, bem como a descrição da taxa de crescimento do conteúdo de proteína do corpo das aves é de extrema importância para a determinação das exigências diárias de nutrientes e energia (GOUS et al., 1999; SCHINKEL et al., 2008; RIVERA-TORRES; NOBLET; MILGEN, 2011). Para tanto, a descrição do crescimento das aves deve ser diferenciada em penas e corpo depenado, pois estes dois tecidos apresentam composições proteicas significativamente diferentes (EMMANS, 1989; GOUS et al., 1999; RIVERA-TORRES; NOBLET; MILGEN, 2011).

Emmans e Fisher (1986) sugeriram que a taxa de crescimento potencial das aves pode ser abordada de três maneiras: (1) predizendo o crescimento do corpo como um todo; (2) predizendo, separadamente, o crescimento de cada um dos quatro componentes químicos do

corpo; (3) predizendo o crescimento de um dos quatro componentes químicos e a predição dos demais em relação àquele.

Quando o peso de um componente pode ser explicado em função do peso de outro componente, diz-se que existe uma relação alométrica (EMMANS, 1995). Diante disso, a proteína corporal pode ser descrita por meio de uma curva de crescimento (GOUS et al., 1999) e utilizada como variável independente em equações de alometria para a estimativa dos demais constituintes corporais (EMMANS; FISHER, 1986; GOUS et al., 1999; SAKOMURA et al., 2011), fornecendo uma maior precisão às equações de predição (MARCATO et al., 2008; DANISMAN; GOUS, 2011), além de tornar a modelagem mais simples.

Segundo Emmans (1995), a composição química do corpo sofre alteração sistemática durante o crescimento dos animais de modo que cada componente químico apresenta uma taxa de deposição diária (HANCOCK et al., 1995), e, a forma e a proporção com que estes componentes são depositados no corpo do animal sofrem influência de fatores intrínsecos ao próprio animal como idade, sexo e linhagem genética e fatores externos como a composição da dieta e condições do ambiente em que estes animais são mantidos (SAKOMURA et al., 2011).

Entre as variáveis ambientais a temperatura é considerada de grande importância com efeitos sobre a composição corporal das aves (LEENSTRA, 1986). Quando mantidas em condições de temperatura elevadas, para permanecer em balanço térmico, entre outras modificações, as aves tendem a aumentar a deposição de gordura como uma forma de minimizar o calor produzido pelo metabolismo (GOUS; MORRIS, 2005), sendo uma das causas da modificação no padrão de crescimento do corpo. Neste contexto, Martin, Bradford e Gous (1994), Emmans (1995) e Hancock et al., (1995) sugerem que para fins de modelagem do crescimento e das exigências nutricionais, a taxa de crescimento potencial das aves deve ser determinada sob condições de temperatura ambiente ideais. A partir de então, as informações obtidas com os animais mantidos em condições adequadas podem ser utilizadas para estimar as exigências nutricionais de animais mantidos em ambientes limitantes (GOUS et al., 1999).

Trabalhos que estudaram o crescimento dos componentes químicos corporais de codornas de corte em diferentes temperaturas ambientais são escassos ou mesmo inexistentes na literatura, sendo este o principal foco do presente estudo.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 COTURNICULTURA

A coturnicultura tem se destacado no cenário brasileiro como uma das principais atividades na área da avicultura. Em 2015 o efetivo alcançou a marca de 21,99 milhões de animais, entre aves destinadas para a produção de carne e produção de ovos, correspondendo a um aumento de 8,11% em relação ao ano anterior (IBGE, 2015), e um aumento de 221,49% em um intervalo de dez anos.

O rápido crescimento da atividade está relacionado ao baixo custo de investimento inicial, à necessidade de pequenas áreas para a implantação, consumo de ração relativamente baixo e o rápido crescimento, resultando em rápido retorno financeiro (TON et al., 2011). Aliado a essas características, a carne produzida por essas aves apresenta elevado teor proteico e baixo conteúdo de gordura quando comparado à de outras aves de produção.

A princípio, o objetivo da atividade era a produção de ovos utilizando codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). As aves em fim de postura eram destinadas ao abate, e o resultado era a comercialização de carcaças pequenas com carne de má qualidade (VASCONCELOS et al., 2014). Com a mudança na tendência do consumo de carne avícola, tem-se introduzido codornas especializadas na produção de carne.

Com rápido crescimento e maior peso à idade adulta, a codorna europeia (*Coturnix coturnix coturnix*) tem sido rapidamente difundida no território brasileiro, principalmente entre médios e pequenos produtores (BARRETO et al., 2007). As aves desta espécie são aproximadamente 80% mais pesadas do que as codornas japonesas, ultrapassando 300 gramas quando adultas.

### 2.2 DESCRIÇÃO DO CRESCIMENTO

O conhecimento do crescimento potencial das aves pode ser utilizado para determinar o seu ganho diário e, conseqüentemente, as suas exigências nutricionais, além de prever os efeitos de diferentes condições dietéticas e ambientais (MARTIN; BRADFORD; GOUS, 1994). Para tanto, o estudo do crescimento das aves deve ser realizado em condições

nutricionais e de ambiente, tão próximas quanto possível das condições ideais (GOUS et al., 1999).

O estudo do crescimento das aves pode ser realizado utilizando modelos de regressão linear (AGGREY, 2002) ou modelos não lineares (KUHI et al., 2003). Segundo Aggrey (2002), modelos polinomiais de alta ordem tendem a apresentar um melhor ajuste aos dados de crescimento, entretanto, os parâmetros dessas equações não contém significado biológico. Por outro lado, as equações não lineares são capazes de resumir a três ou quatro parâmetros com interpretação biológica, medições de peso obtidos em várias idades (MORAIS et al., 2015), o que torna o uso de modelos não lineares mais apropriado para o estudo do crescimento animal.

Segundo Kuhl et al. (2003), modelos não lineares de crescimento podem ser agrupados em três categorias: os modelos que descrevem o comportamento de rendimentos decrescentes (Monomolecular, por exemplo), os modelos que descrevem um comportamento sigmoide com ponto de inflexão variável (Richards e Von Bertalanffy, por exemplo) e os modelos que descrevem um comportamento sigmoide com ponto de inflexão fixo (Gompertz e Logístico, por exemplo).

Fitzhugh Jr. e Taylor (1971) sugerem que a escolha do modelo deve ser baseada em três itens: possibilidade de interpretação biológica dos parâmetros, qualidade do ajuste e dificuldades computacionais. Com base neste último item Braccini Neto et al. (1996) e Porter et al. (2010) optaram pela eliminação do modelo de Richards de suas pesquisas. O modelo apresentou complicações computacionais, não convergindo aos dados de crescimento das aves estudadas. O modelo de Gompertz, por outro lado, como verificado em diversos estudos (ANTHONY; NESTOR; BACON, 1986; FREITAS, 2005; SARIYEL; AYGUN; KESKIN, 2017), apresentou os melhores ajustes aos dados de crescimento de aves.

### 2.2.1 EQUAÇÃO NÃO LINEAR DE GOMPERTZ

A equação de Gompertz (1825) é um modelo não linear comumente utilizado para descrever o crescimento do corpo, dos tecidos, de partes ou dos componentes químicos corporais das aves. A curva de Gompertz apresenta algumas características desejáveis em relação a outros modelos de crescimento, por exemplo, o peso inicial estimado é sempre superior a zero (FIALHO, 1999), além de apresentar qualidade de ajuste aos dados de

peso/idade semelhante ou superior àqueles apresentados por modelos de maior complexidade (HENN et al., 2014).

O modelo não linear de Gompertz (1825) apresenta um comportamento sigmoide suave sendo representado pela seguinte equação:

$$P_t = P_m \cdot e^{-e^{-B(t-t^*)}};$$

em que:  $P_t$  é peso (g) da variável à idade  $t$ ;  $P_m$  é peso do animal à maturidade (g);  $B$  taxa de maturidade no ponto de inflexão (por dia);  $t$  é idade do animal (dias);  $t^*$  é a idade em que o crescimento é máximo (ponto de inflexão da curva; dias) e;  $e$  é a base dos logaritmos naturais (2,71828).

Como sugerido por Martin, Bradford e Gous (1994), o parâmetro  $t^*$  pode ser substituído por uma função do valor inicial do estado da variável peso que é  $P$  igual  $P_i$  (peso inicial) quando  $t$  é igual a 0 (zero):

$$t^* = \frac{\ln\left(-\ln\left(\frac{P_i}{P_m}\right)\right)}{B};$$

em que  $\ln$  é o logaritmo natural ( $\log_{2,71828}$ ) e  $P_i$  é o peso inicial ou peso ao nascimento (g).

A idade em que a ave apresenta o máximo crescimento corresponde ao momento em que a taxa de crescimento passa de crescente para decrescente (NEME et al., 2006; NARINC; AKSOY; KARABAN, 2010). Nesse momento, a massa corporal da ave corresponde a 36,8% da sua massa corporal à idade adulta. Segundo Aggrey (2002), por apresentar ponto de inflexão fixo, o modelo de Gompertz pode não contribuir satisfatoriamente para o entendimento das mudanças ambientais e dietéticas sobre o crescimento das aves quando comparado a modelos flexíveis (Richards e Von Bertalanffy). Entretanto, apesar de não ser tão sensível às variações ambientais e nutricionais, como sugerido por Aggrey (2002), diversos estudos demonstraram a superioridade da qualidade do ajuste do modelo de Gompertz (ANTHONY; NESTOR; BACON, 1986; FREITAS, 2005; SARIYEL; AYGUN; KESKIN, 2017), fazendo com que este seja o modelo mais utilizado em estudos envolvendo aves (GOUS et al., 1999; SAKOMURA et al., 2005, 2011; RIVERA-TORRES; NOBLET; MILGEN, 2011; SILVA et al., 2016).

Um rearranjo da equação de Gompertz com a adição da expressão utilizada para estimar o parâmetro  $t^*$  leva ao seguinte modelo:

$$P_t = P_m \cdot e^{-e^{\left(\ln\left(-\ln\left(\frac{P_i}{P_m}\right)\right) - B \cdot t\right)}};$$

Os valores preditos para o parâmetro  $P_i$  geralmente são inferiores aos valores observados. Deste modo, pode ser obtido o valor médio dos pesos observados ao nascimento para fixar o valor de  $P_i$  e estimar os demais parâmetros  $P_m$  e  $B$ . Silva et al. (2016) utilizaram dois métodos para descrever o crescimento dos componentes químicos do corpo e das penas de galinhas poedeiras. O primeiro método consistiu em estimar os três parâmetros ( $P_m$ ,  $B$  e  $t^*$ ) da equação de Gompertz, enquanto no segundo método os autores fixaram os parâmetros  $P_i$  e  $P_m$  (com base nos valores observados ao nascimento e às 18 semanas de idade) e estimaram apenas o parâmetro  $B$  utilizando a equação de Gompertz rearranjada. Com base nos resultados, os autores observaram que os métodos apresentaram ajustes semelhantes, o que justifica a possibilidade de fixar apenas um ou ambos os parâmetros ( $P_i$  e  $P_m$ ).

A aplicação dos modelos não lineares de crescimento na avicultura tem contribuído para a melhoria do manejo, resultando em maiores ganhos de peso e eficiência alimentar das aves. Entretanto, durante o crescimento, as aves depositam nutrientes nos tecidos corporais, principalmente nas formas de gordura e proteína (LOPEZ; LANGE; LEESON, 2007), e a descrição do crescimento do animal por si só não fornece informações suficientes sobre as quantidades de nutrientes necessários para gerar esse crescimento. Neste contexto, a fim de determinar as exigências nutricionais diárias das aves, uma descrição adequada do crescimento individualizado de cada componente químico passa a ser necessária.

### 2.2.2 CRESCIMENTO DOS COMPONENTES QUÍMICOS

O corpo das aves é composto basicamente de água, proteínas, lipídios e cinzas (SCHINCKEL et al., 2008). Deste modo, seu crescimento pode ser estimado pela soma dos crescimentos dos quatro componentes químicos, os quais podem ser descritos diretamente utilizando uma função de crescimento específica para cada componente, ou predizendo o crescimento de um componente como a proporção de outro (DANISMAN; GOUS, 2011).

Para tanto, a descrição do crescimento das aves deve ser diferenciada em penas e corpo depenado, pois estes dois tecidos apresentam composições significativamente diferentes. Em estudo com perus machos, Rivera-Torres, Noblet e Milgen (2011) observaram que as concentrações de lisina, metionina, triptofano e histidina na proteína do corpo depenado foram, no mínimo, duas vezes maiores do que na proteína das penas, enquanto a

concentração de cistina foi seis vezes maior na proteína das penas do que na proteína do corpo depenado.

Um animal atinge a maturidade quando todos os seus tecidos corporais estão maduros (BUTTERFIELD et al., 1983), contudo, com a estabilização da deposição de proteína a energia líquida de produção passa a ser direcionada essencialmente para a lipogênese (NEME et al., 2006). Portanto, enquanto os demais tecidos encerram o crescimento, o tecido adiposo continua crescendo à medida que a ave envelhece. Este fato se torna um problema na tentativa de descrever o crescimento dos lipídios utilizando um modelo não linear de crescimento, como foi observado em estudo conduzido por Neme et al. (2006). Os autores verificaram que o parâmetro  $P_m$  estimado pela equação de Gompertz para o conteúdo de lipídios no corpo de galinhas poedeiras da linhagem Hisex Marron foi 2264g, enquanto  $P_m$  estimado para o corpo depenado foi de apenas 1764g, demonstrando uma dificuldade para a elaboração de modelos de predição do peso das aves.

Um dos elementos chave para a elaboração de modelos de simulação é a descrição da taxa de crescimento potencial de cada genótipo (HANCOCK et al., 1995), obtido pela diferenciação do modelo não linear de Gompertz. A partir das taxas de deposição de proteína e de gordura é possível determinar as exigências diárias de aminoácidos essenciais, a utilização da energia ingerida e a quantidade de calor produzido pelas aves (SCHINKEL et al., 2008).

A taxa de crescimento de um componente corporal específico corresponde à exigência líquida diária daquele componente (a exceção dos lipídios). Segundo Emmans (1997) a taxa de deposição de proteína ( $dP/dt$ ) está diretamente relacionada ao conteúdo de proteína corporal na idade  $t$  ( $P_t$ ), e pode ser expressa pela seguinte equação:

$$\frac{dP}{dt} = P_t \cdot B \cdot \ln\left(\frac{1}{u}\right);$$

em que,  $P_t$  é o peso da proteína na idade  $t$  ( $P_t = P_m \cdot u$ ) e  $u$  é o grau de maturidade da proteína na idade  $t$  ( $u = P_t/P_m$ ). Esta equação expressa a taxa de crescimento potencial da proteína em função do estado variável ( $u$ ) e de duas características do genótipo, o parâmetro taxa de maturidade ( $B$ ) e o parâmetro peso à maturidade ( $P_m$ ) (EMMANS; FISHER, 1986). Existem outros modelos para predizer a taxa de crescimento potencial da proteína, porém, segundo estes mesmos autores, nenhum combina a simplicidade e o poder da equação acima.

### 2.2.3 RELAÇÕES ALOMÉTRICAS

O crescimento consiste da deposição contínua de nutrientes no corpo das aves na forma de tecidos muscular, ósseo e adiposo. Para que o desenvolvimento muscular ocorra há a necessidade de uma boa sustentação, proporcionada pela estrutura óssea (MARCATO et al., 2009; VAN WYHE et al., 2014).

Segundo Emmans (1995), existe uma relação entre os quatro componentes químicos do corpo das aves (água, proteína, lipídeos e cinzas). Com base nisso, podem ser estimadas equações alométricas para a predição de um componente em função de outro. De acordo com Emmans e Fisher (1986), uma relação alométrica existe quando o gráfico do logaritmo natural de um componente (lnC) regredido contra o logaritmo natural de outro componente resulta em uma linha reta. Com as equações alométricas é possível determinar a relação dos conteúdos de água, lipídios e cinzas em função do peso da proteína ou do peso corporal da ave como um todo (MANSANO et al., 2017). Entretanto, a deposição de lipídios sofre grande variação em função da quantidade de energia disponível na dieta (MARCATO et al., 2008) e do ambiente de criação das aves (SAKOMURA et al., 2011), o que pode comprometer as estimativas de peso dos componentes químicos. Portanto, Danisman e Gous (2011) e Sakomura et al. (2011) sugerem que o peso dos componentes sejam regredidos apenas em relação ao peso da proteína ao invés do peso corporal, pois dessa forma a análise apresentará um resultado mais acurado uma vez que é eliminado o efeito dos lipídios.

A predição dos componentes em relação à proteína torna a modelagem mais simples uma vez que a alteração do crescimento da proteína resultará em mudanças proporcionais no crescimento dos demais componentes, sem a necessidade de corrigir o crescimento de cada componente individualmente.

Para a descrição do crescimento alométrico das partes e dos componentes químicos, o modelo mais utilizado tem sido a equação de potência proposta por Huxley (1932):

$$Y = a.X^b;$$

em que,  $Y$  é o peso do componente (variável dependente),  $X$  é o peso da proteína (variável independente),  $a$  refere-se ao tamanho proporcional do componente em relação à proteína e  $b$  é coeficiente angular da regressão de lnC em relação a ln da proteína (lnP) correspondente ao coeficiente alométrico.

O coeficiente alométrico  $b$  representa a velocidade de crescimento do componente em relação à proteína. Quando um componente apresenta crescimento rápido ou lento em relação ao crescimento da proteína, diz-se que há alometria (TEISSIER, 1948), negativa quando  $b$  é menor do que 1, indicando maturidade precoce, ou positiva quando  $b$  maior do que 1, indicando maturidade tardia (GOVAERTS et al., 2000). Quando  $b$  é igual a 1, há isometria, e os diferentes componentes apresentam velocidades de crescimento semelhantes durante o período de avaliação (KWAKKEL et al., 1997; SILVA et al., 2016).

Rivera-Torres, Noblet e Milgen (2011) estudaram o crescimento alométrico dos conteúdos de água, proteína e cinzas em função do peso do corpo depenado de perus machos, mas nesse caso, o conteúdo de gordura foi desconsiderado do corpo. Os autores verificaram que a água e a proteína apresentaram crescimento alométrico negativo em relação ao corpo, com valores de  $b$  iguais a 0,967 e 0,970, indicando que estes componentes atingem peso à maturidade mais cedo do que o corpo como um todo.

Segundo Hancock et al. (1995), o conteúdo de cinzas presente na carcaça desidratada de frangos de corte apresenta uma relação fixa com a proteína e corresponde a uma proporção média de 0,21 da proteína corporal além de um coeficiente alométrico igual a 1. Deste modo, a quantidade de cinzas presente no corpo das aves é o produto resultante do peso da proteína em cada idade multiplicado por 0,21.

Em relação ao crescimento das penas em perus, Rivera-Torres, Noblet e Milgen (2011) observaram que os conteúdos de água e cinzas apresentam crescimento tardio e precoce, respectivamente, com  $b$  iguais a 1,049 e 0,907, respectivamente, enquanto a proteína apresentou desenvolvimento semelhante ao das penas com  $b$  igual a 0,994. Os pesquisadores observaram que as penas apresentam aproximadamente 88,6% de proteína, ou seja, são constituídas basicamente deste componente, portanto, já era esperado crescimento alométrico entre proteínas e penas fosse proporcional.

