



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

HEICIANE SOARES DA COSTA

CRESCIMENTO E QUALIDADE ÓSSEA DE CODORNAS DE CORTE
SUBMETIDAS A DIFERENTES PROGRAMAS DE LUZ

FORTALEZA

2017

HEICIANE SOARES DA COSTA

CRESCIMENTO E QUALIDADE ÓSSEA DE CODORNAS DE CORTE SUBMETIDAS A
DIFERENTES PROGRAMAS DE LUZ

Dissertação de Mestrado a ser apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C872c Costa, Heiciane Soares da.
Crescimento e qualidade óssea de codornas de corte submetidas a diferentes programas de luz / Heiciane Soares da Costa. – 2017.
43 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas.

1. Coturnix cortunix. 2. tecido ósseo. 3. programas de iluminação. I. Título.

CDD 636.08

HEICIANE SOARES DA COSTA

CRESCIMENTO E QUALIDADE ÓSSEA DE CODORNAS DE CORTE SUBMETIDAS A
DIFERENTES PROGRAMAS DE LUZ

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração:

Orientador: Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas

Aprovada em: 31/03/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Germano Augusto Jerônimo do Nascimento
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Silvana Cavalcante Bastos Leite
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

Prof. Dr. Luciano Pinheiro da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus

Aos meus pais, Carlos e Lourdes que são meu porto seguro, meu alicerce, os amores da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus por estar sempre comigo me dando fé e força para seguir em frente e me ajudar a conseguir alcançar meus objetivos

Aos meus pais João Carlos e Maria de Lourdes e minha irmã Talita, pelo grande amor e por estarem sempre ao meu lado e por acreditarem em mim.

Ao Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas pela excelente orientação e exemplo de competência e profissionalismo, principalmente pela sua paciência.

Aos membros da banca, professor Germano Augusto Jerônimo do Nascimento, Luciano Pinheiro da Silva, Pedro Henrique Watanabe e Silvana Cavalcante Bastos Leite.

Ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará – UFC, pela oportunidade da realização do Curso de Mestrado em Zootecnia.

A CAPES pela bolsa de estudo concedida durante o período do mestrado.

A todos os meus familiares, especialmente a minha vizinha, Maria Francisca, tios, tias e primos por toda cumplicidade, carinho, orações e ajuda dedicada.

As minhas colegas e colaboradoras Germana Aguiar, Paula Joyce, Polyana Aguiar e Larissa obrigada por me ajudarem com todas as atividades durante todo o período experimental, sem vocês nada disso teria acontecido.

Ao meu amigo Ezequiel Coelho, que esteve sempre comigo quando precisei e aos meus amigos do avião, Danilo Fernandes, Marcelle Craveiro, Davyd Erick, Herbenson Marques, Monik Kelly, Edibergue Santos, Carla Nagila e Rafael Nepomuceno, pelos momentos de descontração e pela amizade, que contribuíram para tornar a rotina mais agradável.

As minhas amigas Mayara Araujo, Gercy Pinto, Iraildes Lima, Andreia Galvão, Polyana Andrade e Germana Aguiar por estar sempre ao meu lado me dando força para seguir em frente. Aos meus amigos Nielyson Batista, João Paulo, Elton Melo, Jânio Felix e Fernando Sousa pelos momentos de descontração e alegria.

A igreja em Fortaleza que muito me ajudou nessa jornada, em especial as amigas Raissa, Lia, Soraya, Bruna, Vitoria, Rebeca e Tais.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação da UFC, pelos ensinamentos e apoio durante as disciplinas ministradas durante o curso de mestrado.

A todos que contribuíram e ainda contribuem para minha felicidade e realização profissional.

Toda a escritura é inspirada por Deus e útil para o ensino, para repreensão, para correção, para educação na justiça.

2 Timóteo 3:16

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos dos programas de luz sobre o crescimento e qualidade óssea de codornas de corte (*Coturnix coturnix*) machos e fêmeas criadas em região equatorial. Foram utilizadas 1500 codornas sexadas, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado segundo o esquema fatorial 2x3, sendo dois sexos (macho e fêmea) e três programas de luz (natural, intermitente e contínuo), com cinco repetições de 50 aves por tratamento. Os programas de luz foram aplicados no período de 7 a 49 dias de idade, sendo o programa de luz natural constituído de 12 horas e 30 minutos de luz natural e 11 horas e 30 minutos de escuro, o intermitente constituído de 18 horas de luz e 06 horas de escuro, sendo o período de luz composto de 12 horas e 30 minutos de luz natural e 5 horas e 30 minutos de luz artificial intercalada (1 hora e 06 minutos de luz e 1 hora e 06 minutos de escuro) e o programa de luz contínuo constituído por 23 horas de luz constante, sendo 12 horas e 30 minutos de luz natural e 10 horas e 30 minutos de luz artificial e 1 hora de escuro. Durante todo o período experimental as aves dos diferentes tratamentos receberam o mesmo programa de alimentação. Para obtenção dos dados para elaboração das curvas de crescimento foram realizados abates semanais para retirada dos ossos (tíbia e fêmur) e posterior determinação do peso e comprimento e teor de matéria seca e mineral. Para a qualidade óssea foram avaliados os ossos das aves abatidas aos 49 dias de idade. As curvas de crescimento e deposição de matéria seca e mineral nos ossos foram obtidas a partir do modelo não linear de Gompertz. Não houve interação significativa entre programas de luz e sexo para as estimativas dos parâmetros da curva de Gompertz para todas as variáveis estudadas da tíbia e do fêmur. Houve efeito significativo do programa de luz apenas no parâmetro t^* da curva de crescimento e deposição de matéria seca e mineral, de modo que o programa de luz contínua acelerou o tempo para que ocorresse a máxima taxa de crescimento em peso e deposição de matéria seca e mineral nos ossos. Entre os sexos, as fêmeas apresentaram ossos com maior peso e deposição de matéria mineral à maturidade, porém, foram mais tardias, pois apresentaram maior valor de t^* para essas variáveis. Na avaliação do peso, comprimento e diâmetro da tíbia e fêmur das aves aos 49 dias de idade, não foi observada interação entre sexo e programa de luz e nem diferença significativa entre os programas de luz. Em relação ao efeito do sexo, observou-se que as fêmeas apresentaram maior peso do fêmur. Quanto à qualidade dos ossos, houve influência significativa apenas dos programas de luz sobre a resistência e a deformidade óssea da tíbia, que piorou nas aves submetidas ao programa de luz contínua. O

programa de luz natural e intermitente devem ser utilizados na criação de codornas de corte, pois assegura o desenvolvimento e a qualidade óssea.

Palavras-chave: *Coturnix coturnix*. Tecido ósseo. Programas de iluminação.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of light programs on growth and bone quality of male and female quail (*Coturnix coturnix*) raised in equatorial region. A total of 1500 sexually distributed quails were used, distributed in a completely randomized design according to the 2x3 factorial scheme, with two sexes (male and female) and three light programs (natural, intermittent and continuous) with five replicates of 50 birds per treatment. The light programs were applied in the period from 7 to 49 days of age, the natural light program consisting of 12 hours and 30 minutes of natural light and 11 hours and 30 minutes of dark, the intermittent consisting of 18 hours of light and 06 hours of dark, the period of light consisting of 12 hours and 30 minutes of natural light and 5 hours and 30 minutes of artificial light intercalated (1 hour and 06 minutes of light and 1 hour and 06 minutes of dark) and the program Of continuous light consisting of 23 hours of constant light, 12 hours and 30 minutes of natural light and 10 hours and 30 minutes of artificial light and 1 hour of dark. Throughout the experimental period the birds of the different treatments received the same feeding program. To obtain the data for the elaboration of the growth curves we performed weekly slaughterings for bone removal (Shin-bone and Thigh-bone) and subsequent determination of weight and length and dry matter and mineral content. For bone quality, the bones of birds slaughtered at 49 days of age were evaluated. The curves of growth and deposition of dry matter and mineral in the bones were obtained from the non-linear Gompertz model. There was no significant interaction between light and sex programs for estimates of Gompertz curve parameters for all variables studied in the shin-bone and thigh-bone. There was a significant effect of the light program only on the parameter t^* of the growth and deposition curve of dry and mineral matter, so that the continuous light program accelerated the time for the maximum growth rate in weight and dry matter deposition And mineral in the bones. Between the sexes, the females presented bones with greater weight and deposition of mineral matter to the maturity, however, they were later, since they presented higher value of t^* for these variables. In evaluating the weight, length and diameter of the tibia and femur of the birds at 49 days of age, no interaction between sex and light program was observed, nor was there any significant difference between the light programs. In relation to the effect of sex, it was observed that the females presented greater weight of the thigh-bone. Regarding bone quality, there was a significant influence only of light programs on resistance and bone deformity of the shin-bone, which worsened in birds submitted to the

continuous light program. The program of natural and intermittent light should be used in the breeding of quail, as it ensures development and bone quality.

Keywords: Coturnix cortunix. Bone tissue. Lighting programs.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Composição e níveis nutricionais da ração para codornas de corte de 1 a 49 dias de idade.....	25
Tabela 2 -	Peso médio final de codornas de corte submetidas a diferentes programas de iluminação.....	27
Tabela 3 -	Estimativa dos parâmetros da equação de Gompertz para o peso da tíbia e do fêmur de codornas de corte machos e fêmeas submetidas a diferentes programas de luz.....	29
Tabela 4 -	Estimativa dos parâmetros da equação de Gompertz para o comprimento da tíbia e do fêmur de codornas de corte machos e fêmeas submetidas a diferentes programas de luz.....	30
Tabela 5 -	Estimativa dos parâmetros da equação de Gompertz para matéria seca da tíbia e do fêmur de codornas de corte machos e fêmeas submetidas a diferentes programas de luz.....	31
Tabela 6 -	Estimativa dos parâmetros da equação de Gompertz para matéria mineral da tíbia e do fêmur de codornas de corte machos e fêmeas submetidas a diferentes programas de luz.....	32
Tabela 7 -	Parâmetros de crescimento da tíbia e do fêmur de codornas de corte aos 49 dias, submetidas a diferentes programas de iluminação.....	34
Tabela 8 -	Parâmetros de qualidade óssea da tíbia e do fêmur de codornas de corte aos 49 dias, submetidas a diferentes programas de iluminação.....	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Codornas de Corte.....	17
2.2	Crescimento do tecido ósseo das aves	17
2.2.1	<i>Formação óssea</i>	18
2.2.2	<i>Crescimento e desenvolvimento do tecido ósseo</i>	18
2.3	Fatores que podem influenciar a qualidade óssea das aves de corte.....	19
2.4	A importância da luz para o desenvolvimento das aves de corte.....	20
2.5	Curva de crescimento de órgão e tecido	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1	Peso das codornas aos 49 dias de idade	27
4.2	Parâmetros da curva de crescimento e deposição de matéria seca e cinzas nos ossos....	28
4.3	Parâmetros de crescimento e qualidade óssea aos 49 dias de idade	33
5	CONCLUSÕES	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira é destaque no cenário mundial por seus altos índices de eficiência produtiva. Dentro desta atividade destaca-se a coturnicultura, que é caracterizada pela criação de codornas para produção de ovos e/ou de carne. Nos últimos anos esta atividade tem apresentado um acentuado desenvolvimento, com a adequação as novas técnicas e tecnologias de produção e, assim, uma atividade tida como de subsistência passou a ocupar um cenário de atividade comercial altamente tecnificada (PASTORE *et al.*, 2012). Esse avanço da coturnicultura tem ocorrido devido a uma maior participação de grandes empresas avícolas, apoiadas em modernas instalações que propiciam fácil manejo e alojamento de um maior número de aves em um mesmo galpão (BERTECHINI *et al.*, 2002).