Sabendo-se que o crescimento dos componentes pode ser descrito alometricamente em função do conteúdo de proteína, de acordo com Emmans e Fisher (1986), as taxas de deposição dos conteúdos de água, lipídios e cinzas podem ser estimadas como uma proporção da taxa de deposição de proteína, utilizando a expressão a seguir:

$$\frac{dC}{dP} = z \cdot b \cdot u^c;$$

em que,  $dC/dP$  é a deposição do componente ( $dC$ ) em função do peso da proteína ( $dP$ );  $C_m$  é o peso do componente químico água (A), lipídios (LP) ou cinzas (CZ) à maturidade;  $z$  é a

relação entre o componente à maturidade ( $C_m$ ) e a proteína à maturidade ( $P_m$ ) ( $z=C_m/P_m$ ) e  $c$  é o coeficiente alométrico relacionando  $\ln(z)$  a  $\ln(u)$  ( $c = b-1$ ).

Silva et al. (2016) utilizaram a metodologia proposta por Emmans e Fisher (1986), e para o cálculo do índice  $z$  utilizaram os valores médios de peso dos componentes químicos presentes no corpo de galinhas poedeiras às 18 semanas de idade. Os autores consideraram essa idade como à maturidade, pois nesse momento as aves iniciaram a postura. Gous et al. (1999), por outro lado, estimaram os valores de  $z$  utilizando os valores de peso à maturidade dos componentes químicos gerados pelo ajuste do modelo não linear de Gompertz ao crescimento de frangos de corte. No estudo de Silva et al. (2016), os valores de  $z$  estimados tanto para água quanto para lipídios foram inferiores àqueles apresentados por Gous et al. (1999). Os valores de  $z$  para os lipídios, por exemplo, foram iguais a 1,01 e 1,18 para as aves semipesadas das linhagens Hy-Line e Hisex, respectivamente, utilizadas no estudo de Silva et al. (2016), enquanto Gous et al. (1999) estimaram valores iguais a 1,75 e 2,33 para fêmeas resultantes dos cruzamentos das linhagens Steggles e Ross com Arbor Acres, respectivamente. Segundo Silva et al. (2016), o ajuste estatístico pode resultar em coeficientes que não são condizentes do ponto de vista biológico. Nesse caso, pode-se supor valores superestimados de peso à maturidade dos lipídios, o que resultou em maiores valores de  $z$  no estudo de Gous et al. (1999).

Os valores de  $z$  estimados por Silva et al. (2016) para as cinzas das diferentes linhagens de galinhas poedeiras apresentaram valores próximos, variando de 0,175 para as aves leves da linhagem Hy-Line até 0,211 para as aves leves da linhagem Hisex. De acordo com Emmans (1988) a relação entre cinzas e proteína permanece constante ao longo do crescimento das aves, diferindo pouco entre os diferentes genótipos.

### 2.3 EFEITO DA TEMPERATURA AMBIENTE SOBRE A COMPOSIÇÃO CORPORAL DE AVES

As aves, assim como os mamíferos, são animais homeotérmicos e tem a capacidade de manter a temperatura corporal dentro de estreitos limites (GERAERT; PADILHA; GUILLAUMIN, 1996). Entretanto, esse processo só é eficiente quando as aves são mantidas dentro dos limites da zona de termoneutralidade.

A zona de termoneutralidade é tida como a amplitude de variação da temperatura ambiente em que a regulação da temperatura corporal é conseguida com o mínimo gasto de energia (KINGMA; FRIJNS; LICHTENBELT, 2012). Dentro desse intervalo de variação da temperatura a maior parte da energia disponível é direcionada para a produção, portanto, às aves é permitido expressar todo o seu potencial genético (PONCIANO et al., 2011).

Dentro da zona de conforto térmico, em resposta à elevação da temperatura, as aves mantêm a sua temperatura corporal utilizando mecanismos sensíveis (radiação, condução e convecção) para a dissipação do calor produzido, sem que haja prejuízo sobre o crescimento e/ou produção. Por outro lado, quando mantidas em estresse por calor moderado ou severo, o principal mecanismo utilizado pelas aves para a dissipação do calor é o mecanismo latente (evaporação), e nesse caso, a ave necessita de um gasto energético para permanecer em equilíbrio térmico (MUJAHID, 2011).

As recomendações de temperatura para a criação de codornas, segundo Albino e Barreto (2003), são de 35 a 37°C na fase de um a sete dias de idade, reduzindo aproximadamente 3°C por semana até atingir a temperatura média de 20°C para as aves adultas.

Em se tratando de produção de aves, o estresse por calor é o principal problema encontrado nas regiões de clima tropical, pois afeta o consumo de ração, o ganho de peso, a eficiência alimentar e a composição corporal das aves, podendo resultar na alteração do padrão de crescimento das aves e, conseqüentemente, nas suas exigências nutricionais.

Das variáveis ambientais, a temperatura é de grande importância, pois afeta a composição corporal das aves (LEENSTRA, 1986), influenciando principalmente o conteúdo de lipídios corporal e o peso das penas à maturidade (HANCOCK et al., 1995). A deposição de gordura é parte integrante do crescimento das aves produtoras de carne sendo um aspecto importante da qualidade do produto final (WISEMAN; LEWIS, 1998).

Quando mantidas em ambientes com elevada temperatura o problema é reduzir a produção de calor, e, para este propósito, um mecanismo utilizado pelas aves é o aumento na deposição de gordura corporal (GOUS; MORRIS, 2005).

Em estudo com frangos machos de uma linhagem de corte às seis semanas de idade, Geraert, Padilha e Guillaumin (1996) observaram uma diferença média de 4,35% no teor de lipídio corporal, com superioridade dos animais mantidos no ambiente com temperatura de 32°C em relação àqueles mantidos em ambiente com temperatura de 22°C (20,70 vs 16,35%).

Em um estudo com frangos machos da linhagem Cobb-500 aos 42 dias de idade mantidos em ambientes com diferentes temperaturas (20, 25 e 32°C), Faria Filho et al. (2006) verificaram que não houve diferença no teor de lipídio do peito e das asas dos animais, por outro lado, os animais mantidos no ambiente com 32°C apresentaram concentrações de lipídios superiores em 1,9 e 2,3% nas pernas (coxa e sobrecoxa) em relação àqueles mantidos nos ambiente com 25 e 20°C, respectivamente.

De acordo com El-Tarabany (2016), quando as aves são mantidas sob condições de estresse por calor, ocorre a liberação dos hormônios corticosterona e catecolamina. A catecolamina provoca a rápida liberação de glicose (KHAN, 2011), enquanto, a corticosterona, além de aumentar a concentração de glicose, reduz a concentração de proteína no sangue (EL-TARABANY, 2016). O excesso de glicose é absorvido pelo fígado e armazenado como reserva energética na forma de glicogênio ou gordura (LANA et al., 2000), o que pode justificar os resultados apresentados acima (GERAERT; PADILHA; GUILLAUMIN, 1996; FARIA FILHO et al., 2006).

#### 2.4 MODELOS DE PREDIÇÃO DO CRESCIMENTO E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS

Modelos matemáticos capazes de prever as exigências nutricionais, bem como estimar pesos corporais, de carcaça e partes em idades específicas foram desenvolvidos com diversas espécies de animais de produção. Os primeiros estudos de modelagem foram desenvolvidos por Whittemore e Fawcett (1976) para simular o crescimento de suínos, sendo um estímulo para o desenvolvimento de pesquisas na área da modelagem. O estudo da modelagem do crescimento das aves ainda não passou pelos avanços observados nos estudos com suínos (OVIEDO-RONDÓN; POMAR; CONCEIÇÃO, 2014), porém, diversos modelos de predição já foram desenvolvidos para galinhas poedeiras (MARTIN; BRADFORD; GOUS, 1994) e frangos de corte (PESTI; ARRAES; MILLER, 1986; KING, 2001, entre outros).

Alguns dos modelos matemáticos já elaborados foram utilizados para o desenvolvimento de *softwares* como o EFG<sup>®</sup> *Software* (2007), BPHL<sup>®</sup> (KING, 2001) e OmniPro<sup>®</sup> II (IVEY, 1999), utilizados para a predição do crescimento e exigências nutricionais de frangos de corte, os *softwares* PorkMaster (MOUGHAN; SMITH, 1984), PorkExpert (POMAR; HARRIS; MINVIELLE, 1991) e InraPorc<sup>®</sup> (VAN MILGEN et al.,

2008) foram desenvolvidos para a predição das exigências e crescimento de suínos. Entretanto, não se encontram disponíveis *softwares* aplicados à produção de codornas de corte, uma vez que pesquisas destinadas à elaboração de modelos matemáticos de predição do crescimento e das exigências nutricionais destas aves ainda não foram desenvolvidos.

O método fatorial consiste na base para a elaboração de modelos matemáticos destinados a essa finalidade. Este método parte do princípio de que o animal necessita de nutrientes para diferentes funções, estimando as exigências dos animais pela soma dos nutrientes utilizados para manutenção, crescimento e/ou produção (DORIGAM, 2016), levando em consideração características relacionadas aos animais (diferenças genéticas, fase de crescimento, ganho de peso, nível de rendimento, etc.), aos alimentos (composição e digestibilidade) e ao ambiente (temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento) (ROSTAGNO et al., 2007).

Um modelo é considerado como uma representação matemática de um processo biológico (crescimento, produção, etc.), obtido por meio do arranjo coordenado de uma série de equações (OVIEDO-RONDÓN; POMAR; CONCEIÇÃO, 2014). Visto que não existem modelos matemáticos adequados para a simulação do crescimento e predição das exigências nutricionais de codornas de corte, justifica-se o desenvolvimento do presente estudo.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Descrever, por meio do crescimento dos conteúdos de água, proteína, lipídios e cinzas do corpo depenado e das penas, o crescimento de codornas de corte machos e fêmeas mantidas em diferentes ambientes térmicos.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Descrever, utilizando o modelo não linear de Gompertz, e comparar, entre os diferentes ambientes térmicos (26 e 29°C), os crescimentos dos conteúdos de proteína presentes no corpo e nas penas de codornas de corte machos e fêmeas;

- Descrever e comparar, entre os diferentes ambientes térmicos (26 e 29°C), as relações de crescimento alométrico dos conteúdos de água, lipídios e cinzas com o conteúdo de proteína do corpo depenado e das penas de codornas de corte machos e fêmeas.

## REFERÊNCIAS

AGGREY, S. E. Comparison of Three Nonlinear and Spline Regression Models for Describing Chicken Growth Curves. **Poultry Science**, v.81, p.1782–1788, 2002.

ALBINO, L. F. T, BARRETO, S. L. T. **Codornas: criação de codornas para produção de ovos e carne**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 289p.

ANTHONY, N. B.; NESTOR, K. E.; BACON, W. L. Growth Curves of Japanese Quail as Modified by Divergent Selection for 4-Week Body Weight. **Poultry Science**, v.65, p.1825-1833, 1986.

BARRETO, S. L. T.; QUIRINO, B. J. S.; BRITO, C. O.; UMIGI, R. T.; ARAUJO, M. S.; ROCHA, T. C.; PEREIRA, C. G. Efeitos de níveis nutricionais de energia sobre o desempenho e a qualidade de ovos de codornas europeias na fase inicial de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.86-93, 2007.

BRACCINI NETO, J.; DIONELLO, N. J. L.; SILVEIRA JÚNIOR, P.; BONGALHARDO, D. C.; XAVIER, E. G. Análise de curvas de crescimento de aves de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.6, p.1062-1073, 1996.

BUTTERFIELD, R. M.; GRIFFITHS, D. A.; THOMPSON, J. M.; ZAMORA, J.; JAMES, A. M. et al. Changes in body composition relative to weight and maturity in large and small strains of Australian Merino rams. 1. Muscle, bone and fat. **Animal Production**, v.36, p.29-37, 1983.

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.

DORINGAM, J. C. P. Método dose-resposta para determinar exigências nutricionais. In: SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**. 2.ed, Jaboticabal: Funep, 2016, p.132-159.

**EFG Software 2007.** Disponível em: <<http://www.efgsoftware.net>>. Acesso em: 17 de Fevereiro de 2018.

EL-TARABANY, M. S. Impact of temperature-humidity index on egg-laying characteristics and related stress and immunity parameters of Japanese quails. **International Journal of Biometeorology**, v.60, p.957-964, 2016.

EMMANS, G. C. A Method to Predict the Food Intake of Domestic Animals from Birth to Maturity as a Function of Time. **Journal of Theoretical Biology**, v.186, p.189-199, 1997.

EMMANS, G. C. Genetic components of potential and actual growth. In: **Animal Breeding Opportunities, British Society of Animal Production Occasional Publication**. n.12, p.153-181, 1988.

EMMANS, G.C.; FISHER, C. Problems in nutritional theory, in: FISHER, C.; BOORMAN, K. N. **Nutrient Requirements of Poultry and Nutritional Research**. London: ed. Butterworths, 1986, p.9-30.

EMMANS, G. C. Problems in modelling the growth poultry. **World's Poultry Science Journal**, v.51, p.77-89, 1995.

EMMANS, G. C. The growth of turkeys. In: NIXEY, C.; GREY, T. C. **Recent Advances in Turkey Science**. London: ed. Butterworths, 1989, p.135-166.

FARIA FILHO, D. E.; ROSA, P. S.; FIGUEIREDO, D. F.; DAHLKE, F.; MACARI, M.; FURLAN, R. L. Dietas de baixa proteína no desempenho de frangos criados em diferentes temperaturas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.41, n.1, p.101-106, 2006.

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

FITZHUGH JR., H. A.; TAYLON, St. C. S. Genetic analysis of degree of maturity. **Journal of Animal Science**, v.33, n.4, p.717-725, 1971.

FREITAS, A. R. Curvas de Crescimento na Produção Animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.786-795, 2005.

GERAERT, P. A.; PADILHA; J. C. F.;GUILLAUMIN, S. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens : growth performance, body composition and energy retention. **British Journal of Nutrition**, v.75, p.195-204, 1996.

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. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v.115, p.513-585, 1825.

GOUS, R. M.; MORAN, JR., E. T.; H. R. STILBORN, H. R.; G. D. 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.

GOUS, R. M.; MORRIS, T. R. Nutritional interventions in alleviating the effects of high temperatures in broiler production. **World's Poultry Science Journal**, v.61, p.463-475, 2005.

GOVAERTS, T.; ROOM, G.; BUYSE, J.; LIPPENS, M.; GROOTE, G.; DECUYPERE, E. Early and temporary quantitative food restriction of broiler chickens. 2. Effects on allometric growth and growth hormone secretion. **British Poultry Science**, v.41, p.355–362, 2000.

HANCOCK, C. E.; BRADFORD, G. D.; EMMANS, G. C.; GOUS, R. M. The evaluation of the growth parameters of six strains of commercial broiler chickens. **British Poultry Science**, v.36, p.247-2, 1995.

HENN, J. D.; BOCKOR, L.; RIBEIRO, A. M. L.; COLDEBELLA, A.; KESSLER, A. M. Growth and Deposition of Body Components of Intermediate and High Performance Broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.16, n.3, p.319-328, 2014.

HUXLEY, J. S. **Problems of relative growth**. London: Methuen and Company, 1932. 276p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, 2015, v.43, 49p.

IVEY, F. J. DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE MODELOS DE CRESCIMENTO PARA FRANGOS DE CORTE. In: Simpósio Internacional ACAV—Embrapa sobre Nutrição de Aves, 1., 1999, Concórdia – SC. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1999, p.22-35.

KHAN, R. U.; NAZ, S.; NIKOUSEFAT, Z.; TUFARELLI, V.; JAVDANI, M.; RANA, N.; LAUDADIO, V. Effect of vitamin E in heat-stressed poultry. **World's Poultry Science Journal**, v.67, p.469-478, 2011.

KING, R. D. Description of a growth simulation model for predicting the effect of diet on broiler composition and growth. **Poultry Science**, Savoy, v.80, n.3, p.245-253, 2001.

KINGMA, B.; FRIJNS, A.; LICHTENBELT, W. V. M. The thermoneutral zone: implications for metabolic studies. **Frontiers in Bioscience**, ed.4, p.1975-1985, 2012.

KUHI, H. D.; KEBREAB, E.; LOPEZ, S.; FRANCE, J. An Evaluation of Different Growth Functions for Describing the Profile of Live Weight with Time (Age) in Meat and Egg Strains of Chicken. **Poultry Science**, v.82, p.1536–1543, 2003.

KWAKKEL, R. P.; VERSTEGEN, M. W. A.; DUCRO, B. J. Diphasic Allometric Growth of Body Components in White Leghorn Pullets Fed Ad Libitum and Restricted Diets. **Poultry Science**, v.76, p.1020–1028, 1997.

LANA, G. R. Q.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; LANA, A. M. Q. Efeito da Temperatura Ambiente e da Restrição Alimentar sobre o Desempenho e a Composição da Carcaça de Frangos de Corte. **Revista brasileira de zootecnia**, v.29, n.4, p.1117-1123, 2000.

LEENSTRA, F. R. Effect of age, sex, genotype and environment on fat deposition in broiler chickens-A review. **World's Poultry Science Journal**, v.42, p.12–25, 1986.

LOPEZ, G.; LANGE, K.; LEESON, S. Partitioning of Retained Energy in Broilers and Birds with Intermediate Growth Rate. **Poultry Science**, v.86, p.2162–2171, 2007.

MANSANO, C. F. M.; MACENTE, B. I.; HKAN, K. U.; NASCIMENTO, T. M. T.; SILVA, E. P.; SAKOMURA, N. K.; FERNANDES, J. B. K. Morphometric Growth Characteristics and Body Composition of Fish and Amphibians. In: Pere M. Pares-Casanova. (Org.). **New Insights into Morphometry Studies**. ed.1, Rijeka, Croatia: In Tech d.o.o, 2017, v.01, p.07-28.

MARCATO, S. M.; SAKOMURA, N. K.; FERNANDEZ, J. B. K.; NASCIMENTO, D. C. N.; FURLAN, R. L.; PIVA, G. H. Crescimento e Deposição de Nutrientes nas Penas, Músculo, Ossos e Pele de Frangos de Corte de Duas Linhagens Comerciais. **Ciência agrotécnica**, v.33, n.4, p.1159-1168, 2009.

MARCATO, S. M.; SAKOMURA, N. K.; MUNARI, D. P.; FERNANDES, J. B. K.; KAWAUCHI, Í. M.; BONATO, M. Growth and Body Nutrient Deposition of Two Broiler Commercial Genetic Lines. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.10, n.2, p.1159-1168, 2008.

MARTIN, P. A.; BRADFORD, G. D.; GOUS, R. M. A formal method of determining the dietary amino acid requirements of laying-type pullets during their growing period, **British Poultry Science**, v.35, n.5, p.709-724, 1994.

MORAIS, J.; FERREIRA, P. B.; JACOME, I. M. T. D.; MELLO, R.; BRENDA, F. C.; RORATO, P. R. N. Curva de crescimento de diferentes linhagens de frango de corte caipira. **Ciência Rural**, v.45, n.10, p.1872-1878, 2015.

MOUGHAN, P. J.; SMITH, W. C. Assessment of a balance of dietary amino acids required to maximise protein utilisation in the growing pig (20–80 kg liveweight). **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.27, n.3, p.341-347, 1984.

MUJAHID, A. Nutritional Strategies to Maintain Efficiency and Production of Chickens under High Environmental Temperature. **Japan Poultry Science**, v.48, p.145-154, 2011.

NARINC, D.; AKSOY, T.; KARAMAN, E. Genetic Parameters of Growth Curve Parameters and Weekly Body Weights in Japanese Quails (*Coturnix coturnix japonica*). **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.9, n.3, p.501-507, 2010.

NEME, R.; SAKOMURA, N. K.; FUKAYAMA, E. H.; FREITAS, E. R.; FIALHO, F. B.; RESENDE, K. T.; FERNANDES, J. B. K. Curvas de crescimento e de deposição dos componentes corporais em aves de postura de diferentes linhagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1091-1100, 2006.