As codornas destinadas tanto para produção de ovos quanto para a produção de carne vêm sendo melhoradas devido à seleção artificial e a aos avanços da nutrição para aumentarem a produtividade. Do ponto de vista genético, para aves de corte, buscam-se indivíduos capazes de ganhar peso de forma rápida, pois o objetivo é atingir o peso de abate em um curto intervalo de tempo. Em frangos de corte, a seleção das aves para o ganho de peso muito rápido fez com que aumentasse a predisposição desses indivíduos a problemas de pernas, como entortamentos, apresentando baixa viabilidade indicando o comprometimento de eficiência alimentar (DONALD *et al.*, 2001).

O crescimento animal pode ser caracterizado pelo aumento do peso corporal ao longo do tempo, sendo o maior volume decorrente do incremento dos músculos. Entretanto, para que isso ocorra, as aves devem estar preparadas para suportar a alta taxa de deposição muscular, assim os ossos, que compõem o sistema de suporte para os músculos necessitam se desenvolver mais rápido para suportar esse crescimento. Este desenvolvimento ósseo ocorre em um perfeito sincronismo entre o tecido muscular e o adiposo (GONZALES; SARTORI, 2002).

Durante as fases iniciais de criação as codornas possuem necessidades especiais, principalmente de nutrição e manejo visando um desenvolvimento corporal pleno e saudável para que possam expressar o máximo potencial. Dentre as várias técnicas de manejo utilizadas, os programas de luz vêm ganhando espaço. De acordo com Abreu *et al.* (2006) diversos programas de luz tem sido propostos, com o objetivo de propiciar condições ambientais satisfatórias para a obtenção de animais com maior ganho de peso, melhor conversão alimentar, qualidade de carcaça superior e diminuição

de alterações metabólicas. O estímulo da luz influencia também a secreção de diversos hormônios que controlam, em grande parte, o crescimento, maturidade sexual e reprodução (MENCH, 1998; NEWBERRY, 1995).

Na busca de compreender e descrever o desenvolvimento e crescimento dos ossos é preciso escolher modelos matemáticos que sejam capazes de prever o que as diferentes condições ambientais podem influenciar no desempenho das aves (GOUS *et al.*, 1999). Diante do exposto essa pesquisa foi desenvolvida como objetivo avaliar os efeitos dos programas de luz sobre o crescimento e qualidade óssea de codornas de corte (*Coturnix coturnix*) machos e fêmeas criadas na região equatorial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Codornas de Corte

A codorna é uma ave originária do norte da África, da Europa e da Ásia, pertencendo à ordem dos Galináceos, família dos Fasianídeos (*Phasianidae*), onde se incluem também a galinha e a perdiz e gênero *Coturnix* (PINTO *et al.*, 2002). No Brasil, as codornas foram trazidas por imigrantes italianos e japoneses na década de 50. A partir daí sua produção vem se consolidando, tornando-a uma importante alternativa alimentar no país (MATOS, 2007).

A sub-espécie de codorna mais difundida no país é a *Coturnix coturnix japonica*, linhagem de baixo peso corporal, utilizada para a produção de ovos para consumo. Observa-se no Brasil um tipo de codorna mais pesada, que atende aos quesitos necessários à produção de carne. Estas apresentam maior peso vivo (250 a 300 g), coloração marrom mais viva, temperamento nitidamente calmo e peso e maior tamanho dos ovos (OLIVEIRA, 2001).

Almeida *et al.* (2002) destacaram que o sistema de exploração de codornas brasileiro é prioritariamente para atender o mercado de ovos, mas, a partir de 1996, com a introdução da variedade italiana, esta realidade apresentou tendências para melhora. Estes mesmos autores compararam ainda o desempenho de codornas japonesas e italianas e, concluíram que a *Coturnix coturnix* apresentou melhor aptidão para corte, caracterizada por melhores índices zootécnicos como, ganho de peso médio e melhor conversão alimentar.

A carne de codorna é escura, macia, saborosa e pode ser preparada da mesma maneira que a de frango de corte. Pesquisas indicam que a carne de codorna é uma excelente fonte de vitamina B6, niacina, B1, B2, ácido pantotênico, bem como de ácidos graxos. Apresenta ainda grandes concentrações de Ferro, Fósforo, Zinco e Cobre quando comparada à carne de frango. A quantidade de colesterol da carne de codorna atinge valores intermediários (76 mg) entre a carne de peito (64 mg) e da coxa e sobrecoxa (81 mg) do frango. A maioria dos aminoácidos encontrados na carne de codorna são superiores aos de frango. Vários autores concluíram que a idade, sexo, linhagem e nutrientes da dieta afetam a composição química da carcaça das aves (MORAES & ARIKI, 2009).

2.2 Crescimento do tecido ósseo das aves

2.2.1 Formação

O sistema ósseo é um tipo especializado de tecido conjuntivo, dinâmico, vascular, multifuncional, metabolicamente muito ativo, constituído de uma população heterogênea de células, em diferentes estágios de diferenciação, que, através de coordenada sequência de eventos, regula a mobilização e a deposição mineral durante a vida do animal (PIZAURO JÚNIOR, 2002). Seu crescimento é dinâmico e modificado estruturalmente em resposta a estresses internos e externos ao longo da vida, tais como fatores fisiológicos, nutricionais e físicos (RATH *et al.*, 2000).