OVIEDO-RONDÓN, E. O.; POMAR, C.; CONCEIÇÃO, L. E. C. Modelagem na Nutrição de Monogástricos. In: SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014, p.594-620.

PESTI, G. M.; ARRAES, R. A.; MILLER, B. R. Use of the quadratic growth response to dietary and energy concentration in least-cost feed formulation. **Poultry Science**, Savoy, v.65, n.6, p.1040-1051, 1986.

POMAR, C.; HARRIS, D. L.; MINEVIELLE, F. Computer simulation model of swine production systems: I. Modeling the growth of young pigs. **Journal of Animal Science**, v.69, n.4, p.1468-1488, 1991.

PONCIANO, P. F.; LOPES, M. A.; YANAGI JUNIOR, T.; FERRAZ, G. A. S. ANÁLISE DO AMBIENTE PARA FRANGOS POR MEIO DA LÓGICA FUZZY: UMA REVISÃO. **Archivos de Zootecnia**, v.60, p.1-13, 2011.

PORTER, T.; KEBREAB, E.; KUHI, H. D.; LOPEZ, S.; STRATHE, A. B.; FRANCE, J. Flexible alternatives to the Gompertz equation for describing growth with age in turkey hens. **Poultry Science**, v.89, p.371-378, 2010.

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.

ROSTAGNO, H. S.; BÜNZEN, S.; SAKOMURA, N. K.; ALBINO, L. F. T. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de exigências nutricionais para aves e suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.295-304, 2007 (Suplemento especial).

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.

SAKOMURA, N. K.; LONGO, F. A.; OVIEDO-RONDON, E. O.; BOA-VIAGEM, C.; FERRAUDO, A. Modeling Energy Utilization and Growth Parameter Description for Broiler Chickens. **Poultry Science**, v.84, p.1363-1369, 2005.

SANTOS, C. L.; PÉREZ, J. R. O.; SIQUEIRA, E. R.; MUNIZ, J. A.; BONAGÚRIO, S. Crescimento Alométrico dos Tecidos Ósseo, Muscular e Adiposo na Carcaça de Cordeiros Santa Inês e Bergamácia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.493-498, 2001.

SARIYEL, V.; AYGUN, A.; KESKIN, I. Comparison of growth curve models in partridge. **Poultry Science**, v.96, p.1635-1640, 2017.

SCHINCKEL, A. P.; MAHAN, D. C.; WISEMAN, T. G.; EINSTEIN, M. E. Growth of protein, moisture, lipid, and ash of two genetic lines of barrows and gilts from twenty to one hundred twenty-five kilograms of body weight. **Journal of Animal Science**, v.86, p.460-471, 2008.

SILVA, E. P.; SAKOMURA, N. K.; DORIGAM, J. C. P.; MALHEIROS, E. B.; PERUZZI, N. J. Adjustment of growth parameters for the major body components of pullets. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.3, p. 572-581, 2016.

TEISSIER, G. La Relation D'Allometrie sa Signification Statistique et Biologique. **Biometrics**, v.4, n.1, p.14-53, 1948.

TON, A. P. S.; FURLAN, A. C.; MARTINS, E. N.; TOLEDO, J. B.; SCHERER, C.; CONTI, A. C. M. Exigências de lisina digestível e de energia metabolizável para codornas de corte em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.593-601, 2011.

VAN MILGEN, J.; VALANCOGNE, A.; DUBOIS, S.; DOURMAD, J. Y.; SÈVE, B.; NOBLET, J. InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.143, p.387–405, 2008.

VAN WYHE, R. C.; REGMI, P.; POWELL, B. J.; HAUT, R. C.; ORTH, M. W.; KARCHER, D. M. Bone characteristics and femoral strength in commercial toms: The effect of protein and energy restriction. **Poultry Science**, v.93, p.943–952, 2014.

VASCONCELOS, R. C.; PIRES, A. V.; LIMA, H. J. D.; BALLOTIN, L. M. V.; VELOSO, R. C.; DRUMOND, E. S. C.; GONÇALVES, F. M. Características de carcaça de codornas de corte alimentadas com diferentes níveis de proteína e energia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.4, p.1017-1026, 2014.

WHITTEMORE, C. T.; FAWCETT, R. H. Theoretical aspects of a flexible model to stimulate protein and lipid growth in pigs. **Animal Science**, v.22, n.1, p.87-96, 1976.

WISEMAN, J.; LEWIS, C. E. Influence of dietary energy and nutrient concentration on the growth of body weight and of carcass components of broiler chickens. **Journal of Agricultural Science**, v.131, p.361-371, 1998.

## CAPÍTULO 2 – MODELAGEM DO CRESCIMENTO DE CODORNAS DE CORTE MANTIDAS EM DIFERENTES AMBIENTES TÉRMICOS

### RESUMO

Objetivou-se com o estudo descrever o crescimento de codornas de corte mantidas em diferentes ambientes térmicos. Foram utilizadas 300 codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) com um dia de idade. As aves foram acondicionadas em duas salas de alvenaria, sendo uma delas climatizada. As aves receberam aquecimento artificial até os 14 dias, quando então foram submetidas aos tratamentos (Ambiente Climatizado, 26°C; e Ambiente Sem Climatização, 29°C) sob um delineamento inteiramente ao acaso, com seis repetições em cada tratamento. Semanalmente duas aves de cada gaiola foram abatidas e depenadas para a obtenção dos pesos (g) em jejum, do corpo depenado e das penas. Corpo e penas separadamente foram submetidos a análises químicas para a determinação dos teores (%) de água, proteína, lipídios e cinzas. O crescimento do conteúdo de proteína foi descrito utilizando a equação de Gompertz e comparado dentro de cada sexo para verificar o efeito da temperatura. Os logaritmos naturais dos conteúdos de água, lipídios e cinzas foram regredidos contra o logaritmo natural dos conteúdos de proteína. Os coeficientes alométricos (b) resultantes foram comparados para verificar o efeito da temperatura sobre o crescimento relativo do componente em relação à proteína. Verificou-se efeito da temperatura apenas sobre o crescimento da proteína corporal e lipídios corporais dos machos. Animais mantidos em ambiente sem climatização apresentaram maior peso à maturidade da proteína (47,58 vs 42,17g) e maior crescimento relativo dos lipídios, com valor de b igual a 1,223. Concluiu-se que o ambiente com temperatura entre 26,63 e 29,27°C provoca mudanças no padrão de crescimento dos conteúdos de proteína e lipídios corporais apenas dos machos de codornas de corte. O método de modelagem utilizado é capaz de estimar os pesos de codornas de corte em diferentes idades.

**Palavras-chave:** Alometria, composição corporal, *Coturnix*, taxa de crescimento

### MODELLING OF THE GROWTH OF MEAT QUAILS KEPT IN DIFFERENT THERMAL ENVIRONMENTS

#### ABSTRACT

The objective of this study was to describe the growth of meat quails kept in different thermal environments. Three hundred meat quail (*Coturnix coturnix coturnix*) with one day old were used. The birds were conditioning in two masonry rooms, one of them being acclimated. The birds received artificial heating until 14 days, when they were submitted to treatments (Controlled Environment, 26°C; and Environment Without Control, 29°C) under a completely randomized design, with six replicates in each treatment. Weekly, two birds of each cage were slaughtered and defeathered to obtain the fasting, plucked body and feathers weights (g).

Body and feathers separately were submitted to chemical analysis for the determination of water, protein, lipids and ashes contents (%). Growth of protein content was described using the non-linear equation of Gompertz and compared within each sex to verify the effect of temperature. The natural logarithms of the contents of the chemical components water, lipids and ashes were regressed against the natural logarithm of the protein contents. The resulting allometric coefficients (b) were compared to verify the effect of temperature on the relative growth of the component in relation to the protein. The effect of temperature was only observed on the growth of body protein and body lipids of males. Animals kept in an environment without control showed higher weight at protein maturity (47.58 vs 42.17g) and higher relative growth of lipids, with b value equal to 1.223. It was concluded that environments with temperature between 26.63 and 29.27°C causes changes in the growth pattern of protein and lipid contents only of meat quails males. The used modeling method is able to estimate the weights of meat quails at different ages.

**Keywords:** allometry, body composition, *Coturnix*, growth rate

## 1 INTRODUÇÃO

A coturnicultura tem se destacado no cenário brasileiro como uma das principais atividades na área da avicultura. Características como custo de investimento inicial baixo, a necessidade de pequenas áreas para a implantação da atividade, maturidade sexual precoce, o rápido crescimento e, conseqüentemente, o rápido retorno financeiro (TON et al., 2011), tem contribuído para o crescimento da atividade, principalmente entre pequenos e médios produtores (BARRETO et al., 2007).

As recomendações nutricionais para codornas têm sido normalmente baseadas em tabelas de exigências (NRC, 1994; SILVA; COSTA, 2009; ROSTAGNO et al., 2011, 2017) elaboradas com base no método dose resposta sendo as recomendações adequadas somente para aves mantidas sob as mesmas condições em que os estudos foram realizados. Para a determinação das exigências nutricionais de maneira mais acurada e precisa é necessário o desenvolvimento de estudos que descrevam o crescimento dos componentes químicos corporais dessas aves, permitindo a elaboração de modelos matemáticos para tal finalidade.

De acordo com Schinkel et al. (2008), o corpo das aves pode ser considerado como constituído basicamente por proteínas, água, lipídios e cinzas. Deste modo, o seu crescimento pode ser estimado pela soma dos crescimentos dos quatro componentes químicos (MARTIN; BRADFORD; GOUS, 1994; HENN et al., 2014), os quais podem ser descritos diretamente utilizando uma função de crescimento específica para cada componente (DANISMAN; GOUS, 2011).

Emmans (1995) sugeriu uma abordagem alternativa, considerando a existência de relações íntimas entre estes quatro componentes químicos, onde a predição do crescimento de um pode ser realizada a partir de outro pelo uso de equações de alometria, o que, segundo Martin, Bradford e Gous (1994), Marcato et al. (2008) e Danisman e Gous (2011), fornece uma maior precisão às equações de predição do crescimento e das exigências nutricionais das aves em cada idade, além de tornar a modelagem mais simples.

Durante o crescimento os tecidos corporais não se desenvolvem de forma isométrica, e, portanto, as taxas de crescimento dos diferentes componentes químicos não são proporcionais à taxa de crescimento do corpo da ave (EMMANS, 1995). Além disso, fatores intrínsecos ao próprio animal como idade, sexo e linhagem genética e fatores externos como a composição da dieta e condições do ambiente em que estes animais são mantidos afetam diretamente a forma e a proporção com que estes constituintes são depositados no corpo das aves (SAKOMURA et al., 2011).

A temperatura ambiente é variável determinante sobre o desempenho das aves. Quando mantidas em ambientes com elevada temperatura, parte da energia ingerida que seria utilizada para o crescimento ou produção das aves é direcionada para mecanismos de homeotermia para permanecer em equilíbrio térmico (MUJAHID, 2011).

De acordo com Leenstra (1986), a temperatura exerce grande influência sobre a composição corporal das aves, podendo alterar o padrão de crescimento dos componentes químicos e, conseqüentemente, provocar mudanças no crescimento corporal das aves. Com base no exposto, o experimento foi desenvolvido com o objetivo de descrever, por meio do crescimento dos conteúdos de água, proteína, lipídios e cinzas do corpo e das penas, o crescimento de codornas de corte machos e fêmeas mantidas em diferentes ambientes térmicos.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido durante os meses de fevereiro e março de 2016. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Maranhão (Registro nº 23115.002714/2014-74).

O experimento foi desenvolvido no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, em Chapadinha-MA, situada a 03° 44' 30" Sul de latitude

e 43° 21' 33" Oeste de longitude, com altitude de 105m, de acordo com o software SPRING 4.3.3 ® (INPE, 2010). Conforme a classificação climática de Köppen o clima da região enquadra-se no tipo Aw, considerado zona tropical com inverno seco (ALVARES et al., 2013).

Foram utilizadas 300 codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) não sexadas de um dia de idade e com peso inicial médio de  $9,26 \pm 1,25$ g. As aves foram acondicionadas em duas salas de alvenaria com  $38,5\text{m}^2$  (5,0 x 7,7m), providas de janelas laterais, com uma delas contendo um condicionador de ar com capacidade de 24.000 BTU/h (British Thermal Unit = 252,2cal) para climatizar o ambiente, e a outra sem climatização, a fim de manter a condição natural do ambiente. O programa de iluminação adotado durante todo o experimento foi de 24 horas (natural + artificial), obtido por meio de lâmpadas fluorescentes de 40W.

As aves foram distribuídas aleatoriamente em gaiolas com dimensões de 0,50 x 0,75m ( $0,375\text{m}^2$ ) e receberam aquecimento artificial fornecido por lâmpadas incandescentes de 60W para manter a temperatura ambiente entre 30 e 35°C até os 14 dias. Aos 14 dias, as aves foram submetidas aos tratamentos (ambiente climatizado com temperatura de 26°C e ambiente sem climatização com temperatura de 29°C). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis repetições por tratamento, totalizando 12 unidades experimentais com 25 aves cada.

As temperaturas (máxima e mínima) e a umidade relativa do ar de ambos os ambientes foram coletadas diariamente às sete, 12 e 18 horas utilizando termohigrômetros digitais instalados nos centros geométricos das salas.

A limpeza e reabastecimento dos bebedouros e comedouros foram realizados diariamente nos mesmos horários do monitoramento ambiental. A limpeza das gaiolas foi realizada diariamente às sete horas.

As dietas experimentais (Tabela 1) foram formuladas com base na composição dos alimentos e das exigências nutricionais apresentadas nas Tabelas para Codornas Japonesas e Europeias (SILVA; COSTA, 2009). Os comedouros utilizados foram do tipo bandejas e os bebedouros do tipo copo de pressão, com um comedouro e um bebedouro por gaiola, o que assegurou livre acesso a ração e a água para as aves durante todo o período experimental.

Tabela 1. Rações formuladas para atender as exigências nutricionais de codornas nas fases de cria e recria<sup>1</sup>.

Ingredientes (%)	Cria (1 a 21 dias)	Recria (22 a 42 dias)
Milho	52,005	60,577
Farelo de Soja	43,466	36,019
Óleo de Soja	0,000	0,920
Fosfato Bicálcico	1,185	0,952
Calcário	1,009	0,826
Sal Comum	0,379	0,325
DL-Metionina (98%)	0,344	0,161
L-Treonina (98%)	0,193	0,010
L-Lisina HCl (78,5%)	0,025	0,000
Mistura Vitamínica <sup>2</sup>	0,100	0,100
Mistura Mineral <sup>3</sup>	0,050	0,050
Cloreto de Colina (60%)	0,060	0,060
Inerte (areia lavada)	1,187	0,000
<b>Total</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
Composição Nutricional Calculada		
Energia metabolizável (kcal/kg)	2950	3100
Proteína bruta (%)	25,000	22,000
Cálcio (%)	0,850	0,700
Fósforo disponível (%)	0,320	0,270
Sódio (%)	0,170	0,150
Cloro (%)	0,269	0,239
Potássio (%)	1,091	0,959
Metionina + Cistina digestível (%)	1,040	0,800
Metionina digestível (%)	0,686	0,477
Lisina digestível (%)	1,370	1,178
Treonina digestível (%)	1,040	0,780
Valina digestível (%)	1,143	1,017
Isoleucina digestível (%)	1,048	0,914
Triptofano digestível (%)	0,243	0,210
Fibra bruta (%)	3,255	3,061
Fibra em detergente neutro (%)	9,222	9,320
Fibra em detergente ácido (%)	3,803	3,641

<sup>1</sup>Rações formuladas com base nos dados de composição dos alimentos e exigências nutricionais de codornas pesadas apresentados nas Tabelas para codornas japonesas e europeias (SILVA; COSTA, 2009).

<sup>2</sup>Composição/kg de produto: vit. A = 12.000.000 U.I.; vit. D3 = 3.600.000 U.I.; vit. E = 3.500 U.I.; vit B1 = 2.500 mg; vit. B2 = 8.000 mg; vit. B6 = 5.000 mg; Ácido pantotênico = 12.000 mg; Biotina = 200 mg; vit. K = 3.000 mg; Ácido fólico = 1.500 mg; Ácido nicotínico = 40.000 mg; vit. B12 = 20.000 mg; Se = 150 mg; veículo q.s.p. <sup>3</sup>Composição/kg de produto: Mn = 160 g; Fe = 100 g; Zn = 100 g; Cu = 20 g; Co = 2 g; I = 2 g; veículo q.s.p.

Semanalmente, duas aves de cada gaiola foram amostradas ao acaso (com exceção do primeiro dia onde foram tomadas 36 aves, três de cada gaiola, como referência), mantidas em jejum de sólidos por 24 horas e abatidas por deslocamento cervical. Posteriormente, foram pesadas, depenadas e pesadas novamente para a obtenção dos pesos (g) em jejum, do corpo

depenado e das penas por diferença. O corpo depenado e as penas de cada ave foram acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados e congelados a  $-20^{\circ}\text{C}$  para análises posteriores.

Até os 21 dias de idade, quando o dimorfismo sexual ainda não era evidente, as aves foram evisceradas para a identificação do sexo pela presença ou não dos testículos nos machos.

O corpo depenado de cada uma das aves foi moído individualmente em moinho industrial de carne (C.A.F. Picadores de carne – modelo 98 STI), em seguida foi liofilizado a  $-50^{\circ}\text{C}$  por 72h (em equipamento modelo L108 da marca LIOTOP). Após a pré-secagem o material foi moído em moinho de facas do tipo WILLEY (modelo SL-31 da marca SOLAB), com peneira de 1 mm. As penas foram processadas manualmente com o uso de tesouras até a obtenção de amostras homogêneas para a realização das análises.

As amostras do corpo das aves depenado e das penas foram encaminhadas ao laboratório para a determinação das concentrações (%) de água (A), proteína (P) (método 954.01), lipídios (LP) (método 960.39) e cinzas (CZ) (método 942.05), de acordo com a metodologia descrita pela *Association of Official Agricultural Chemists* (AOAC, 1995). Os pesos (g) semanais da A, P, LP e CZ do corpo depenado e das penas foram obtidos pela multiplicação da concentração do componente na amostra pelos seus respectivos pesos.

O conteúdo de proteína do corpo depenado e das penas foi descrito por meio da função de crescimento de Gompertz (1825) utilizada por Martin, Bradford e Gous (1994) como segue:

$$P_t = P_m \cdot e^{-e^{\ln\left(-\ln\left(\frac{P_i}{P_m}\right)\right) - (B \cdot t)}}, \text{ (equação 1)}$$

em que,  $P_t$  é peso da proteína (g) na idade  $t$ ;  $P_m$  é peso da proteína à maturidade (g);  $P_i$  é o peso da proteína ao nascimento (g);  $B$  é a taxa de maturidade (por dia);  $e$  é base dos logaritmos naturais (2,71828);  $t$  é a idade da ave (dias) e  $\ln$  é o logaritmo natural ( $\log_{2,71828}$ ).

Os parâmetros  $P_m$  e  $B$  dos modelos foram estimados pelo método iterativo de Gauss-Newton, descrito por HARTLEY (1961), enquanto o valor de  $P_i$  foi obtido pela média dos pesos de proteína do corpo depenado e das penas observados ao nascimento.

Como sugerido por Martin, Bradford e Gous (1994), a idade de máximo crescimento do conteúdo de proteína (g) foi estimado pela expressão a seguir:

$$t^* = \frac{\ln\left(-\ln\left(\frac{P_i}{P_m}\right)\right)}{B}, \text{ (equação 2)}$$

Para verificar o efeito do ambiente sobre o crescimento do conteúdo de proteína do corpo depenado e das penas, os valores de  $Pm$  e  $B$  foram comparados em cada sexo utilizando o teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos não lineares proposto por Regazzi (2003), onde as seguintes hipóteses de nulidade ( $H_0$ ) foram testadas:

$H_0^{(1)}$ :  $Pm_1 = Pm_2 = Pm$  vs  $H_a^{(1)}$ : os  $Pm_i$  não são iguais;

$H_0^{(2)}$ :  $B_1 = B_2 = B$  vs  $H_a^{(2)}$ : os  $B_i$  não são iguais;

$H_0^{(3)}$ :  $Pm_1 = Pm_2 = Pm, B_1 = B_2 = B$  vs  $H_a^{(3)}$ : pelo menos uma das igualdades é uma desigualdade.

Em que  $Pm_1$  e  $B_1$  referem-se aos parâmetros estimados para o ambiente climatizado (26°C), e  $Pm_2$  e  $B_2$  referem-se aos parâmetros estimados para o ambiente sem climatização (29°C).

As estimativas dos parâmetros  $Pm_i$  e  $B_i$  para os modelos completos ( $\Omega$ ), correspondentes aos parâmetros das curvas individuais de cada grupo (ambiente) e com restrições paramétricas ( $\omega_i$ ) impostas pelas hipóteses  $H_{0(1,2 \text{ e } 3)}$ , bem como as estimativas de verossimilhança de cada modelo, foram obtidos por meio do procedimento NLIN (Nonlinear Regression) do pacote SAS 9.0 (2002).

A comparação dos grupos de equações foi feita pelo teste da razão de verossimilhança que, segundo Regazzi (2003), após transformação logarítmica segue distribuição aproximadamente qui-quadrado ( $\chi^2$ ), sendo a estatística para testar as hipóteses de nulidade  $H_{0(1,2 \text{ e } 3)}$  a seguinte:

$$\chi^2_{\text{calculado}} = -n \cdot \ln \left( \frac{SQR_{\Omega}}{SQR_{\omega}} \right), \text{ (equação 3)}$$

em que,  $n$  é o tamanho da amostra;  $SQR_{\Omega}$  é a soma de quadrados do resíduo do modelo completo e  $SQR_{\omega}$  é a soma de quadrados do resíduo do modelo com restrição paramétrica dada pela hipótese  $H_0$  testada. O valor de  $\chi^2$  calculado foi comparado com  $\chi^2$  tabelado, em função da significância (5%) e dos graus de liberdade, obtidos pela diferença entre o número de parâmetros do modelo  $\Omega$  e o número de parâmetros do modelo  $\omega_i$  sendo testado.

Considerando a decisão em relação a  $H_{0(1,2 \text{ e } 3)}$ , as estimativas das taxas de crescimento (g/dia) da proteína foram obtidas por meio da derivada da eq. 2, expressa em função do peso no tempo  $t$ , como segue:

$$\frac{dP}{dt} = Pt \cdot B \cdot \ln \left( \frac{1}{u} \right), \text{ (equação 4)}$$

em que,  $u$  é o grau de maturidade da proteína ( $Pt/Pm$ ) no tempo  $t$ .

A taxa de crescimento da ave como um todo pode ser obtida pela soma das taxas de crescimento do conteúdo de proteína (eq. 4) e dos demais componentes químicos (HENN et al., 2014), os quais podem ser estimados como uma proporção da deposição de proteína (MARTIN; BRADFORD; GOUS, 1994) no corpo depenado e nas penas. Para isso os parâmetros necessários foram estimados a partir de uma regressão linear entre o logaritmo natural do componente químico (lnC) de interesse e o logaritmo natural do conteúdo de proteína (lnP), de acordo com a equação:

$$\ln C = a + b \cdot \ln P, \text{ (equação 5)}$$

em que,  $a$  refere-se ao termo constante ou intercepto da regressão linear, e,  $b$  é o coeficiente angular da reta e corresponde ao coeficiente alométrico ou coeficiente de crescimento relativo do componente em relação à proteína.

Para a regressão do logaritmo natural dos lipídios (lnLP) em função de  $\ln P$  das penas, os dados de um dia precisaram ser excluídos da análise, pois permaneceram abaixo da inclinação comum às medidas posteriores, provocando um aumento da inclinação e reduzindo a qualidade do ajuste. Essa necessidade também foi observada em estudos realizados com frangos de corte (DANISMAN; GOUS, 2011; SAKOMURA et al., 2011).

Para verificar o efeito da temperatura ambiente sobre os coeficientes alométricos ( $b$ ) dos componentes (água, lipídios e cinzas) foram realizados testes de paralelismo e coincidência utilizando a temperatura ambiente como variável classificatória e o  $\ln P$  como co-variável, segundo o modelo descrito por Kaps e Lamberson (2004):

$$\ln C = \beta_0 + A + \beta_1 \cdot \ln P + \sum \beta_2 \cdot (A \cdot \ln P), \text{ (equação 6)}$$

em que,  $A$  é o efeito da temperatura ambiente;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  são os parâmetros da regressão;  $A \cdot \ln P$  é o efeito da interação entre a variável classificatória e a co-variável. Nesse caso, as hipóteses de nulidade testadas foram:

$H_0^{(1)}$ :  $A = 0$ , não existe efeito do ambiente *vs*  $H_a^{(1)}$ :  $A \neq 0$ , existe efeito de ambiente.

$H_0^{(2)}$ :  $\beta_1 = 0$ , a inclinação geral é igual à zero, não existe regressão *vs*  $H_a^{(2)}$ :  $\beta_1 \neq 0$ , a inclinação geral difere de zero, existe uma regressão.

$H_0^{(3)}$ :  $\beta_2 = 0$ , a inclinação de determinado ambiente não difere da inclinação média *vs*  $H_a^{(3)}$ :  $\beta_2 \neq 0$ , a inclinação de determinado ambiente difere da inclinação média.

As hipóteses foram testadas a um nível de 5% de significância utilizando o procedimento GLM (General Linear Models) do pacote SAS 9.0 (2002).

O coeficiente alométrico  $b$  representa a velocidade de crescimento do componente em relação à proteína. Quando um componente apresenta crescimento rápido ou lento em relação ao crescimento da proteína, diz-se que há alometria (TEISSIER, 1948), negativa quando  $b$  é menor do que 1, indicando maturidade precoce, ou positiva quando  $b$  maior do que 1, indicando maturidade tardia (GOVAERTS et al., 2000). Quando  $b$  é igual a 1, há isometria, e os diferentes componentes apresentam velocidades de crescimento semelhantes durante o período de avaliação (KWAKKEL et al., 1997; SILVA et al., 2016).

Para testar se  $b = 1$  foi aplicada a estatística  $t$  de Student a 5% de significância, de acordo com a hipótese ( $H_0$ ):

$H_0$ :  $b = 1$ , crescimento isométrico, indicando que as taxas de crescimento do componente (C) e proteína (P) foram semelhantes no período de crescimento avaliado;

$H_a$ :  $b \neq 1$ , crescimento alométrico, com maturidade do C tardia (quando  $b > 1$ ) ou precoce (quando  $b < 1$ ) em relação ao crescimento da P.

A deposição do componente foi expressa como uma proporção do peso da proteína ( $dC/dP$ ), de acordo com a equação sugerida por Emmans e Fisher (1986).

$$\frac{dC}{dP} = z \cdot b \cdot u^c, \text{ (equação 7)}$$

em que,  $dC/dP$  é a deposição do componente ( $dC$ ) em função do peso da proteína ( $dP$ );  $C_m$  é o peso do componente químico água (A), lipídio (LP) ou cinzas (CZ) à maturidade;  $z$  é a relação entre o componente à maturidade ( $C_m$ ) e a proteína à maturidade ( $P_m$ ) e  $c$  é o coeficiente alométrico relacionando  $\ln(z)$  a  $\ln(u)$  ( $c = b - 1$ ).

Posteriormente, como sugerido por Martin, Bradford e Gous (1994), as taxas de crescimento dos componentes ( $dC/dt$ ;  $dA/dt$ ;  $dLP/dt$  e  $dCZ/dt$ ) foram previstas a partir da taxa de crescimento da proteína ( $dP/dt$ ).

$$\frac{dC}{dt} = \frac{dC}{dP} \cdot \frac{dP}{dt}, \text{ (equação 8)}$$

Deste modo, as taxas de crescimento do corpo livre de penas e das penas foram obtidas pela soma das taxas de crescimento dos quatro componentes químicos, conforme Emmans e Fisher (1986):

$$\frac{dT}{dt} = \frac{dP}{dt} \cdot \left( 1 + \frac{dA}{dP} + \frac{dL}{dP} + \frac{dCZ}{dP} \right), \text{ (equação 9)}$$

em que,  $dT/dt$  é a taxa de crescimento do tecido (corpo depenado ou penas) em g/dia.

De acordo com Martin, Bradford e Gous (1994), as taxas de crescimento do corpo depenado e das penas estimadas em cada idade pela equação 9 foram somadas para a

obtenção dos pesos diários do corpo depenado e das penas, o que possibilitou predizer o peso da ave como um todo pela soma dos dois tecidos em cada idade. Os valores assim obtidos para cada ambiente de criação e sexo foram avaliados pelo confronto com os valores observados em cada idade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas média, mínima e máxima e a umidade relativa do ar, registradas durante o período experimental (15 aos 42 dias) foram, respectivamente,  $26,63 \pm 1,32^\circ\text{C}$ ;  $25,98^\circ\text{C}$ ;  $28,65^\circ\text{C}$  e  $67,59 \pm 9,06\%$  no ambiente climatizado (AC), e,  $29,27 \pm 0,77^\circ\text{C}$ ;  $26,95^\circ\text{C}$ ;  $33,70^\circ\text{C}$ , e  $77,83 \pm 3,03\%$  no ambiente sem climatização (ASC) (Figura 1).

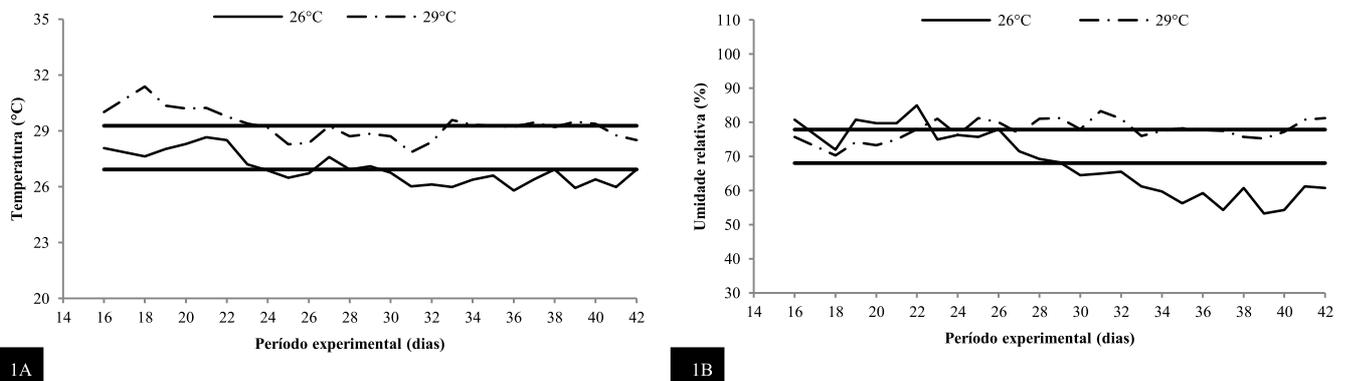


Figura 1. Médias diárias de temperatura (1A) e umidade relativa do ar (1B) observadas nos ambientes climatizado ( $26^\circ\text{C}$ ) e sem climatização ( $29^\circ\text{C}$ ) ao longo do período experimental.

#### 3.1 MODELAGEM DO CRESCIMENTO DO CORPO DEPENADO

Observou-se que as concentrações dos componentes químicos (água, A; proteína, P; lipídios, LP e cinzas, CZ) no corpo depenado (CD) das fêmeas mantidas no AC ou ASC foram semelhantes e cresceram de maneira proporcional ao longo da idade. Por outro lado nos machos, a partir dos 28 dias de idade maiores concentrações de LP puderam ser observadas nos animais mantidos no ASC, enquanto maiores concentrações de A foram observadas nos animais mantidos no AC. As concentrações de P cresceram de maneira semelhante entre os ambientes de criação, entretanto, aos 35 dias de idade os machos do AC apresentaram maior proporção de P. As concentrações de CZ foram semelhantes e cresceram proporcionalmente ao longo da idade independente do ambiente (Tabela 2 e Figura 2).

Tabela 2. Médias  $\pm$  EP de peso vivo em jejum (PVJ), corpo depenado (CD) e das concentrações (%)<sup>1</sup>, dos componentes químicos presentes no corpo depenado de machos (M) e fêmeas (F) de codornas de corte.

Idade (dias)	PVJ (g)		CD (g)		A (%)		P (%)		LP (%)		CZ (%)	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Climatizado (AC; 26,6°C)												
0	9,12 $\pm$ 0,34	9,40 $\pm$ 0,26	8,73 $\pm$ 0,33	8,93 $\pm$ 0,25	78,77 $\pm$ 0,26	79,08 $\pm$ 0,23	14,85 $\pm$ 0,10	15,08 $\pm$ 0,17	4,19 $\pm$ 0,19	3,72 $\pm$ 0,07	2,19 $\pm$ 0,02	2,12 $\pm$ 0,03
7	26,83 $\pm$ 0,69	26,61 $\pm$ 0,42	25,21 $\pm$ 0,65	25,13 $\pm$ 0,41	76,89 $\pm$ 0,47	77,31 $\pm$ 0,20	17,26 $\pm$ 0,06	17,34 $\pm$ 0,10	3,39 $\pm$ 0,42	2,75 $\pm$ 0,15	2,46 $\pm$ 0,01	2,60 $\pm$ 0,09
14	62,70 $\pm$ 2,08	66,64 $\pm$ 1,10	57,48 $\pm$ 2,10	60,32 $\pm$ 0,99	73,26 $\pm$ 0,55	75,05 $\pm$ 0,29	18,26 $\pm$ 0,26	18,54 $\pm$ 0,16	5,43 $\pm$ 0,61	3,89 $\pm$ 0,32	3,05 $\pm$ 0,31	2,52 $\pm$ 0,07
21	133,07 $\pm$ 5,17	130,38 $\pm$ 2,35	118,95 $\pm$ 4,45	117,22 $\pm$ 1,89	71,09 $\pm$ 0,18	72,25 $\pm$ 0,58	19,14 $\pm$ 0,21	19,06 $\pm$ 0,10	6,30 $\pm$ 0,24	4,83 $\pm$ 0,59	3,47 $\pm$ 0,27	3,86 $\pm$ 0,13
28	140,85 $\pm$ 6,71	161,30 $\pm$ 7,83	128,12 $\pm$ 6,53	146,82 $\pm$ 7,94	70,38 $\pm$ 0,55	67,10 $\pm$ 0,47	20,02 $\pm$ 0,28	19,99 $\pm$ 0,37	5,92 $\pm$ 0,66	9,37 $\pm$ 0,88	3,68 $\pm$ 0,15	3,54 $\pm$ 0,11
35	172,47 $\pm$ 7,53	224,97 $\pm$ 11,87	161,93 $\pm$ 7,37	212,88 $\pm$ 11,45	68,49 $\pm$ 0,87	64,64 $\pm$ 0,71	20,49 $\pm$ 0,26	19,30 $\pm$ 0,31	7,72 $\pm$ 0,98	12,59 $\pm$ 1,01	3,30 $\pm$ 0,22	3,47 $\pm$ 0,13
42	201,48 $\pm$ 21,56	248,86 $\pm$ 12,97	191,22 $\pm$ 20,85	236,66 $\pm$ 12,88	68,52 $\pm$ 2,25	63,67 $\pm$ 0,42	19,44 $\pm$ 0,63	18,41 $\pm$ 0,23	8,64 $\pm$ 2,66	14,82 $\pm$ 0,67	3,40 $\pm$ 0,28	3,10 $\pm$ 0,18
Sem Climatização (ASC; 29,3°C)												
0	9,12 $\pm$ 0,34	9,40 $\pm$ 0,26	8,73 $\pm$ 0,33	8,93 $\pm$ 0,25	78,77 $\pm$ 0,26	79,08 $\pm$ 0,23	14,85 $\pm$ 0,10	15,08 $\pm$ 0,17	4,19 $\pm$ 0,19	3,72 $\pm$ 0,07	2,19 $\pm$ 0,02	2,12 $\pm$ 0,03
7	26,83 $\pm$ 0,69	26,61 $\pm$ 0,42	25,21 $\pm$ 0,65	25,13 $\pm$ 0,41	76,89 $\pm$ 0,47	77,31 $\pm$ 0,20	17,26 $\pm$ 0,06	17,34 $\pm$ 0,10	3,39 $\pm$ 0,42	2,75 $\pm$ 0,15	2,46 $\pm$ 0,01	2,60 $\pm$ 0,09
14	62,70 $\pm$ 2,08	66,64 $\pm$ 1,10	57,48 $\pm$ 2,10	60,32 $\pm$ 0,99	73,26 $\pm$ 0,55	75,05 $\pm$ 0,29	18,26 $\pm$ 0,26	18,54 $\pm$ 0,16	5,43 $\pm$ 0,61	3,89 $\pm$ 0,32	3,05 $\pm$ 0,31	2,52 $\pm$ 0,07
21	130,83 $\pm$ 3,11	131,87 $\pm$ 6,95	118,83 $\pm$ 2,97	119,35 $\pm$ 6,24	71,69 $\pm$ 0,47	71,69 $\pm$ 0,38	18,94 $\pm$ 0,38	19,44 $\pm$ 0,19	5,77 $\pm$ 0,49	5,22 $\pm$ 0,35	3,60 $\pm$ 0,11	3,65 $\pm$ 0,06
28	160,37 $\pm$ 4,02	156,97 $\pm$ 18,80	147,70 $\pm$ 4,04	145,40 $\pm$ 19,35	67,67 $\pm$ 0,49	69,49 $\pm$ 0,75	19,56 $\pm$ 0,33	19,84 $\pm$ 0,40	9,45 $\pm$ 0,56	7,27 $\pm$ 1,11	3,32 $\pm$ 0,15	3,40 $\pm$ 0,17
35	197,10 $\pm$ 7,93	210,33 $\pm$ 6,85	185,87 $\pm$ 7,44	197,82 $\pm$ 6,68	65,38 $\pm$ 1,07	64,81 $\pm$ 0,67	18,78 $\pm$ 0,36	18,59 $\pm$ 0,14	12,68 $\pm$ 1,30	13,15 $\pm$ 0,70	3,16 $\pm$ 0,17	3,45 $\pm$ 0,10
42	229,72 $\pm$ 6,42	252,20 $\pm$ 6,47	218,65 $\pm$ 6,25	240,43 $\pm$ 6,78	61,89 $\pm$ 0,31	63,65 $\pm$ 1,27	18,50 $\pm$ 0,12	18,73 $\pm$ 0,15	16,20 $\pm$ 0,41	14,20 $\pm$ 1,23	3,41 $\pm$ 0,14	3,42 $\pm$ 0,14

<sup>1</sup>Com base na matéria natural.

A = água; P = proteína; LP = lipídios; CZ = cinzas.

AC = ambiente climatizado; ASC = ambiente sem climatização.

EP = erro padrão.