O osso é constituído de aproximadamente 70% de minerais, 22% de proteínas e 8% de água, sendo essa composição influenciada por fatores físicos, nutricionais e fisiológicos (PIZAURO JÚNIOR, 2002). Possui funções mecânicas, biológicas e químicas diversas, com o armazenamento e proteção de células, sustentação estrutural e o controle de homeostase mineral (RHO *et al.*, 1998). O desenvolvimento do tecido ósseo ocorre de forma mais acelerada do que o tecido muscular que por sua vez, é mais rápido do que o tecido adiposo (GONZALES; SARTORI, 2002).

Para atender as necessidades de crescimento do organismo, os ossos sofrem processo de modelagem, que consiste no alongamento longitudinal e do diâmetro. Existem basicamente dois processos de desenvolvimento dos ossos: a formação óssea intramembranosa e a formação óssea endocondral, sendo os mecanismos celulares iguais nos dois processos (PAZ *et al.*, 2005).

A formação óssea intramembranosa é responsável pela forma definitiva de um número limitado de ossos que não são pré-formados por cartilagem. Já a formação óssea endocondral envolve as atividades responsáveis pela formação dos ossos que suportam peso e também pelo alongamento da massa óssea durante o crescimento (ALMEIDA PAZ *et al.*, 2005). A formação do tecido ósseo pela ossificação endocondral durante o desenvolvimento dentro do ovo é baixa. Após a eclosão, o crescimento passa de 3% no primeiro dia de vida para 20% ao dia no quinto dia, mantendo-se assim durante os 15 dias de vida (DIBNER *et al.*, 2007). Conforme

Macari *et al.* (1994), nos ossos chatos predomina o desenvolvimento por ossificação intramembranosa e os curtos e longos se desenvolvem por processo endocondral.

Alguns problemas no esqueleto de aves de corte estão associados ao rápido crescimento dos ossos longos (longitudinalmente e em circunferência), sendo a solução de tais problemas de interesse dos produtores e dos consumidores por envolver o bem-estar animal e diminuir as perdas econômicas (ARAÚJO *et al.*, 2011).

2.2.2 Crescimento e desenvolvimento do tecido ósseo

O tecido ósseo era considerado apenas como uma estrutura que fornecia suporte ao corpo do animal, atualmente sabe-se que o tecido ósseo é um tipo especializado de tecido conjuntivo, dinâmico, vascular formado por uma matriz orgânica mineralizada e por uma população heterogênea de células (WATKINS; SEIFERT, 2000), que apresenta papel fundamental no crescimento e desenvolvimento normal dos animais, na sustentação do corpo, locomoção, proteção de órgãos internos, produção de componentes do sangue e reserva metabólica de minerais como cálcio e fósforo (BARBOSA, 2005).

Segundo Watkins (2000) o crescimento do esqueleto e a modelagem do osso em aves são regulados por uma interação entre o potencial genético do animal, ambiente e a nutrição. Os ossos são compostos de uma fase extracelular que é formada, mantido e remodelada por três tipos de células: osteoblastos, osteócitos e osteoclastos, que possuem a função de sintetizar e mineralizar a matriz óssea, além de serem determinantes para os fatores químicos, geométricos e resistência do osso (OLIVEIRA, 2006).

Os osteoblastos são células jovens diferenciadas do tecido esquelético responsável pela formação do osso, sendo elas produtoras da parte orgânica da matriz. Essas células participam da calcificação da matriz, através da secreção de pequenas vesículas ricas em fosfatase alcalina para o interior desta, durante o período em que a célula está produzindo a matriz óssea. A fosfatase alcalina cliva o pirofosfato e assim remove sua influência estabilizadora, ao mesmo tempo em que aumenta o fosfato local para a cristalização. Além disso, durante o crescimento ósseo e talvez durante a remodelagem do osso adulto, os osteoblastos secretam vesículas ricas em cálcio para o osteóide em calcificação (JONHSON, 2000).

Os osteócitos são células adultas, presente em abundância no tecido ósseo, responsáveis pela manutenção dos constituintes da matriz orgânica, pois possui capacidade de sintetizar e reabsorver a matriz óssea em uma extensão limitada (PIZAURO JUNIOR, 2002). Segundo Liu (2000), a função dos osteócitos ainda não é totalmente conhecida, havendo estudos que sugerem que estes podem transmitir sinais aos osteoblastos ao longo das superfícies do osso medular e cortical durante a formação do osso (COWIN *et al.*, 1991).

Os osteoclastos são células gigantes, móveis e multinucleadas, que reabsorvem o tecido ósseo, participando dos processos de remodelação dos ossos (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004). Segundo Pizauro Júnior (2002), essas células reabsorvem o osso como respostas a fatores liberados pelos osteoblastos e alguns componentes da matriz extracelular que podem atrair ou ativar osteoclastos. Também participam da manutenção da homeostase do cálcio em longo prazo, através da resposta ao paratormônio (PTH) e à calcitonina. O paratormônio estimula a reabsorção e a liberação de íons de cálcio do osso, enquanto a calcitonina inibi as atividades dos osteoclastos, realizando o feedback negativo, limitando essa liberação de íons (MOREKI, 2005).

2.3 Fatores que podem influenciar a qualidade óssea das aves de corte

A seleção genética para ganho de peso e conversão alimentar, aliada à melhor nutrição, resultou em linhagens de aves de corte com alta produtividade. Trabalhos têm mostrado que o rápido crescimento foi acompanhado pelo aumento de anomalias no tecido esquelético das aves, principalmente em ossos longos (LEACH; LILBURN, 1993; SULLIVAN, 1994).