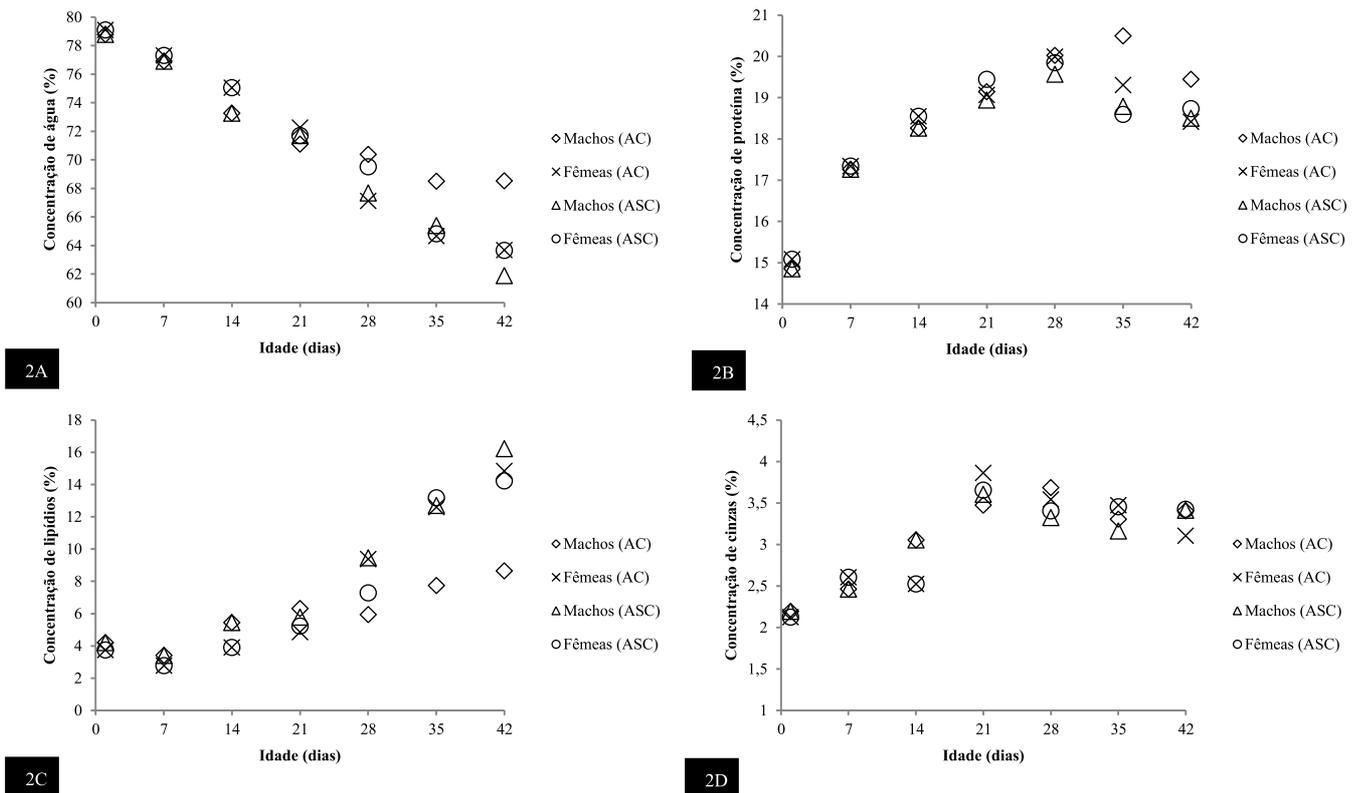


Figura 2. Concentrações de água (2A), proteína (2B), lipídios (2C) e cinzas (2D) do corpo depenado de codornas de corte machos dos ambientes climatizado (◇) e sem climatização (△) e das fêmeas dos ambientes climatizado (×) e sem climatização (○).

A alteração no padrão de crescimento da concentração de LP entre os diferentes ambientes, verificada nas aves do sexo masculino, reforça a hipótese de que a temperatura ambiente pode alterar o padrão de crescimento corporal das aves.

Aos dados semanais de pesos da P (g), obtidos pelo produto do peso do corpo depenado (g) pela concentração (%) de proteína no corpo, foram ajustadas curvas de crescimento de Gompertz (1825) individuais para codornas machos e fêmeas nos diferentes ambientes. Pelo fato do padrão de crescimento de codornas machos e fêmeas ser diferenciado e, ao contrário de outras espécies de aves de produção, as fêmeas apresentarem crescimento superior em relação aos machos, não foram realizadas comparações entre os sexos, sendo realizadas apenas comparações entre os ambientes dentro de cada sexo.

Aplicando o teste de igualdade de parâmetros e identidade de modelos não lineares (REGAZZI, 2003) para verificar o efeito do ambiente sobre o crescimento da P (g) foi observado que, para os machos, o modelo  $\omega_2$ , com uma restrição imposta na taxa de maturidade (B; por dia), não diferiu ( $p > 0,05$ ) do modelo  $\Omega$  correspondente aos parâmetros estimados para as curvas ajustadas individualmente em cada ambiente (Tabela 3). Com base

nisso, para a descrição do crescimento da P corporal dos machos mantidos no ASC deve ser utilizada a equação  $P_t = 47,58 \cdot \exp(-\exp(\ln(-\ln(1,24/47,58)) - (0,073 \cdot t)))$ , enquanto para os machos mantidos no AC a equação apropriada é  $P_t = 42,17 \cdot \exp(-\exp(\ln(-\ln(1,24/42,17)) - (0,073 \cdot t)))$  (Figura 3A).

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz  $\pm$  EP para o crescimento do conteúdo (g) de proteína do CD de machos de codornas de corte.

Ambiente	Parâmetros	Modelos			
		$\Omega$	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$
Climatizado	Pi	-	-	-	-
	Pm	40,64 $\pm$ 1,89	-	42,17 $\pm$ 1,43	-
	B	0,077 $\pm$ 0,004	0,068 $\pm$ 0,002	-	-
Sem climatização	Pi	-	-	-	-
	Pm	48,74 $\pm$ 2,00	-	47,58 $\pm$ 1,55	-
	B	0,071 $\pm$ 0,003	0,076 $\pm$ 0,003	-	-
Ambos	Pi	1,24 $\pm$ 0,04	1,24 $\pm$ 0,04	1,24 $\pm$ 0,04	1,24 $\pm$ 0,04
	Pm	-	45,78 $\pm$ 1,49	-	45,12 $\pm$ 1,59
	B	-	-	0,073 $\pm$ 0,002	0,073 $\pm$ 0,003
SQR		384,3	420,2	389,3	495,2
p-value		-	0,0036	0,2678	<0,0001

$\Omega$  = modelo completo;  $\omega_{i(1,2 \text{ ou } 3)}$  = modelo com restrição paramétrica.

Pi = peso da proteína ao nascimento; Pm = peso da proteína à maturidade; B = taxa de maturidade.

SQR = Soma de Quadrados do Resíduo; n = 95.

Não houve efeito ( $p > 0,05$ ) da temperatura ambiente sobre o comportamento da curva de crescimento da P corporal das fêmeas, sendo verificado que todos os modelos com restrições paramétricas ( $\omega_1$  a  $\omega_3$ ) apresentaram resultados semelhantes ao modelo  $\Omega$ . Seguindo o princípio da parcimônia, o modelo  $\omega_3$ , por apresentar o menor número de parâmetros, foi considerado o mais apropriado, deste modo, a equação  $P_t = 59,24 \cdot \exp(-\exp(\ln(-\ln(1,35/59,24)) - (0,061 \cdot t)))$  é adequada para descrever o crescimento deste componente nas fêmeas independente do ambiente de criação (Tabela 4 e Figura 3B).

Gous et al. (1999) descreveram o crescimento do conteúdo de proteína corporal de machos e fêmeas de duas linhagens de frangos de corte. Os autores estimaram valores médios para crescimento relativo no ponto de inflexão (B) iguais a 0,036 por dia para machos e fêmeas. Em ambos os casos as codornas apresentaram valores de B superiores. O crescimento relativo no ponto de inflexão dos machos (0,073) foi em média 2,06 vezes superior ao dos frangos machos, enquanto as fêmeas de codornas apresentaram valor de B (0,061) 1,65 vezes superior ao das fêmeas de frangos de corte.

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz  $\pm$  EP para o crescimento do conteúdo (g) de proteína do CD de fêmeas de codornas de corte.

Ambiente	Parâmetros	Modelos			
		$\Omega$	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$
Climatizado	Pi	-	-	-	-
	Pm	60,13 $\pm$ 2,45	-	60,01 $\pm$ 1,88	-
	B	0,061 $\pm$ 0,002	0,062 $\pm$ 0,002	-	-
Sem climatização	Pi	-	-	-	-
	Pm	57,95 $\pm$ 2,62	-	58,10 $\pm$ 1,91	-
	B	0,061 $\pm$ 0,002	0,060 $\pm$ 0,002	-	-
Ambos	Pi	1,35 $\pm$ 0,04	1,35 $\pm$ 0,04	1,35 $\pm$ 0,04	1,35 $\pm$ 0,04
	Pm	-	59,21 $\pm$ 1,79	-	59,24 $\pm$ 1,80
	B	-	-	0,061 $\pm$ 0,002	0,061 $\pm$ 0,002
SQR		703,8	705,7	703,9	714,9
p-value		-	0,5276	0,8847	0,3141

$\Omega$  = modelo completo;  $\omega_i$  (1, 2 ou 3) = modelo com restrição paramétrica.

Pi = peso da proteína ao nascimento; Pm = peso da proteína à maturidade; B = taxa de maturidade.

SQR = Soma de Quadrados do Resíduo; n = 148.

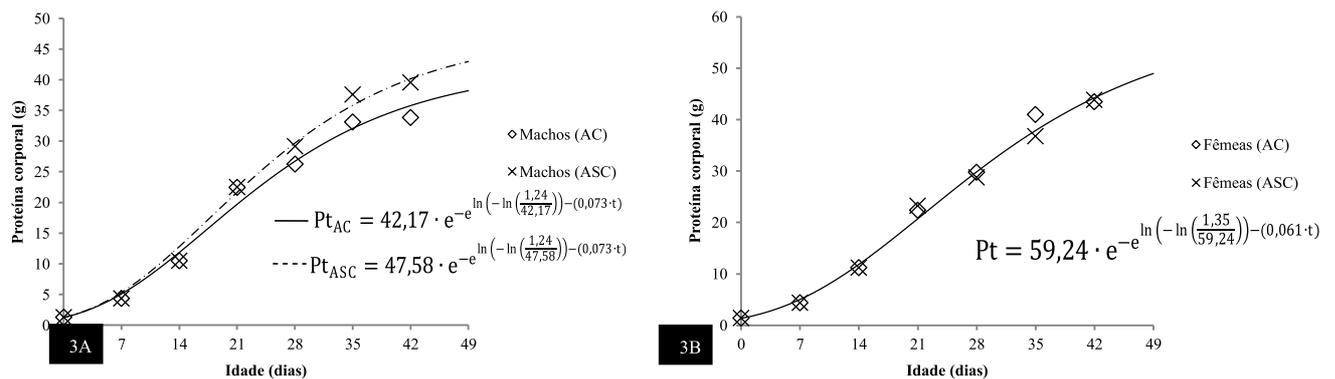


Figura 3. Crescimento do conteúdo de proteína corporal de machos (3A) dos ambientes climatizado (AC) e sem climatização (ASC) e de fêmeas (3B) de codornas de corte.

A fim de estimar a idade de máximo crescimento ( $t^*$ ) do conteúdo de P do CD das aves, foi utilizada a equação  $t^* = \ln(-\ln(Pi/Pm))/B$ , conforme sugerido por Martin, Bradford e Gous (1994). Os valores de  $t^*$  foram semelhantes entre os machos dos diferentes ambientes. Os machos do AC atingiram a  $t^*$  aos 17,27 dias, enquanto os machos do ASC apresentaram  $t^*$  aos 17,73 dias. As fêmeas, por outro lado, foram em média 4,3 dias mais tardias do que os machos para atingirem a  $t^*$  (21,80 dias de idade).

Para descrever a relação entre o logaritmo natural ( $\ln$ ) dos componentes químicos A, LP ou CZ ( $\ln C$ ) e o  $\ln P$  foram estimadas equações de regressão linear para machos e fêmeas nos diferentes ambientes tendo sido considerado  $\ln P$  como variável independente. As

constantes (*a*) e os coeficientes alométricos (*b*) das equações obtidas para os diferentes ambientes dentro de cada sexo foram comparados por teste de paralelismo e coincidência (KAPS; LAMBERSON, 2004).

Observou-se que *a* e *b* obtidos para os diferentes ambientes não diferiram ( $p > 0,05$ ) para A e CZ dos machos, indicando que apenas uma equação é suficiente para descrever a relação de lnA ( $\ln A = 1,697 + 0,870 \cdot \ln P$ ;  $r^2 = 0,999$ ) ou lnCZ ( $\ln CZ = -1,947 + 1,057 \cdot \ln P$ ;  $r^2 = 0,994$ ) com lnP. O crescimento dos LP no corpo dos machos, por outro lado, foi modificado pela temperatura do ambiente de criação ( $p < 0,05$ ), sendo necessárias equações específicas para descrever a relação entre lnLP e lnP do corpo dos machos do ASC ( $\ln LP = -1,500 + 1,223 \cdot \ln P$ ;  $r^2 = 0,953$ ) e do AC ( $\ln LP = -1,401 + 1,080 \cdot \ln P$ ;  $r^2 = 0,962$ ). Para as fêmeas não foi verificado efeito ( $p > 0,05$ ) da temperatura ambiente sobre a relação alométrica de nenhum dos componentes químicos com a proteína, deste modo as equações que descrevem as relações de lnA ( $\ln A = 1,689 + 0,876 \cdot \ln P$ ;  $r^2 = 0,998$ ), lnLP ( $\ln LP = -1,930 + 1,271 \cdot \ln P$ ;  $r^2 = 0,906$ ) e lnCZ ( $\ln CZ = -2,024 + 1,066 \cdot \ln P$ ;  $r^2 = 0,987$ ) com lnP são adequadas independente do ambiente de criação (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros que descrevem a relação alométrica entre logaritmo natural do peso do componente (lnC; g) e o logaritmo natural do peso da proteína (lnP; g) do corpo depenado de machos e fêmeas de codornas de corte.

Item	Ambiente	Constante (a)		Coeficiente alométrico (b)		$r^2$
		Média	EP	Média	EP	
Machos						
Água		1,697	0,007	0,870	0,003	0,999
Lipídios <sup>1</sup>	Climatizado	-1,401	0,084	1,080	0,036	0,962
	Sem climatização	-1,500	0,083	1,223	0,036	0,953
Cinzas		-1,947	0,019	1,057	0,008	0,994
Fêmeas						
Água		1,689	0,006	0,876	0,003	0,998
Lipídios		-1,930	0,081	1,271	0,034	0,906
Cinzas		-2,024	0,024	1,066	0,010	0,987

<sup>1</sup>Constante (a) e Coeficiente alométrico (b) diferiram entre ambientes ( $p < 0,05$ ).

EP = Erro padrão.  $r^2$  = coeficiente de determinação.

Os coeficientes alométricos (*b*) para o crescimento dos conteúdos de água, lipídios e cinzas do corpo de codornas de corte são semelhantes aos valores apresentados na literatura para frangos de corte e galinhas de postura. Para o crescimento dos lipídios corporais de galinhas poedeiras, Silva et al. (2016) verificaram valor de *b* igual a 1,282, semelhante ao observado por Gous et al. (1999) para fêmeas de frangos de corte (1,232), e aos observados

para codornas machos do ASC (1,223) e para as fêmeas (1,271). Para machos de frangos de corte, Gous et al. (1999) estimaram valor médio de  $b$  igual a 1,171, valor semelhante ao obtido para os machos do AC (1,080).

Para verificar a proporcionalidade do crescimento dos conteúdos de A, LP e CZ em relação à P foi aplicado o teste  $t$  de Student. Verificou-se que tanto para machos quanto para fêmeas o conteúdo de A apresentou crescimento alométrico negativo ( $b < 1$ ), indicando crescimento precoce, enquanto os conteúdos de CZ e de LP apresentaram crescimento alométrico positivo ( $b > 1$ ), indicando que estes componentes atingem a maturidade mais tardiamente em relação ao crescimento da P.

Diferente do verificado no presente estudo, Hancock et al. (1995) observaram que o coeficiente alométrico estimado para o crescimento relativo das cinzas em relação à proteína corporal de frangos de corte foi igual a uma unidade. Segundo os mesmos autores, durante o período de crescimento o conteúdo de cinzas apresentou uma relação fixa com a proteína, correspondendo a uma proporção média de 0,21. Para codornas de corte, por outro lado, a relação entre cinzas e proteína foi em média 0,16 do nascimento aos 42 dias de idade, sugerindo maior proporção de músculos na carcaça de codornas de corte quando comparadas aos frangos.

As aves utilizadas no presente estudo apresentaram início da postura por volta dos 37 dias de idade, desse modo, a idade de 42 dias foi considerada como a idade em que as aves atingiram a maturidade sexual. Com base nisso, para os cálculos da relação ( $z$ ) entre o componente químico à maturidade ( $C_m$ ) e a proteína à maturidade ( $P_m$ ) ( $z = C_m/P_m$ ), foram utilizados os valores médios observados aos 42 dias de idade para A, LP, CZ e P.

Uma vez que foi detectada diferença apenas no crescimento dos LP corporais dos machos, apenas neste caso os valores de  $z$  foram diferentes. Para os demais componentes os valores de  $z$  foram considerados iguais entre os ambientes de criação. Da mesma forma nas fêmeas, como não foi verificada diferença no crescimento relativo de nenhum dos componentes químicos em relação à proteína, os valores de  $z$  foram considerados iguais entre os ambientes de criação (Tabela 6).

Tabela 6. Parâmetros alométricos ajustados para crescimento do corpo livre de penas de machos e fêmeas de codornas de corte.

Item	Ambiente	Parâmetros		
		$z^1$	$b^2$	$c^3$
Machos				
Água		3,401	0,870	-0,130
Cinzas		0,181	1,057	0,057
Lipídios	Climatizado	0,476	1,080	0,080
	Sem Climatização	0,877	1,223	0,223
Fêmeas				
Água		3,435	0,876	-0,124
Cinzas		0,174	1,066	0,066
Lipídios		0,793	1,271	0,271

<sup>1</sup>Índice obtido pela relação entre o componente à maturidade (Cm) e proteína corporal à maturidade (Pm).

<sup>2</sup>Coefficiente alométrico.

<sup>3</sup>Coefficiente alométrico em relação a  $\ln(u)$ , sendo  $u=Pt/Pm$  ( $c=b-1$ ).

As taxas de crescimento (g/dia) dos componentes A, LP e CZ foram obtidas como uma proporção da taxa de crescimento da P utilizando os parâmetros apresentados na Tabela 6. Como exemplo, a taxa de crescimento da P do CD das fêmeas aos 21 dias deve ser estimado pela equação:  $P_{21} = 20,723 \cdot 0,061 \cdot \ln(59,24/20,723)$ , que resultará em 1,328g de P depositada no 21º dia de vida. O crescimento do conteúdo de A do CD das fêmeas aos 21 dias de idade, predito como uma proporção da taxa de crescimento da P pode ser estimado utilizando a equação 9, em que:  $A = 3,435 \cdot 0,876 \cdot (20,723/59,24)^{-0,124} \cdot 1,328$ . Deste modo, o valor obtido será 4,551g de A depositada no CD das fêmeas nesta idade (Tabela 7).

As taxas de crescimento dos quatro componentes químicos corporais (A, P, LP e CZ) verificadas foram sempre inferiores nos machos do AC em relação aos machos do ASC. Maior efeito da temperatura do ambiente de criação foi verificado sobre o crescimento do conteúdo de lipídios. Maior diferença pode ser observada aos 21 dias de idade (Figura 4), quando os machos do ASC depositaram em média 0,591g de lipídios a mais no corpo do que os machos do AC. Por outro lado, o padrão de crescimento dos componentes químicos corporais das fêmeas não foi alterado pela temperatura ambiente.