Para as linhagens de aves de corte, e principalmente nos machos, a taxa de crescimento muscular é alta, tendo início numa fase muito precoce, a pós-eclosão, sobre um suporte esquelético imaturo (GONZALES; MENDONÇA JÚNIOR, 2006). Uma das dificuldades observadas no início do período de produção, é que as aves apresentam um rápido crescimento de massa muscular com prejuízo do desenvolvimento esquelético, cardíaco e do sistema circulatório. Os problemas locomotores são comumente observados na metade final do crescimento das aves, fato este decorrido provavelmente pelo aumento de ganho de peso e por conta do desenvolvimento desproporcional do

músculo do peito, criando um desequilíbrio esquelético-biomecânico (BARBOSA, 2005; LOPES, 2009).

Assim, compreensões dos inúmeros fatores nutricionais envolvidos no desenvolvimento ósseo são primordiais para manutenção da saúde do esqueleto, pois, a nutrição desempenha papel fundamental para obtenção de tecido ósseo de qualidade. A deficiência de proteína e aminoácidos, vitaminas e minerais podem acarretar em distúrbios esqueléticos (OLIVEIRA, 2008). Em estudo realizado por Bruno *et al.* (2000), evidenciou-se que frangos submetidos à restrição alimentar quantitativa e diferentes temperaturas, apresentaram uma redução no crescimento dos ossos longos.

Além dos aspectos genéticos e nutricionais, os fatores como densidade, temperatura, práticas de manejo e os programas de iluminação influenciam no crescimento e na qualidade óssea de aves de corte. Segundo Moraes (2008), o programa de luz utilizado é um fator decisivo para o adequado manejo das aves, contribuindo para a obtenção de melhores resultados zootécnicos na saúde das aves, e como também para o desempenho econômico da atividade. A alta densidade populacional pode causar uma redução na taxa de crescimento, aumento da mortalidade, lesões na carcaça bem como problemas de pernas. A redução da locomoção e o comportamento de bater das asas, cenário da criação intensiva das aves, pode comprometer negativamente o aumento de densidade óssea após quatro semanas de idade (TALATY *et al.*, 2009). Segundo Murakami (2000), a incidência de anormalidades de crescimento é aumentada pelo estresse ambiental. Bruno *et al.* (2000) observaram redução no crescimento de ossos longos em aves criadas em altas temperaturas, enquanto Yalçin *et al.* (1996) não encontraram efeito da temperatura ambiente sobre o crescimento longitudinal da tíbia e úmero em frangos de corte.

2.4 A importância da luz para o desenvolvimento das aves de corte

A alta incidência de deformidade óssea, principalmente as anormalidades nas pernas, é o problema mais grave que afeta o bem-estar das aves de crescimento rápido. Baseado nisso, a indústria avícola tem tentado diminuir a ocorrência de problemas locomotores em aves de corte de crescimento rápido redobrando os cuidados principalmente no que diz respeito à nutrição e manejo de luz (BÉLGICA, 2000).

As técnicas de manejo visam o melhor desempenho dos animais associado à redução de custos de produção. O desenvolvimento corporal das aves é, fortemente, influenciado pelas condições de iluminação a quais estão expostas, sendo controlada pelo ritmo diário de liberação de melatonina a partir da glândula pineal via retina (LI; HOWLAND, 2006).

Com isso, têm-se estudados diversos programas de luz que tem por finalidade regular o consumo de alimento pelas aves, entretanto sua utilização deve ser bem planejada para não comprometer a curva de crescimento normal das aves elevando a mortalidade e conseqüentemente a conversão alimentar (HEINZEN, 2006). Segundo Abreu *et al.* (2006) diversos programa de luz tem sido propostos com o objetivo de propiciar condições ambientais satisfatórias para a obtenção de animais com maior ganho de peso, melhor conversão alimentar e qualidade de carcaça superior.

Outra função do programa de luz é reduzir problemas metabólicos nas aves. Compreende-se que a alta taxa de crescimento nas aves de corte é resultante do melhoramento genético e das condições de produção, como nutrição e manejo. Do ponto de vista genético, busca-se uma ave capaz de ganhar peso de forma muito rápida com o objetivo de atingir o peso ao abate em um curto intervalo de tempo. No entanto, uma das dificuldades observadas no início do período de produção, é que a ave de corte produz muita massa muscular em detrimento do desenvolvimento esquelético, cardíaco e sistema circulatório. Como consequência essas aves apresentam predisposição ao desenvolvimento de problemas de pernas, ascite e baixa viabilidade (DONALD *et al.*, 2001).

Segundo Rutz e Bermudez (2004), os programas de luz podem ser classificados em luz constante, intermitente e natural. No programa de luz constante, utiliza-se um fotoperíodo de mesmo comprimento, durante todo o ciclo de crescimento, possibilitando acesso uniforme aos comedouros durante todo o dia. Já o programa de luz intermitente, apresenta ciclos repetidos de luz e escuro dentro de um período de 24 horas. Por sua vez o programa de luz natural é constituído apenas de iluminação natural sem nenhuma hora adicional de iluminação artificial.

Os programas de luz podem afetar o desempenho e o rendimento de carcaça em aves de corte. Classen e Riddell (1989) compararam programa de luz contínua, crescente e constante com 6 horas de luz até os 21 dias e 23 horas de luz dos 21 aos 42 dias de idade e verificaram que os programas de luz não afetaram o ganho de peso,

porém observaram maior consumo de ração para o programa contínuo e melhor conversão alimentar das aves submetidas a um programa de iluminação crescente.

O fator econômico também é de fundamental importância ao se avaliar os diferentes programas de luz. Rutz e Bermudez (2004), verificaram redução de até 30% no consumo de eletricidade em aves expostas a programas de luz crescente, quando comparado com programas com 23 horas de luz/dia.