A deposição de gordura é parte integrante do crescimento das aves produtoras de carne sendo um aspecto importante da qualidade do produto final (WISEMAN; LEWIS, 1998), entretanto, quando mantidas em ambientes com elevada temperatura o problema é reduzir a produção de calor, e, para este propósito, um mecanismo utilizado pelas aves é o aumento na deposição de gordura corporal (GOUS; MORRIS, 2005), como foi verificado

estudo com frangos de corte (GERAERT; PADILHA; GUILLAUMIN, 1996; FARIA FILHO et al., 2006). Segundo Geraert, Padilha e Guillaumin (1996), maior deposição de lipídios representa uma redução da taxa metabólica das aves mantidas sobre estresse por calor.

Tabela 7. Taxas de crescimento (g/dia) estimadas para os principais componentes químicos do corpo depenado de machos e fêmeas de codornas de corte.

Idade (dias)	Machos		Fêmeas
	Climatizado	Sem climatização	
	Proteína (P; g/dia) <sup>1</sup>		
0	0,319	0,330	0,311
7	0,785	0,852	0,756
14	1,098	1,227	1,163
21	1,095	1,244	1,328
28	0,890	1,023	1,248
35	0,641	0,741	1,033
42	0,429	0,498	0,787
	Água (A; g/dia) <sup>2</sup>		
0	1,494	1,570	1,498
7	3,059	3,351	3,090
14	3,832	4,306	4,273
21	3,576	4,079	4,551
28	2,796	3,219	4,088
35	1,966	2,276	3,286
42	1,298	1,507	2,457
	Lipídios (LP; g/dia) <sup>2</sup>		
0	0,124	0,157	0,113
7	0,341	0,561	0,391
14	0,510	0,982	0,758
21	0,529	1,120	1,007
28	0,441	0,988	1,045
35	0,323	0,746	0,923
42	0,218	0,514	0,733
	Cinzas (CZ; g/dia) <sup>2</sup>		
0	0,050	0,051	0,045
7	0,133	0,144	0,119
14	0,195	0,218	0,194
21	0,201	0,228	0,230
28	0,166	0,191	0,221
35	0,121	0,140	0,186
42	0,081	0,094	0,143

<sup>1</sup>Valores estimados pela derivada primeira da curva de Gompertz ( $dP/dt = Pt \cdot B \cdot \ln(1/u)$ );  $u = Pt/Pm$ .

<sup>2</sup>Valores estimados como uma proporção da P (g/dia) utilizando os parâmetros z, b e c da tabela 7.

De acordo com El-Tarabany (2016), quando as aves são mantidas sob condições de estresse por calor, ocorre a liberação dos hormônios corticosterona e catecolamina. A

catecolamina provoca a rápida liberação de glicose no sangue (KHAN, 2011), enquanto, a corticosterona, além de aumentar a concentração de glicose, reduz a concentração de proteína no sangue (EL-TARABANY, 2016). O excesso de glicose é absorvido pelo fígado e armazenado como reserva energética na forma de glicogênio ou gordura (LANA et al., 2000), o que pode explicar a maior deposição de lipídios no corpo dos machos do ASC. As fêmeas, como naturalmente são mais propensas à deposição de LP, a variação de temperatura observada entre os ambientes não foi suficiente para provocar modificação no crescimento deste componente.

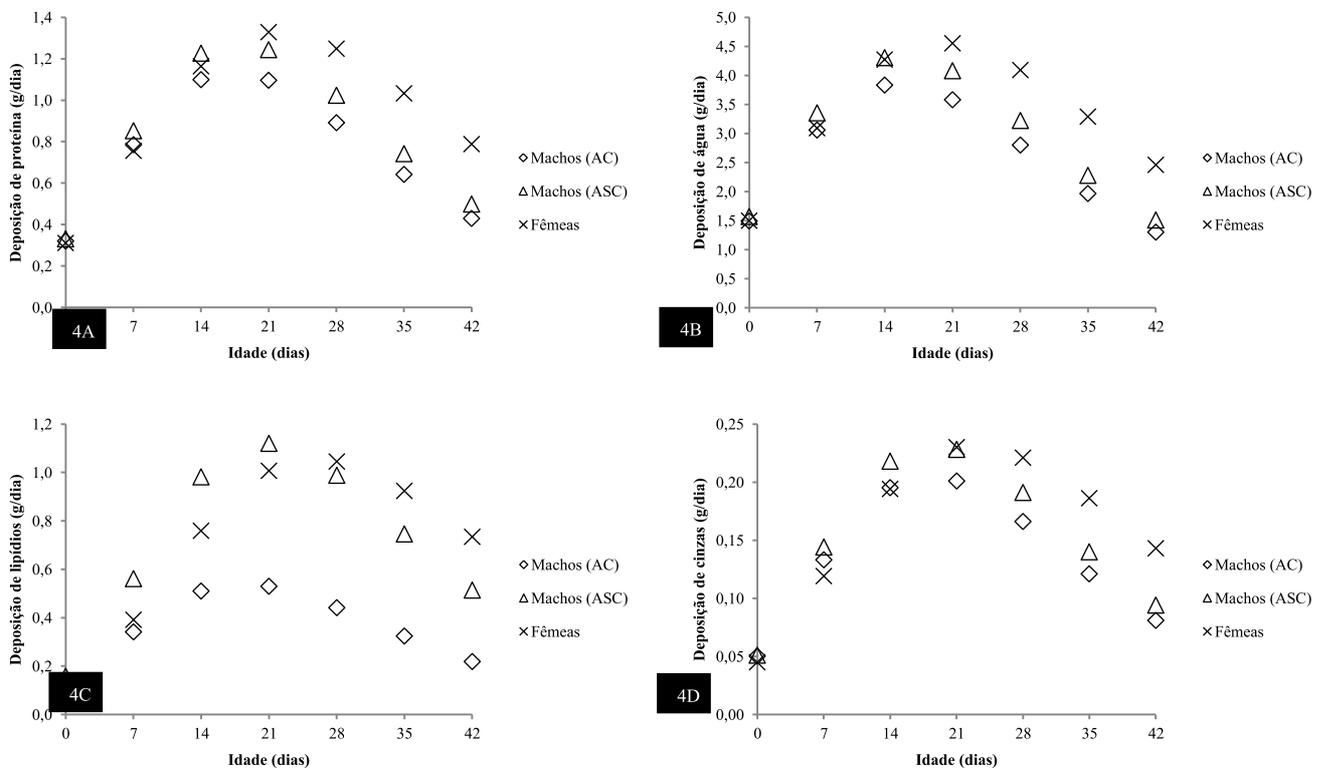


Figura 4. Taxas de crescimento (g/dia) dos conteúdos de proteína (4A), água (4B), lipídios (4C) e cinzas (4D) corporais de machos dos ambientes climatizado (◇) e sem climatização (△) e de fêmeas (×) de codornas de corte.

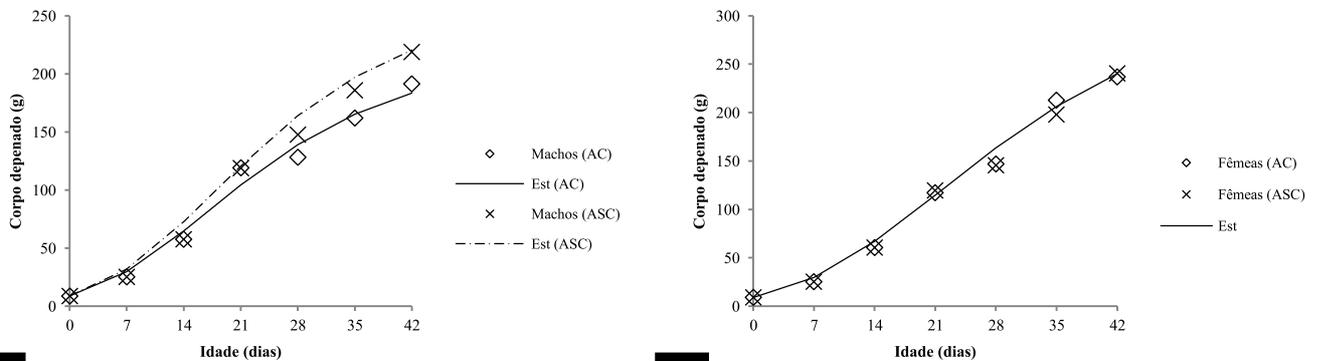
Para a predição dos pesos (g) semanais do CD de machos e fêmeas de codornas de corte mantidas em diferentes temperaturas ambientais foram somadas as taxas de crescimento (g/dia) do CD estimadas em cada dia de idade (Tabela 8). Os valores estimados para os pesos do CD das fêmeas foram iguais entre os ambientes de criação, uma vez que os padrões de crescimento dos quatro componentes químicos não foram alterados pela temperatura do

ambiente de criação. Os pesos do CD dos machos, por outro lado, foram diferentes, pois a temperatura afetou o padrão de crescimento da P e dos LP.

Tabela 8. Valores observados (O) e estimados (E) para o peso do corpo depenado de machos e fêmeas de codornas de corte.

Idade (dias)	Machos		Fêmeas	
	O (g)	E (g)	O (g)	E (g)
Climatizado (AC; 26,63°C)				
0	8,73	8,73	8,93	8,93
7	25,21	29,73	25,13	29,66
14	57,48	64,83	60,32	66,83
21	118,95	104,33	117,22	114,54
28	128,12	139,06	146,82	163,37
35	161,93	165,33	212,88	206,27
42	191,22	183,44	236,66	240,31
Sem Climatização (ASC; 29,27°C)				
0	8,73	8,73	8,93	8,93
7	25,21	31,83	25,13	29,66
14	57,48	72,70	60,32	66,83
21	118,83	120,62	119,35	114,54
28	147,70	163,94	145,40	163,37
35	185,87	197,29	197,82	206,27
42	218,65	220,56	240,43	240,31

Os valores preditos foram confrontados com os valores observados sendo possível verificar a semelhança entre os valores observados para os pesos do CD com os valores estimados pelo modelo em cada dia de avaliação para machos e fêmeas dos diferentes ambientes de criação (Figura 5).



5A

5B

Figura 5. Valores observados e estimados para o peso do corpo depenado de machos (5A) e de fêmeas (5B) de codornas de corte em diferentes ambientes térmicos.

### 3.2 MODELAGEM DO CRESCIMENTO DAS PENAS

As concentrações de A, P, LP e CZ apresentaram pequena variação durante o período de avaliação, permanecendo semelhantes entre os ambientes de criação tanto para machos quanto para fêmeas (Tabela 9 e Figura 6).

Tabela 9. Médias  $\pm$  EP de peso das penas e das concentrações (%)<sup>1</sup> dos seus componentes químicos para machos (M) e fêmeas (F) de codornas de corte.

Idade (dias)	Penas (g)				A (%)				P (%)				LP (%)				CZ (%)			
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F		
Climatizado (AC; 26,63°C)																				
0	0,39 $\pm$ 0,02	0,47 $\pm$ 0,02	10,14 $\pm$ 0,01	10,14 $\pm$ 0,01	87,29 $\pm$ 0,01	87,29 $\pm$ 0,01	0,06 $\pm$ 0,01	2,52 $\pm$ 0,01												
7	1,61 $\pm$ 0,19	1,48 $\pm$ 0,07	10,88 $\pm$ 0,01	11,22 $\pm$ 0,02	83,86 $\pm$ 0,01	82,75 $\pm$ 0,07	2,89 $\pm$ 0,01	2,37 $\pm$ 0,01												
14	5,22 $\pm$ 0,37	6,31 $\pm$ 0,25	9,81 $\pm$ 0,01	9,10 $\pm$ 0,04	80,55 $\pm$ 0,01	81,58 $\pm$ 0,40	7,83 $\pm$ 0,01	1,81 $\pm$ 0,01												
21	14,12 $\pm$ 0,78	13,17 $\pm$ 0,87	8,82 $\pm$ 0,22	8,89 $\pm$ 0,18	82,79 $\pm$ 0,61	82,77 $\pm$ 0,44	7,08 $\pm$ 0,79	1,31 $\pm$ 0,08												
28	12,73 $\pm$ 0,64	14,48 $\pm$ 0,48	9,10 $\pm$ 0,34	9,03 $\pm$ 0,59	81,13 $\pm$ 1,40	83,39 $\pm$ 0,97	8,58 $\pm$ 1,06	1,19 $\pm$ 0,18												
35	10,53 $\pm$ 0,33	12,08 $\pm$ 0,46	8,08 $\pm$ 0,09	8,13 $\pm$ 0,26	85,19 $\pm$ 0,60	84,45 $\pm$ 0,75	5,56 $\pm$ 0,56	1,17 $\pm$ 0,11												
42	10,26 $\pm$ 0,77	12,20 $\pm$ 0,45	8,23 $\pm$ 0,14	8,62 $\pm$ 0,20	81,85 $\pm$ 2,04	84,04 $\pm$ 0,44	8,33 $\pm$ 1,96	1,59 $\pm$ 0,24												
Sem Climatização (ASC; 29,27°C)																				
0	0,39 $\pm$ 0,02	0,47 $\pm$ 0,02	10,14 $\pm$ 0,01	10,14 $\pm$ 0,01	87,29 $\pm$ 0,01	87,29 $\pm$ 0,01	0,06 $\pm$ 0,01	2,52 $\pm$ 0,01												
7	1,61 $\pm$ 0,19	1,48 $\pm$ 0,07	10,88 $\pm$ 0,01	11,22 $\pm$ 0,02	83,86 $\pm$ 0,01	82,75 $\pm$ 0,07	2,89 $\pm$ 0,01	2,37 $\pm$ 0,01												
14	5,22 $\pm$ 0,37	6,31 $\pm$ 0,25	9,81 $\pm$ 0,01	9,10 $\pm$ 0,04	80,55 $\pm$ 0,01	81,58 $\pm$ 0,40	7,83 $\pm$ 0,01	1,81 $\pm$ 0,01												
21	12,00 $\pm$ 0,30	12,52 $\pm$ 0,89	8,63 $\pm$ 0,27	8,57 $\pm$ 0,21	81,34 $\pm$ 0,53	82,14 $\pm$ 0,55	8,81 $\pm$ 0,33	1,22 $\pm$ 0,10												
28	12,67 $\pm$ 0,27	11,57 $\pm$ 0,55	9,79 $\pm$ 0,40	8,64 $\pm$ 0,37	83,24 $\pm$ 0,44	82,55 $\pm$ 1,93	5,51 $\pm$ 0,52	1,46 $\pm$ 0,04												
35	11,23 $\pm$ 0,69	12,52 $\pm$ 0,59	8,05 $\pm$ 0,36	7,79 $\pm$ 0,30	85,51 $\pm$ 0,46	85,19 $\pm$ 0,44	5,06 $\pm$ 0,86	1,38 $\pm$ 0,12												
42	11,07 $\pm$ 0,52	11,77 $\pm$ 0,69	8,30 $\pm$ 0,23	8,98 $\pm$ 0,12	81,88 $\pm$ 0,68	79,93 $\pm$ 0,55	8,41 $\pm$ 0,77	1,41 $\pm$ 0,07												

<sup>1</sup>Com base na matéria natural.

A = água; P = proteína; LP = lipídios; CZ = cinzas.

AC = ambiente climatizado; ASC = ambiente sem climatização.

EP = erro padrão.

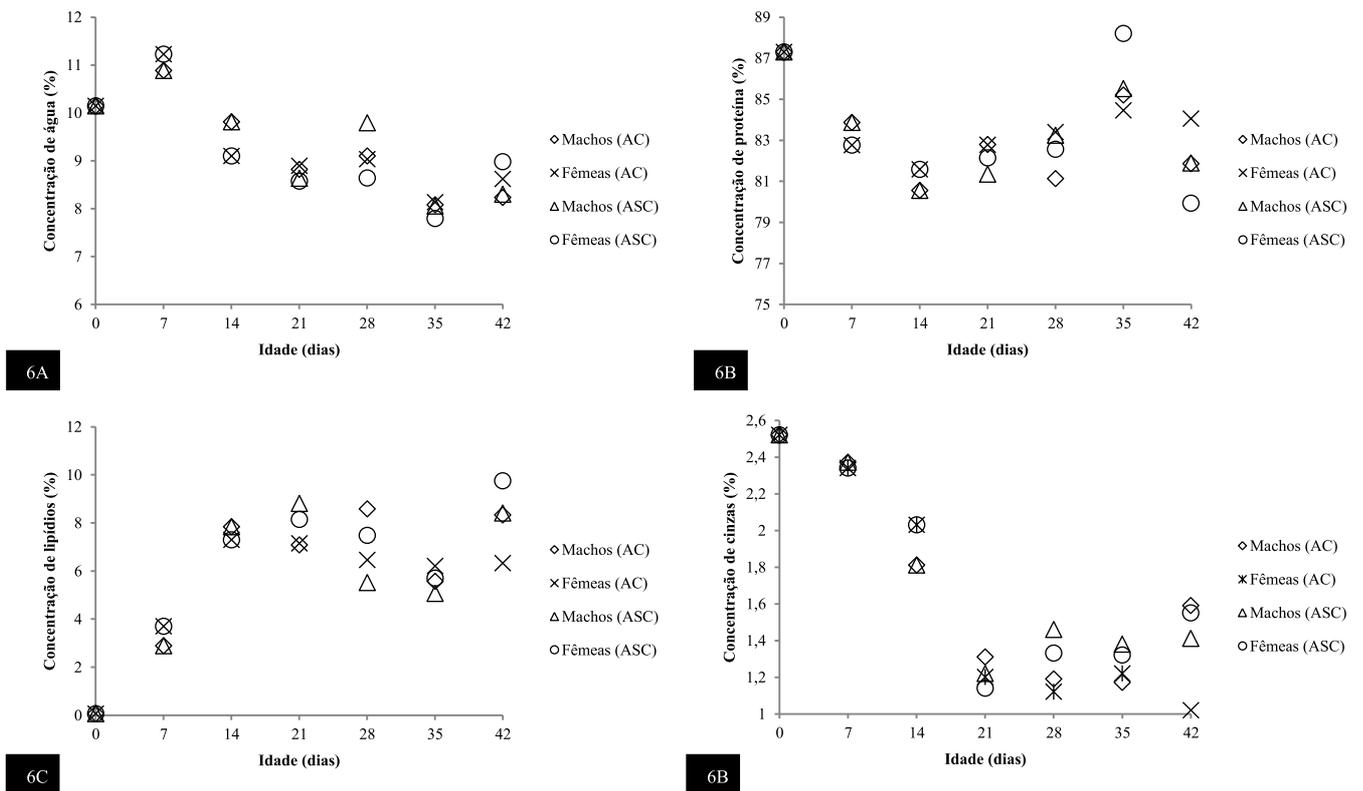


Figura 6. Concentrações de água (6A), proteína (6B), lipídios (6C) e cinzas (6D) das penas de codornas de corte machos dos ambientes climatizado (◇) e sem climatização (△) e das fêmeas dos ambientes climatizado (×) e sem climatização (○).

Aos dados de pesos (g) da P das penas, obtidos pelo produto da concentração (%) deste componente pelo peso (g) das penas, foram ajustadas curvas de crescimento individuais para machos e fêmeas dos diferentes ambientes.