No que diz respeito à fisiologia das aves, além do fotoperíodo, sabe-se que o comprimento de onda e a intensidade luminosa apresentam um importante papel no desenvolvimento fisiológico (MILLS *et al.*, 1997). Alguns estudos comprovaram a importância de diferentes tipos de lâmpadas para o início da maturidade sexual em galinhas poedeiras, por sua influência na síntese e secreção de hormônios reprodutivos e características morfofisiológicas das aves (BAXTER *et al.*, 2014;), assim como, em outros sistemas fisiológicos (ZHANG *et al.*, 2014). Porém ainda são poucos os estudos sobre a influência da luz sobre o desenvolvimento endócrino em codornas.

2.5 Curva de crescimento de órgãos e tecidos

Uma das maneiras de se avaliar o crescimento animal é através de curvas de crescimento, que permitem acompanhar o desenvolvimento animal em todas as fases da vida, avaliar parâmetros biologicamente importantes, como o tamanho, peso do animal e maturidade sexual, bem como determinar técnicas adequadas de manejo, identificação de animais mais eficientes, entre outros (FREITAS, 2005). Para tais avaliações, existe a necessidade da utilização de modelos matemáticos, que expressem, com maior precisão, o crescimento das aves em função da idade para fins de pesquisa e programas de alimentação (GOUS *et al.*, 1999).

Na avicultura, a simulação do crescimento e da deposição de componentes corporais através de modelos matemáticos contribuiu para estimar o peso vivo, crescimento dos componentes corporais em função da idade, comparar o crescimento corporal relativo entre sexo, estimar a conversão alimentar diária e padronizar o crescimento para seleção de novas linhagens (FREITAS *et al.*, 1983).

Diversos modelos matemáticos não lineares têm sido usados para descrição do crescimento e da deposição de nutrientes dos animais, entre eles, destacam-se Logística, Brody, Robertson, Richards, Bertalanffy e Gompertz. No entanto, discute-se

qual o melhor modelo a ser adotado, já que, segundo Fitzhugh Junior e Talyon (1971), a escolha dos modelos deve basear-se na análise de no mínimo três itens: possibilidade de interpretação biológica dos parâmetros, qualidade do ajuste e dificuldades computacionais.

Com a finalidade de definir o modelo matemático mais adequado para a simulação do crescimento de frangos de corte, Freitas *et al.* (1983) compararam 7 equações, sendo 4 não lineares (Gompertz, Richards, Logística e Bertalanffy) e a regressão polinomial até o 3º grau. Baseando-se nos valores do coeficiente de determinação, quadrado médio residual e interpretação biológica dos parâmetros, onde concluíram que o modelo que mais se ajustou aos dados de pesagens em ambos os sexos foi a equação de Gompertz, em que 99% da variação total existente durante a fase de crescimento das aves foi explicado pelo modelo. Oliveira *et al.* (2007), trabalhando em um experimento com duas linhagens de codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*), constatou que as equações de regressão estimadas pelo modelo de Gompertz explicaram cerca de 97% das variações dos dados de peso corporal médio.

A função de Gompertz é apropriada para descrever o crescimento das aves e também a deposição de nutrientes na carcaça, como forma de predizê-lo, relacionando sempre o peso à idade (MARCATO *et al.*, 2008). Segundo Fialho (1999), a diferença da curva de Gompertz entre os outros modelos sugeridos é que para esta a massa corporal inicial é sempre maior que zero. Presumindo que o animal já nasce com algum peso. As características da curva de Gompertz estão em torno do ponto de inflexão em que a taxa de crescimento é máxima. A idade em que ocorre o ponto de inflexão é dada pelo parâmetro t^* da função que representa o tempo em que a taxa de crescimento é máxima. O outro parâmetro da função é o b , que indica a taxa de crescimento relativo no ponto em que o crescimento é máximo. A determinação dos parâmetros das equações de Gompertz é de extrema importância para a produção avícola. Estas equações além de predizer o peso e deposição de nutrientes corporais das aves em qualquer idade, auxiliam na definição da idade ótima de abate das mesmas, podendo contribuir para melhorar o desempenho e reduzir o custo de produção.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará de novembro a dezembro de 2014, com um período de criação de 49 dias, tendo como média 12h30min de luz natural (INPE/CPTEC).

Para a condução do experimento foram adquiridas 1500 codornas europeias (*Coturnix coturnix*) sexadas pelo método de reversão da cloaca, sendo 750 machos e 750 fêmeas.

Inicialmente, as aves foram alojadas em boxes (100 cm x 150 cm) com piso coberto por maravalha de madeira (8 cm de altura), dotado de um comedouro tipo bandeja e um bebedouro pendular. O aquecimento, durante a primeira semana foi realizado utilizando lâmpadas incandescentes de 60 Watts. A partir da segunda semana, o comedouro foi substituído pelo tubular e as aves foram submetidas aos diferentes programas de luz.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2 (três programas de luz e dois sexos) com dez repetições de 50 aves. Os tratamentos aplicados foram: programa de luz natural, intermitente e contínuo.

O programa de luz natural foi constituído de 12 horas e 30 minutos de luz natural e 11 horas e 30 minutos sem iluminação artificial durante o período da noite. O programa de luz intermitente foi constituído de 18 horas de luz e 6 horas de escuro, sendo o período de luz composto de 12 horas e 30 minutos de luz natural e 5 horas e 30 minutos de luz artificial intercalada pelos períodos de escuro (1 hora e 06 minutos de luz e 1 hora e 06 minutos de escuro) e o programa de luz contínuo as aves foram submetidas a 23 horas de luz constante, sendo 12 horas e 30 minutos de luz natural, 10 horas e 30 minutos de luz artificial e 1 hora de escuro.

O galpão experimental de 15m x 10m foi subdividido em três partes de acordo com os tratamentos, sendo que as divisórias foram feitas de lonas pretas de 150 micras de espessura e colocadas em sistema de roldanas, que permitiam o fechamento e a abertura das cortinas para fornecer a quantidade de luz para cada programa de modo a não interferir na iluminação dos demais tratamentos.

A ração utilizada durante todo período experimental foi composta à base de milho e farelo de soja (Tabela 1) formulada segundo as recomendações nutricionais para codorna constante no NRC (1994).

Tabela 1 – Composição e níveis nutricionais da ração para codornas de corte de 1 a 49 dias de idade

Ingredientes	Quantidade
Milho	51,02
Farelo de soja	44,98
Óleo de soja	2,002
Calcário calcítico	1,166
Fosfato bicálcico	0,933
Suplemento mineral e vitamínico ¹	0,200
Sal comum	0,330
DL – metionina	0,156
Cloreto de colina	0,050
Antioxidante	0,040
Anticoccidiano	0,050
Inerte (areia)	0,075
TOTAL	100,00
Nível nutricional e energético calculado	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.900
Proteína bruta (%)	24,00
Cálcio (%)	0,800
Fósforo disponível (%)	0,300
Sódio (%)	0,1500
Cloro (%)	0,2493
Lisina total (%)	1,3444
Metionina + cistina total (%)	0,8858
Metionina total (%)	0,5000
Treonina total (%)	0,9461
Triptofano total (%)	0,3077

¹Níveis de garantia por kg do produto: Vitamina A 5.500.000 UI, Vitamina B1 500mg, Vitamina B12 7.500mcg, Vitamina B2 2,502mg, Vitamina B6 750mg, Vitamina D3 1.000.000 UI, Vitamina E 6.500 UI, Vitamina K3 1.250mg, Biotina 25mg, Niacina 17,5g, Ácido fólico 251 mg, Ácido pantotênico 6.030mg, Cobalto 50mg, Cobre 3.000mg, Ferro 25g, Iodo 500mg, Manganês 32,5g, Selênio 100.05mg, Zinco 22,49g.

Sistemas de iluminação independentes foram instalados nas três partes do galpão, com acionamento por “timers” e foram utilizadas lâmpadas de 7 W de potência de cor branca, para fornecer um nível de iluminação de 15 lux na altura das aves de acordo com Niskier e Macintyre (2000). A verificação do nível de iluminação foi realizada utilizando um luxímetro eletrônico com escalas 0 - 20000 lux, modelo MINIPA-MLM 1020.

As variáveis ambientais de temperatura e umidade do ar no interior do galpão foram medidas com termohigrômetro. As médias de mínima e máxima para temperatura ambiente e umidade relativa durante o período experimental foram de 27,02, 30,86 °C e de 57,83 à 75,34 % no programa contínuo; 27,27, 31,27 °C e de 60,00

à 80,08% no programa intermitente e 27,27, 32,18 °C e de 59,71 à 77,90% no programa natural.

Para elaborar a curva de crescimento e deposição de componentes nos ossos foram realizados o abate de aves aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias de idade. Em cada idade, com base no peso médio, foram selecionadas duas aves por parcela e, em seguida, submetidas a jejum alimentar de 6 horas, insensibilizadas por eletronarcose, abatidas, depenadas e evisceradas. Posteriormente foram retiradas coxas e sobrecoxas que foram devidamente identificadas e pesadas em balança digital com precisão de 0,01g e congeladas em freezer a -20°C, onde permaneceram até o momento da desossa.

Para a realização da desossa, as peças foram descongeladas em refrigerador doméstico (temperatura de 4°C por 12 horas) e posteriormente foram colocadas sobre as bancadas para que o material atingisse a temperatura ambiente. As coxas e sobrecoxas foram pesadas novamente, identificadas e mergulhadas em água fervente por 10 minutos. Em seguida foram desossadas com auxílio de um bisturi, conforme metodologia descrita por Bruno (2002).

Depois da desossa, nas tíbias do lado direito, foram medidos o comprimento e o diâmetro, com auxílio de um paquímetro digital e determinado o peso em balança de precisão (0,01g). A densidade óssea (mg/mm) foi calculada através do índice de Seedor, obtido dividindo-se o valor do peso (mg) pelo comprimento (mm) do osso avaliado (SEEDOR; QUARRACCIO; THOMPSON, 1991).

Após a pesagem os ossos foram colocados em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72h para a determinação da matéria pré-seca. Em seguida, os ossos foram triturados em moinho de bola e submetidos a determinação da matéria seca e matéria mineral segundo as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002).

Para avaliação da qualidade óssea foram utilizadas os ossos das aves aos 49 dias de idade. A resistência e a deformidade óssea foram determinadas no osso *in natura* (tíbia esquerda) com auxílio de uma prensa mecânica. Os ossos foram colocados em posição horizontal sobre um suporte de madeira, apoiados sob suas extremidades, e depois foi aplicada uma força de compressão no centro de cada osso. A quantidade máxima de força aplicada no osso antes da sua ruptura foi considerada a resistência à quebra (kgf/cm²), sendo esta mensurada através de um extensômetro digital. A deformidade (mm) também foi mensurada através de um extensômetro no momento da ruptura do osso.

Para descrever o crescimento ósseo e a deposição de componentes dos ossos foi utilizado o modelo de Gompertz, cuja equação é $y = A \exp(-B \exp(-kt))$, onde: y: peso médio na idade t. A: peso assintótico, B: constante de integração, k: taxa de maturidade, t: tempo em que a taxa de crescimento é máxima e exp: a base do logaritmo natural.