Pelo teste de igualdade de parâmetros e identidade de modelos não lineares (REGAZZI, 2003) para verificar o efeito da temperatura ambiente sobre o comportamento da curva de crescimento de P, observou-se que todos os modelos com restrições paramétricas apresentaram resultados semelhantes ao modelo  $\Omega$  ( $p > 0,05$ ) tanto para machos quanto para fêmeas. Portanto, os modelos  $\omega_3$  foram considerados os mais apropriados por apresentarem menor número de parâmetros. Deste modo, para descrever o crescimento da P das penas deve-se utilizar a equação  $P_t = 10,16 \cdot \exp(-\exp(\ln(-\ln(0,34/10,16)) - (0,126 \cdot t)))$  para os machos (Tabela 10 e Figura 7A) e a equação  $P_t = 11,41 \cdot \exp(-\exp(\ln(-\ln(0,41/11,41)) - (0,108 \cdot t)))$  para as fêmeas (Tabela 11 e Figura 7B), independente do ambiente de criação.

Os valores dos parâmetros  $P_m$  e  $B$  do conteúdo de P das penas estimados pela curva de crescimento de Gompertz foram semelhantes entre os sexos, mas com uma ligeira

superioridade do Pm estimado para as fêmeas (11,41 vs 10,16g). Por outro lado, maior valor de B foi apresentado pelos machos (0,126 vs 0,108 por dia), indicando que as aves deste sexo alcançam o Pm das penas mais cedo do que as fêmeas.

Tabela 10. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz  $\pm$  EP para o crescimento do conteúdo (g) de proteína das penas de machos de codornas de corte.

Ambiente	Parâmetros	Modelos			
		$\Omega$	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$
Climatizado	Pi	-	-	-	-
	Pm	10,15 $\pm$ 0,469	-	10,16 $\pm$ 0,397	-
	B	0,126 $\pm$ 0,012	0,126 $\pm$ 0,010	-	-
Sem Climatização	Pi	-	-	-	-
	Pm	10,17 $\pm$ 0,462	-	10,16 $\pm$ 0,397	-
	B	0,125 $\pm$ 0,011	0,126 $\pm$ 0,096	-	-
Ambos	Pi	0,34 $\pm$ 0,020	0,34 $\pm$ 0,020	0,34 $\pm$ 0,020	0,34 $\pm$ 0,020
	Pm	-	10,16 $\pm$ 0,328	-	10,16 $\pm$ 0,326
	B	-	-	0,126 $\pm$ 0,008	0,126 $\pm$ 0,008
SQR		142,5	142,5	142,5	142,5
p-value		-	0,9999	0,9999	0,9999

$\Omega$  = modelo completo;  $\omega_{i(1,2 \text{ ou } 3)}$  = modelo com restrição paramétrica.

Pi = peso da proteína ao nascimento; Pm = peso da proteína à maturidade; B = taxa de maturidade.

SQR = Soma de Quadrados do Resíduo; n = 95.

Tabela 11. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz  $\pm$  EP para o crescimento do conteúdo (g) de proteína das penas de fêmeas de codornas de corte.

Ambiente	Parâmetros	Modelos			
		$\Omega$	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$
Climatizado	Pi	-	-	-	-
	Pm	11,67 $\pm$ 0,458	-	11,66 $\pm$ 0,391	-
	B	0,108 $\pm$ 0,006	0,110 $\pm$ 0,005	-	-
Sem Climatização	Pi	-	-	-	-
	Pm	11,06 $\pm$ 0,501	-	11,09 $\pm$ 0,413	-
	B	0,109 $\pm$ 0,007	0,106 $\pm$ 0,005	-	-
Ambos	Pi	0,41 $\pm$ 0,018	0,41 $\pm$ 0,018	0,41 $\pm$ 0,018	0,41 $\pm$ 0,018
	Pm	-	11,41 $\pm$ 0,338	-	11,41 $\pm$ 0,338
	B	-	-	0,108 $\pm$ 0,004	0,108 $\pm$ 0,004
SQR		256,6	258,3	256,7	259,6
p-value		-	0,3229	0,8102	0,4231

$\Omega$  = modelo completo;  $\omega_{i(1,2 \text{ ou } 3)}$  = modelo com restrição paramétrica.

Pi = peso da proteína ao nascimento; Pm = peso da proteína à maturidade; B = taxa de maturidade.

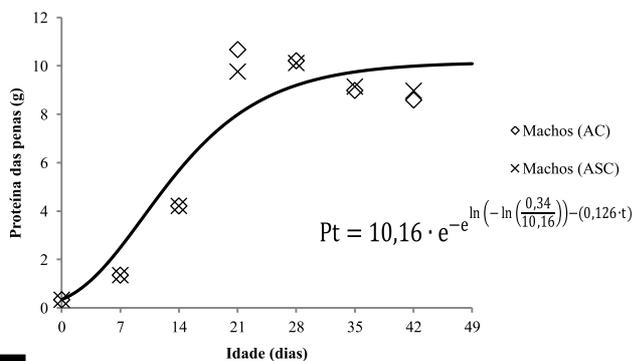
SQR = Soma de Quadrados do Resíduo; n = 148.

De acordo com Sakomura et al. (2011), um componente pode ser predito a partir de outro que apresente valor de B semelhante ao seu utilizando equações de alometria. Assim

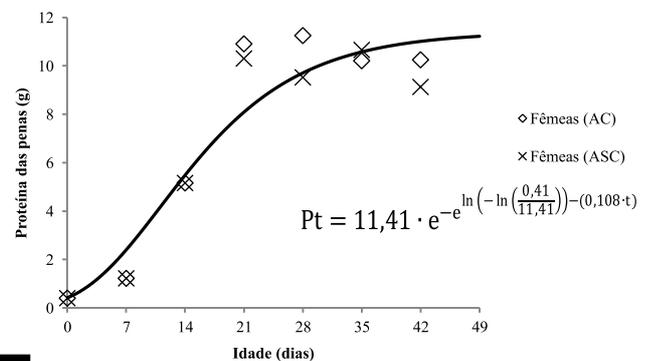
como verificado por Martin, Bradford e Gous (1994), os valores do parâmetro  $B$  estimados para o crescimento do conteúdo de P das penas diferiram bastante daqueles observados para o crescimento da P corporal. A relação entre a taxa de maturidade da proteína das penas ( $B_{PP}$ ) e a taxa de maturidade da proteína do corpo ( $B_{PC}$ ) de codornas de corte foi em média 1,75, demonstrando que os padrões de crescimento da P corporal e das penas são diferentes, reforçando a ideia da falta de relação alométrica entre estes dois tecidos (GOUS et al., 1999), e evidenciando a necessidade da descrição destes dois tecidos separadamente.

De maneira semelhante ao verificado para o crescimento da P corporal, onde as codornas de corte apresentaram maior valor de  $B$  em relação a frangos de corte, a parametrização da curva de crescimento da P das penas estimou maior valor de  $B$  para as codornas de corte em relação a galinhas poedeiras. Os valores de  $B$  estimados por Martin, Bradford e Gous (1994) variaram de 0,0230, para a linhagem Hisex, a 0,0306 para as aves da linhagem Ross Brown, sendo em média 4,11 vezes menor do que aqueles verificados para as codornas de corte fêmeas.

O conteúdo de P das penas apresentou crescimento bastante acelerado entre 14 e 21 dias de idade. A partir desta idade, tanto os machos quanto as fêmeas de codornas de corte foi possível verificar um redução na quantidade acumulada de proteína nas penas (Figura 7).



7A



7B

Figura 7. Crescimento do conteúdo de proteína das penas de machos (7A) e de fêmeas (7B) de codornas de corte.

O menor peso do conteúdo de P presente nas penas de codornas de corte com 35 e 42 dias de idade está relacionado à perda de penas, um processo natural das aves que caracteriza o início do período reprodutivo, quando as aves atingem a maturidade sexual, dando início à produção de ovos. No presente estudo foi verificado o início da postura por volta dos 37 dias de idade das aves, justificando o conteúdo de penas perdido.

Pelo teste de paralelismo e coincidência (KAPS; LAMBERSON, 2004), as equações de regressão estimadas para descrever a relação entre lnC (A, LP ou CZ) e lnP não diferiram ( $p > 0,05$ ) entre os ambientes de criação para nenhum dos parâmetros ( $a$  e  $b$ ) estimados. Portanto, uma única equação para a predição de cada componente pode ser utilizada em cada sexo independente do ambiente (Tabela 12).

Tabela 12. Parâmetros que descrevem a relação alométrica entre o logaritmo natural do peso do componente (lnC; g) e o logaritmo natural peso da proteína (lnP; g) das penas de machos e fêmeas de codornas de corte.

Item	Constante (a)		Coeficiente alométrico (b)		r <sup>2</sup>
	Média	EP	Média	EP	
<b>Machos</b>					
Água	-2,157	0,010	0,967	0,006	0,996
Lipídios <sup>1</sup>	-3,339	0,096	1,398	0,051	0,968
Cinzas	-3,699	0,019	0,818	0,012	0,981
<b>Fêmeas</b>					
Água	-2,111	0,010	0,945	0,006	0,994
Lipídios <sup>1</sup>	-3,072	0,052	1,279	0,030	0,930
Cinzas	-3,605	0,022	0,806	0,014	0,958

<sup>1</sup>Dados de um dia excluídos da análise de regressão.

EP = Erro padrão.

Para descrever a relação entre lnA e lnP das penas devem ser utilizadas as equações  $\ln A = -2,157 + 0,967 \cdot \ln P$  ( $r^2 = 0,996$ ) para os machos e  $\ln A = -2,111 + 0,945 \ln P$  ( $r^2 = 0,994$ ) para as fêmeas. Para descrever a relação entre lnLP e lnP foram estimadas as equações  $\ln LP = -3,339 + 1,398 \cdot \ln P$  ( $r^2 = 0,968$ ) para os machos e  $\ln LP = -3,072 + 1,279 \cdot \ln P$  ( $r^2 = 0,930$ ) para as fêmeas. Já a relação entre lnCZ e lnP pode ser descrita pela equação  $\ln CZ = -3,699 + 0,818 \cdot \ln P$  ( $r^2 = 0,981$ ) para os machos, enquanto para as fêmeas deve ser utilizada a equação  $\ln CZ = -3,605 + 0,806 \cdot \ln P$  ( $r^2 = 0,958$ ).

Com base no teste t de Student foi verificado que os conteúdos de A e CZ apresentaram crescimento alométrico negativo ( $b < 1$ ) atingindo o peso à maturidade mais cedo do que o conteúdo de P, enquanto que o conteúdo de LP apresentou crescimento alométrico positivo ( $b > 1$ ), indicando que este componente atinge o peso à maturidade mais tardiamente em relação à P das penas.

Durante o crescimento as aves estão constantemente perdendo penas, assim, o peso deste tecido à idade de abate não representa verdadeiramente o seu peso acumulado (MARTIN; BRADFORD; GOUS, 1994). O conteúdo proteico representa bem o peso das

penas em cada idade, pois, segundo Rivera-Torres, Noblet e Milgen (2011), este tecido é constituído de 88,6% de proteína. Foi possível perceber que as aves apresentaram maior peso de penas aos 21 e 28 dias de idade (Figura 7). Contudo, aceitando-se que a relação entre os componentes com a P das penas permaneceu constante durante o crescimento, para os cálculos de z para os conteúdos de A, LP e CZ das penas (Tabela 13), assim como para o corpo, foram utilizados os valores obtidos aos 42 dias de idade das aves.

Tabela 13. Parâmetros alométricos ajustados para crescimento das penas de machos e fêmeas de codornas de corte.

Item	Parâmetros		
	$z^1$	$b^2$	$c^3$
Machos			
Água	0,101	0,967	-0,033
Cinzas	0,018	0,818	-0,182
Lipídios	0,102	1,397	0,397
Fêmeas			
Água	0,106	0,945	-0,055
Cinzas	0,015	0,806	-0,194
Lipídios	0,094	1,278	0,278

<sup>1</sup>Índice obtido pela relação entre o componente à maturidade (Cm) e proteína corporal à maturidade (Pm).

<sup>2</sup>Coefficiente alométrico.

<sup>3</sup>Coefficiente alométrico em relação a  $u$ , sendo  $u=Pt/pm$ .

As taxas de crescimento (mg/dia) dos conteúdos de A, LP e CZ estimados como uma proporção da taxa de crescimento do conteúdo de P das penas não sofreram alterações em função da temperatura ambiental (Tabela 14 e Figura 8).

Tabela 14. Taxas de crescimento (mg/dia) estimadas para os principais componentes químicos das penas de machos e fêmeas de codornas de corte.

Idade (dias)	Machos	Fêmeas
	Proteína (P; mg/dia) <sup>1</sup>	
0	145,539	147,279
7	441,156	403,705
14	416,365	434,033
21	242,434	300,698
28	115,579	169,482
35	50,725	86,705
42	21,512	42,384
	Água (A; mg/dia) <sup>2</sup>	
0	15,901	17,714
7	45,133	44,066
14	41,454	45,266
21	23,867	30,697
28	11,325	17,129
35	4,961	8,722
42	2,102	4,254
	Lipídios (LP; mg/dia) <sup>2</sup>	
0	5,383	7,018
7	35,968	31,417
14	47,087	42,525
21	31,394	32,826
28	15,830	19,465
35	7,110	10,199
42	3,045	5,041
	Cinzas (CZ; g/dia) <sup>2</sup>	
0	3,977	3,395
7	8,390	6,608
14	6,816	6,050
21	3,730	3,887
28	1,733	2,114
35	0,753	1,064
42	0,318	0,516

<sup>1</sup>Valores estimados pela derivada primeira da curva de Gompertz ( $dP/dt=Pt.B.\ln(1/u)$ );  $u = Pt/Pm$ .

<sup>2</sup>Valores estimados como uma proporção da P (mg/dia) utilizando os parâmetros z, b e c da tabela 15.

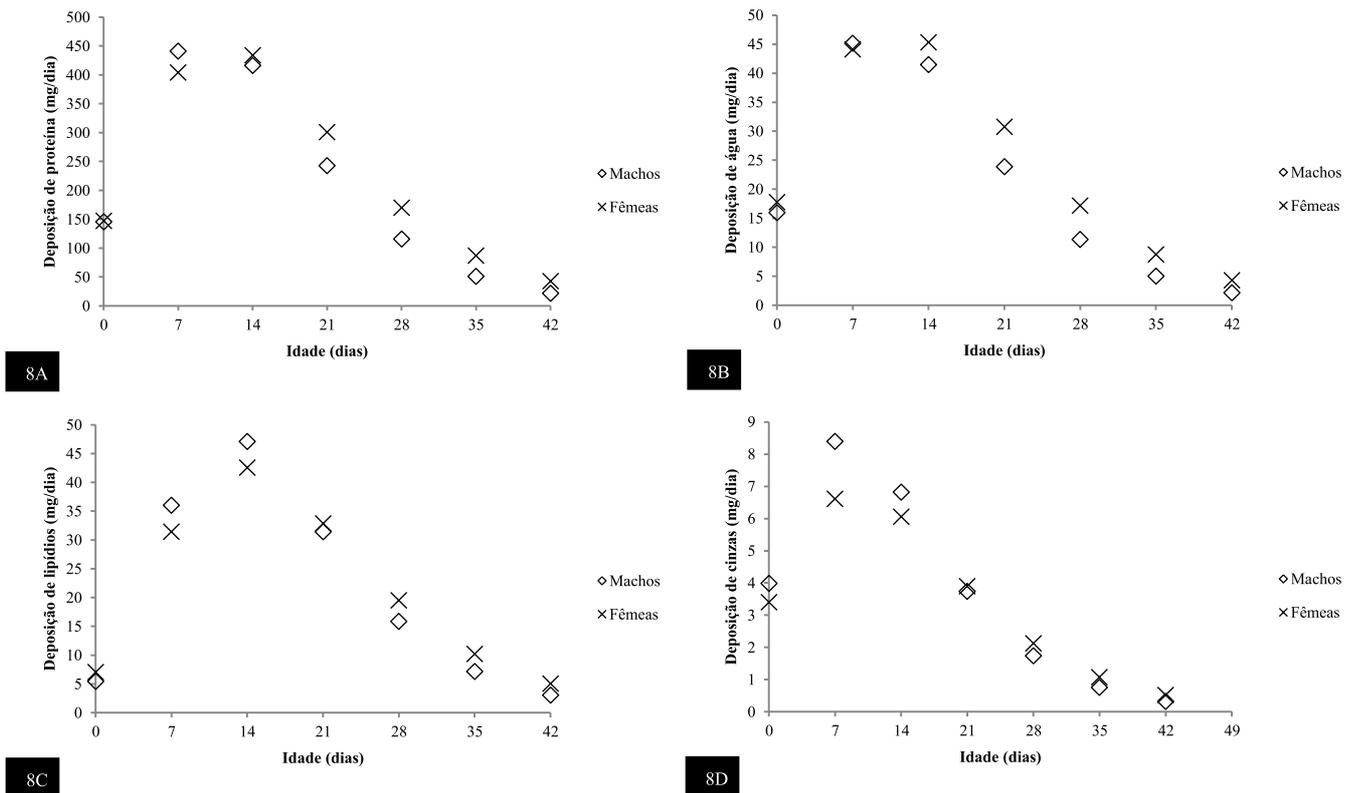


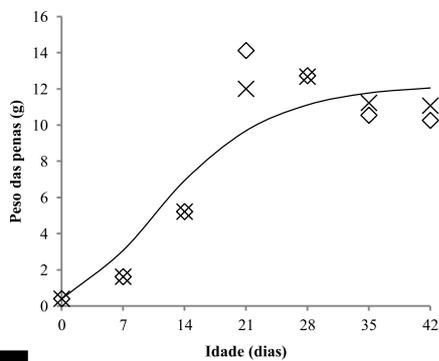
Figura 8. Taxas de crescimento (mg/dia) dos conteúdos de proteína (8A), água (8B), lipídios (8C) e cinzas (8) das penas dos machos (◇) e das fêmeas (×) de codornas de corte independente da temperatura ambiente.

A idade em que os machos apresentaram maior deposição de P nas penas ( $t^*$ ) foi aos 9,71 dias ( $t^* = \ln(-\ln(0,34/10,16))/0,126$ ), enquanto para as fêmeas o máximo crescimento da P foi aos 11,13 dias de idade ( $t^* = \ln(-\ln(0,41/11,41))/0,108$ ).

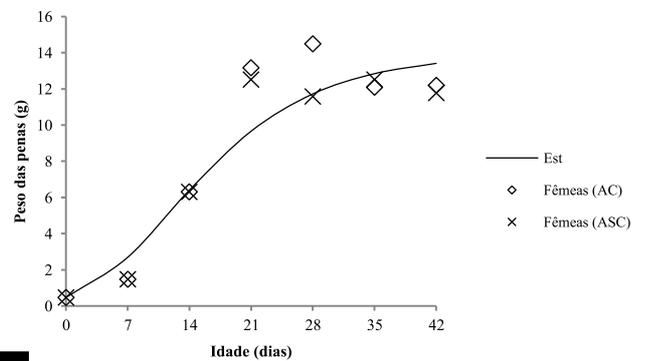
Os pesos (g) das penas foram estimados pela soma das taxas de crescimento dos seus quatro componentes químicos. Os valores estimados pelo modelo para o crescimento das penas foram próximos dos valores observados, contudo, não tão precisos quanto aqueles estimados para o peso do corpo depenado (Tabela 15 e Figura 9).

Tabela 15. Valores observados (O) e estimados (E) para o peso das penas de machos e fêmeas de codornas de corte.

Idade (dias)	Machos		Fêmeas	
	O (g)	E (g)	O (g)	E (g)
Climatizado (AC; 26,63°C)				
0	0,39	0,39	0,47	0,47
7	1,61	3,07	1,48	2,69
14	5,22	6,93	6,31	6,40
21	14,12	9,68	13,17	9,66
28	12,73	11,11	14,48	11,72
35	10,53	11,77	12,08	12,84
42	10,26	12,05	12,20	13,41
Sem Climatização (ASC; 29,27°C)				
0	0,39	0,39	0,47	0,47
7	1,61	3,07	1,48	2,69
14	5,22	6,93	6,31	6,40
21	12,00	9,68	12,52	9,66
28	12,67	11,11	11,57	11,72
35	11,23	11,77	12,52	12,84
42	11,07	12,05	11,77	13,41



9A



9B

Figura 9. Valores observados e estimados para o peso das penas de machos (9A) e fêmeas (9B) dos diferentes ambientes.

As penas apresentam um padrão de crescimento diferente do observado para corpo. De um modo geral, os maiores pesos das penas das codornas de corte foram verificados entre 21 e 28 dias de idade, período em que as aves realizaram a troca de penas, havendo perdas subsequentes, um processo natural que caracteriza o início do período reprodutivo por volta dos 37 dias de idade.

### 3.3 MODELAGEM DO CRESCIMENTO DO CORPO COMO UM TODO

De acordo com Emmans (1989), Gous et al. (1999) e Rivera-Torres, Noblet e Milgen (2011), a descrição do crescimento dos componentes químicos corporais das aves deve ser realizado separadamente para o CD e penas, pois a composição destes dois tecidos difere significativamente, conforme observados no presente estudo. Deste modo, o crescimento do peso do corpo como um todo dos machos e das fêmeas mantidas nos diferentes ambientes foi obtido pela soma dos valores estimados para o crescimento do CD e das penas em cada idade, os quais foram confrontados com os valores observados (Tabela 16).

Tabela 16. Valores observados (O) e estimados (E) para o peso em jejum (g) de machos e fêmeas de codornas de corte.

Idade (dias)	Machos		Fêmeas	
	O (g)	E (g)	O (g)	E (g)
Climatizado (AC; 26,63°C)				
0	9,12	9,12	9,40	9,40
7	26,83	32,80	26,61	32,35
14	62,70	71,76	66,64	73,23
21	133,07	114,01	130,38	124,20
28	140,85	150,17	161,30	175,09
35	172,47	177,10	224,97	219,11
42	201,48	195,49	248,86	253,72
Sem Climatização (ASC; 29,27°C)				
0	9,12	9,40	9,40	9,40
7	26,83	34,90	26,61	32,35
14	62,70	79,63	66,64	73,23
21	130,83	130,30	131,87	124,20
28	160,37	175,05	156,97	175,09
35	197,10	209,06	210,33	219,11
42	229,72	232,61	252,20	253,72

Observou-se que os valores estimados pelo modelo foram próximos aos valores observados para o peso em jejum das aves em cada dia de avaliação tanto para machos quanto para fêmeas, independente do ambiente de criação (Figura 10).

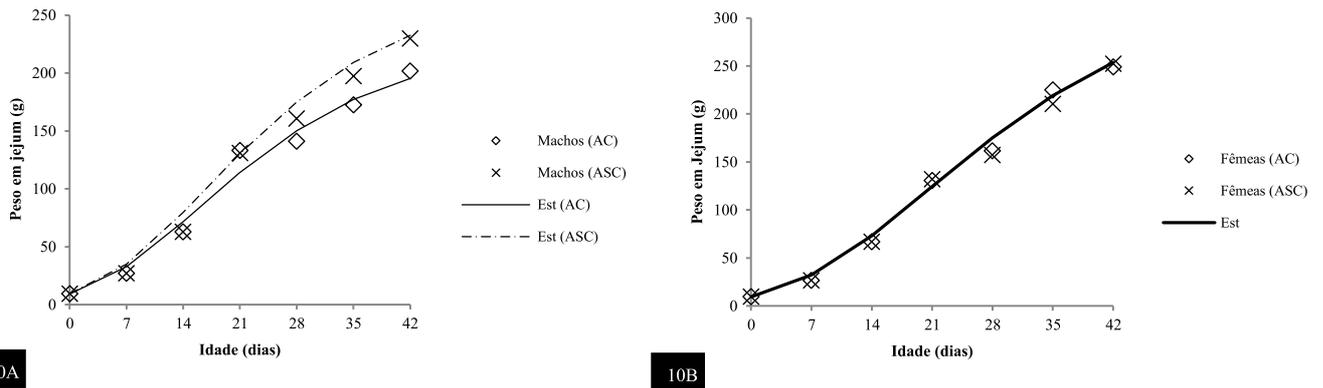


Figura 10. Valores observados e estimados para o peso em jejum de machos (10A) e de fêmeas (10B) dos diferentes ambientes.

Os machos do ASC ( $29,27^{\circ}\text{C}$ ) apresentaram os maiores pesos de LP em relação aos machos do AC ( $26,63^{\circ}\text{C}$ ). Esse resultado já era esperado, contudo, os maiores pesos de P, A e de CZ também foram verificados nos machos do ASC, resultando no maior crescimento destas aves quando comparados aos machos mantidos no AC.

Os resultados sugerem que os machos mantidos no AC sofreram estresse por frio após os 14 dias, de modo que parte da energia que seria utilizada para o crescimento foi direcionada para a manutenção da temperatura interna, resultando em menores taxas de crescimento e, conseqüentemente, nos menores pesos.

Nas fêmeas, por outro lado, os crescimentos dos componentes químicos não sofreram efeito do ambiente de criação. Isso pode estar relacionado ao fato das fêmeas, por natureza, apresentam maior quantidade de LP na carcaça que agiu como isolante térmico reduzindo as perdas de calor para o ambiente, e conseqüentemente, reduzindo o desconforto das fêmeas no AC.

Em estudo conduzido por Sousa et al. (2014), foram avaliados o ganho de peso, o consumo de ração e a eficiência alimentar de codornas de corte dos 29 aos 35 dias de idade sob diferentes temperaturas ambientais ( $26, 30$  e  $33^{\circ}\text{C}$ ). Os autores verificaram que não houve diferença entre os tratamentos para nenhuma das características de desempenho avaliadas, demonstrando que em nenhum dos casos as aves sofreram estresse térmico.

Ainda não existem na literatura recomendações de temperatura para codornas de corte, entretanto, diversos pesquisadores tem utilizado indicações de temperatura ambiente recomendadas para codornas japonesas (*Coturnix japonica*) que, segundo Pinto et al. (2003), correspondem a  $27^{\circ}\text{C}$  na terceira semana e entre  $21$  e  $25^{\circ}\text{C}$  a partir da quarta semana, considerados adequados para as aves desta espécie. Com base nos resultados do presente

estudo, bem como em Sousa et al. (2014), sugere-se que as recomendações de temperatura ótima para a criação de codornas japonesas são inferiores em relação aquelas para codornas de linhagem de corte.

Com base na quantidade de proteína, lipídios e cinzas presentes no corpo das aves em cada idade é possível estimar as exigências de energia, aminoácidos, minerais e demais nutrientes necessários para atingir determinado peso corporal. Neste contexto, a descrição do crescimento dos componentes corporais consiste no primeiro passo para a elaboração de modelos matemáticos aplicados no desenvolvimento de softwares capazes de estimar o crescimento e as exigências nutricionais diárias de aves.

Martin, Bradford e Gous (1994) utilizaram essa metodologia para a predição das exigências de aminoácidos e do peso corporal de diferentes linhagens de galinhas poedeiras. Segundo estes autores o método apresenta características importantes, como por exemplo, os poucos parâmetros utilizados no modelo são de fácil obtenção e todos com significado biológico.

Visto que na literatura não existem pesquisas que determinaram os parâmetros necessários para descrever o crescimento dos componentes corporais de codornas de corte em diferentes ambientes térmicos, o presente trabalho torna-se pioneiro neste aspecto, evidenciando a importância da realização de novos estudos para determinar as faixas de temperatura ideais para a criação de codornas de corte.

#### **4 CONCLUSÕES**

Ambientes com temperatura entre 26,63 e 29,27°C não provocam mudanças na composição corporal de fêmeas de codornas de corte, alterando o padrão de crescimento dos componentes corporais dos machos, sobretudo o padrão de crescimento da proteína e dos lipídios corporais.

Ambientes com temperatura entre 26,63 e 29,27°C não provocam mudanças no crescimento dos constituintes químicos das penas de codornas de corte machos e fêmeas.

O método utilizado para a modelagem do crescimento foi capaz de prever o peso do corpo depenado, das penas e do peso em jejum de codornas de corte machos e fêmeas em diferentes idades e ambientes.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**. 16th. ed. Washington, DC, AOAC, 1995. 2000p.

BARRETO, S. L. T.; QUIRINO, B. J. S.; BRITO, C. O.; UMIGI, R. T.; ARAUJO, M. S.; ROCHA, T. C.; PEREIRA, C. G. Efeitos de níveis nutricionais de energia sobre o desempenho e a qualidade de ovos de codornas europeias na fase inicial de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.86-93, 2007.

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.

EL-TARABANY, M. S. Impact of temperature-humidity index on egg-laying characteristics and related stress and immunity parameters of Japanese quails. **International Journal of Biometeorology**, v.60, p.957-964, 2016.

EMMANS, G.C.; FISHER, C. Problems in nutritional theory, in: FISHER, C.; BOORMAN, K. N. **Nutrient Requirements of Poultry and Nutritional Research**. London: ed. Butterworths, 1986, p.9-30.

EMMANS, G. C. Problems in modelling the growth poultry. **World's Poultry Science Journal**, v.51, p.77-89, 1995.

EMMANS, G. C. The growth of turkeys. In: NIXEY, C.; GREY, T. C. **Recent Advances in Turkey Science**. London: ed. Butterworths, 1989, p.135-166.

FARIA FILHO, D. E.; ROSA, P. S.; FIGUEIREDO, D. F.; DAHLKE, F.; MACARI, M.; FURLAN, R. L. Dietas de baixa proteína no desempenho de frangos criados em diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.101-106, 2006.

GERAERT, P. A.; PADILHA, J. C. F.; GUILLAUMIN, S. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens : growth performance, body composition and energy retention. **British Journal of Nutrition**, v.75, p.195-204, 1996.

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. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v.115, p.513-585, 1825.

GOUS, R. M.; MORAN, JR., E. T.; H. R. STILBORN, H. R.; G. D. 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.

GOUS, R. M.; MORRIS, T. R. Nutritional interventions in alleviating the effects of high temperatures in broiler production. **World's Poultry Science Journal**, v.61, p.463-475 2005.

GOVAERTS, T.; ROOM, G.; BUYSE, J.; LIPPENS, M.; GROOTE, G.; DECUYPERE, E. Early and temporary quantitative food restriction of broiler chickens. 2. Effects on allometric growth and growth hormone secretion. **British Poultry Science**, v.41, p.355–362, 2000.

HANCOCK, C. E.; BRADFORD, G. D.; EMMANS, G. C.; GOUS, R. M. The evaluation of the growth parameters of six strains of commercial broiler chickens. **British Poultry Science**, v.36, p.247-264, 1995.

HARTLEY, H. O. The modified Gauss-Newton method for the fitting of non-linear regression functions by least squares. **Technometrics**, Melwoukee, n.3, p.269-280, 1961.

HENN, J. D.; BOCKOR, L.; RIBEIRO, A. M. L.; COLDEBELLA, A.; KESSLER, A. M. Growth and Deposition of Body Components of Intermediate and High Performance Broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.16, n.3, p.319-328, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Manual do software SPRING** (Sistema de processamento de informações georreferenciadas). v.4.3.3, 2010.

KAPS, M.; LAMBERSON, W. R. **Biostatistics for animal science**. Wallingford: CABI Publishing, 2004. 445p.

KHAN, R. U.; NAZ, S.; NIKOUSEFAT, Z.; TUFARELLI, V.; JAVDANI, M.; RANA, N.; LAUDADIO, V. Effect of vitamin E in heat-stressed poultry. **World's Poultry Science Journal**, v.67, p.469-478, 2011.

KWAKKEL, R. P.; VERSTEGEN, M. W. A.; DUCRO, B. J. Diphasic Allometric Growth of Body Components in White Leghorn Pullets Fed Ad Libitum and Restricted Diets. **Poultry Science**, v.76, p.1020–1028, 1997.

LANA, G. R. Q.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; LANA, A. M. Q. Efeito da Temperatura Ambiente e da Restrição Alimentar sobre o Desempenho e a Composição da Carcaça de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1117-1123, 2000.

LEENSTRA, F. R. Effect of age, sex, genotype and environment on fat deposition in broiler chickens-A review. **World's Poultry Science Journal**, v.42, p.12–25, 1986.

MARCATO, S. M.; SAKOMURA, N. K.; MUNARI, D. P.; FERNANDES, J. B. K.; KAWAUCHI, I. M.; BONATO, M. Growth and Body Nutrient Deposition of Two Broiler Commercial Genetic Lines. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.10, n.2, p.117-123, 2008.

MARTIN, P. A.; BRADFORD, G. D.; GOUS, R. M. A formal method of determining the dietary amino acid requirements of laying-type pullets during their growing period, **British Poultry Science**, v.35, n.5, p.709-724, 1994.

MUJAHID, A. Nutritional Strategies to Maintain Efficiency and Production of Chickens under High Environmental Temperature. **Journal of Poultry Science**, v.48, p.145-154, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9th ed. Washington.: National Academy of Science, 1994, 101p.

PINTO, R.; FERREIRA, A. S.; DONZELE, J. L.; ALBINO, L. F. T.; SILVA, M. A.; SOARES, R. T. T.; PEREIRA, C. A. Exigência de Metionina mais Cistina para Codornas Japonesas em Crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1174-1181, 2003.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**, v.50, p.9–26, 2003.

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.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. EUCLIDES, F. R. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2011, v.1, 252p.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; MENDES, M. F. S. A.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; COSTA, F. G. P.; SARAIVA, A.; ABREU, M. L. T.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**. 4.ed. Visconde do Rio Branco, MG: Gráfica Suprema, 2017, v.1, 488p.

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.

SAS Institute. **SAS user's guide: statistics**. 5th ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1985.

SCHINCKEL, A. P.; MAHAN, D. C.; WISEMAN, T. G.; EINSTEIN, M. E. Growth of protein, moisture, lipid, and ash of two genetic lines of barrows and gilts from twenty to one hundred twenty-five kilograms of body weight. **Journal of Animal Science**, v.86, p.460–471, 2008.

SILVA, E. P.; SAKOMURA, N. K.; DORIGAM, J. C. P.; MALHEIROS, E. B.; PERUZZI, N. J. Adjustment of growth parameters for the major body components of pullets. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.3, p.572-581, 2016.

SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P. **Tabela para codornas japonesas e europeias**. 2.ed. Jaboticabal, SP: FUNEP. 2009, 110p.

SOUSA, M. S.; TINÔCO, I. F. F.; BARRETO, S. L. T.; AMARAL, A. G.; PIRES, L. C.; FERREIRA, A. S. Determinação de limites superiores da zona de conforto térmico para codornas de corte aclimatizadas no Brasil de 22 a 35 dias de idade. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, v.15, n.2, p.350-360, 2014.

TEISSIER, G. La Relation D'Allometrie sa Signification Statistique et Biologique. **Biometrics**, v.4, n.1, p.14-53, 1948.

TON, A. N. S.; FURLAN, A. C.; MARTINS, E. N.; TOLEDO, J. B.; SCHERER, C.; CONTI, A. C. M. Exigências de lisina digestível e de energia metabolizável para codornas de corte em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.593-601, 2011.

WISEMAN, J.; LEWIS, C. E. Influence of dietary energy and nutrient concentration on the growth of body weight and of carcass components of broiler chickens. **Journal of Agricultural Science**, v.131, p.361-371, 1998.

## ANEXO

<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO</b>	
<b>COMISSÃO DE ÉTICA NO USO ANIMAL</b>	
<b>PARECER CONSUBSTANCIADO INICIAL</b>	<b>N<sup>o</sup> do parecer: 01</b>
<b>PROJETO DE PESQUISA</b>	<b>Registro do CEUA: 01/14</b>
	<b>N<sup>o</sup> do Protocolo: 23115.002714/2014-74</b>
	<b>Data de entrada no CEUA: 26/02/2014</b>
	<b>Parecer: APROVADO</b>

**I – Identificação**

<b>Título do projeto:</b>		
EFEITOS DO AMBIENTE SOBRE O CRESCIMENTO CORPORAL, DA CARCAÇA, PARTES E ÓRGÃOS DE CODORNAS DE CORTE		
<b>Identificação da equipe executora:</b>		
Coordenador: Prof. Dr. Jefferson Costa de Siqueira; Colaboradores: Dr. Marcus Antônio Delmondes Bonfim, Dr. Ivan Barbosa Machado Sampaio, Dr. Celso Yoji Kawabata, Dihego Silva Bonfim, Francisco Loliola de Oliveira e Wellington Gomes Pereira		
<b>Instituição onde será realizado:</b>		
Universidade Federal do Maranhão – CCAA – Campus Chapadinha		
<b>Área temática:</b>	<b>Multicêntrico:</b>	<b>Data de recebimento:</b>
	Não	26/02/2014
<b>Cooperação estrangeira:</b>		<b>Data de devolução</b>
Não		01/04/2014

**II – Objetivos:**

Avaliar os efeitos de diferentes ambientes sobre o desempenho, carcaça, partes órgãos e parâmetros fisiológicos de codornas de corte.

**III – Sumário do projeto:**

O projeto visa descrever o crescimento de codornas, fazendo uma relação dos parâmetros de desenvolvimento dos animais com as condições ambientais às quais estes encontram-se submetidos.

Serão utilizados 450 codornas europeias (*Coturnix coturnix sp*), de linhagem de corte, machos e fêmeas (12 a 45 dias de vida), divididos em 3 grupos (150 animais/grupo): 1) 26AL – animais mantidos em ambiente com temperatura de 26oC com alimentação *Ad libitum*; 2) 32AL – animais mantidos em ambiente com temperatura de 32oC com alimentação *Ad libitum*; 3) 26PF – animais mantidos em ambiente com temperatura de 26oC *Pair-feeding* (alimentação controlada para manter o mesmo nível de consumo das aves mantidas em ambiente quente, 32AL). Serão quantificados o consumo de ração, peso vivo, ganho de peso e a conversão alimentar dos animais. Serão retiradas 36 aves por dia de abate, que passarão por jejum alimentar de 6 horas, para esvaziamento do trato digestório. Após jejum, as codornas serão abatidas por deslocamento cervical, depenadas e evisceradas. Serão avaliados os rendimentos dos cortes comerciais, além do trato gastrointestinal e órgãos internos. Ainda, semanalmente, serão avaliados parâmetros fisiológicos, como temperatura retal e da superfície, durante todo o processo experimental.

**IV – Comentário do relator frente à resolução Nº 779 - CONSEPE e complementares em particular sobre:**

O projeto é conciso e encontra-se de acordo com as normas da resolução No 779 – CONSEPE. Os animais estarão sob condições controladas e não intencionais de estresse. Haverá exposição à temperaturas elevadas de um dos grupos analisados, com o devido acompanhamento fisiológico dos animais. Segundo a resolução 779 – CONSEPE, o deslocamento cervical deve ser evitado como método de eutanásia de animais. No entanto, pelas normas da EMBRAPA e Ministério da Agricultura para abate de aves de corte, o presente estudo apresenta metodologia coerente de abate.

**V – Pendências**

O projeto não apresenta pendências significativas em relação à sua metodologia, cronograma ou descrição da avaliação dos animais.

**VI – Recomendações:**

O projeto não apresenta recomendações

**VII – Parecer consubstanciado do CEUA**

O projeto contribuirá para o melhor conhecimento e adequação da criação de codornas de corte, propondo melhorias na qualidade dos produtos que chegam ao consumo da população. Estando de acordo com as normas éticas, o presente projeto está aprovado pela CEUA.

São Luís, \_\_\_\_\_ 28 \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ novembro \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ 2014 \_\_\_\_\_



**Profa. Dra. Lucilene Amorim Silva**  
Presidente do CEUA / UFMA