Os parâmetros das curvas de crescimento, deposição de componentes dos ossos e os dados de qualidade óssea foram submetidos a análise de variância no programa SAS, para testar diferenças significativas entre os programas de luz e sexo, bem como verificar a presença ou não de interação entre os mesmos. Diferenças entre tratamentos foram testadas usando o teste de Tukey com nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Peso das codornas aos 49 dias de idade

Ao final do período experimental (49 dias de idade), observou-se que houve interação significativa entre os fatores programas de luz e sexo sobre o peso médio das aves (Tabela 2). Conforme os resultados, o peso corporal médio dos machos não variou significativamente entre os programas de luz recebidos, entretanto, as fêmeas submetidas à luz natural foram significativamente menores em relação as que receberam luz contínua e intermitente, cujos resultados não diferiram entre si. Quanto ao efeito do sexo, independente do programa de luz, as fêmeas foram mais pesadas que os machos e as aves submetidas à luz natural foram significativamente menos pesadas em relação às submetidas à luz contínua e intermitente, que não diferiram entre si.

Tabela 2- Peso médio final de codornas de corte submetidas a diferentes programas de iluminação.

Sexo (S)	Programas de iluminação (PI)			Média	EPM	Efeito		
	Natural	Intermitente	Contínuo			PI	S	PI x S
Macho	236,68B	240,46B	243,59B	240,24B	8,44	**	**	**
Fêmea	253,11bA	269,38aA	299,78aA	274,09A				
Média	244,90	254,92	271,69					

EPM: Erro padrão da média; (**) <0,01. Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Aguiar (2016) os resultados para as resposta dos machos e fêmeas aos diferentes programas de luz podem ser atribuídas ao dimorfismo sexual dessas aves,

sendo as fêmeas mais precoces que os machos e, portanto mais pesadas aos 49 dias de idade. Porém, essa diferença de crescimento pode ser acentuada pela maior exposição das aves ao maior número de horas de luz e, dessa forma, fêmeas submetidas ao maior número de horas de luz são mais pesadas por apresentarem maior desenvolvimento corporal e, também, maior desenvolvimento dos órgãos do sistema reprodutor.

4.2 Parâmetros da curva de crescimento e deposição de matéria seca e cinzas nos ossos

Para avaliar se o crescimento ósseo das codornas poderia apresentar a mesma influência observada para o crescimento corporal, os dados de peso e comprimento da tíbia e do fêmur das codornas machos e fêmeas submetidas aos diferentes programas de luz foram utilizados para obtenção das estimativas dos parâmetros da curva de Gompertz. Também foram estimados os parâmetros para deposição de matéria seca e mineral.

Para o peso da tíbia e fêmur (Tabela 3), observou-se que não houve interação significativa entre o programa de luz e sexo para os parâmetros estimados: peso à maturidade (P_m), taxa de maturidade (k) e idade de máximo crescimento (t^*).

Quanto ao efeito do programa de luz, sobre a tíbia e o fêmur, não foi observada diferença significativa para os parâmetros P_m e k , entretanto, houve diferença para a idade de máximo crescimento (t^*), indicando que as codornas que receberam programa de luz contínuo tiveram crescimento mais precocemente para os ossos, tíbia e fêmur, apresentando 12,40 dias como sendo o tempo em que a taxa de crescimento é máxima, quando comparado aos 15,21 e 15,58 dias para os programas de luz natural e intermitente, respectivamente.

Em relação a diferença entre os sexos, observou-se que as fêmeas apresentaram maior peso à maturidade para a tíbia e o fêmur em relação aos machos e, conseqüentemente, foram mais tardias para atingir a taxa máxima de crescimento, embora apenas para a tíbia o valor de t^* tenha sido significativamente maior para as fêmeas.

Tabela 3- Estimativa dos parâmetros da equação de Gompertz para o peso da tíbia e do fêmur de codornas de corte machos e fêmeas submetidas a diferentes programas de iluminação

Programa de iluminação	Parâmetros da equação de Gompertz								
	Pm ¹ (g)			k ²			t ^{*3} (dias)		
	Machos	Fêmeas	Média	Machos	Fêmeas	Média	Machos	Fêmeas	Média
	Tíbia								
Natural	1,06	1,15	1,10	0,12	0,12	0,12	14,84	15,68	15,26 ^a
Intermitente	1,01	1,14	1,08	0,14	0,14	0,14	14,64	16,50	15,58 ^a
Contínuo	1,01	1,08	1,04	0,15	0,15	0,15	12,21	12,58	12,40 ^b
Média	1,03B	1,12A		0,13	0,13		13,90B	14,92A	
Prog. de luz		0,0886			0,1128			0,0001 [*]	
Sexo		0,0001 [*]			0,9744			0,0109 [*]	
Prog. de luz x Sexo		0,4937			0,9968			0,2660	
CV		5,43			23,49			7,06	
	Fêmur								
Natural	0,85	0,93	0,89	0,11	0,09	0,10	15,79	16,49	16,14 ^a
Intermitente	0,92	0,93	0,93	0,08	0,09	0,09	18,02	17,70	17,90 ^a
Contínuo	0,81	0,96	0,89	0,10	0,09	0,10	14,10	15,81	14,96 ^b
Média	0,86B	0,94 ^a		0,10	0,09		16,00	16,67	
Prog. de luz		0,3411			0,1204			0,0003 [*]	
Sexo		0,0042 [*]			0,1734			0,1945	
Prog. de luz x Sexo		0,0792			0,1883			0,2481	
CV		7,70			16,04			8,40	

¹Pm (g) = valores à maturidade. ²k (por dia) = taxa de maturidade. ³t* (dia) = tempo em que a taxa de crescimento é máxima. Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o comprimento da tíbia e do fêmur (Tabela 4) não houve interação significativa entre o programa de luz e sexo para os parâmetros estimados: comprimento à maturidade (Cm), taxa de maturidade (k) e idade de máximo crescimento (t*). Esses parâmetros também não foram influenciados significativamente pelos programas de luz. Entre os sexos, observou-se que as fêmeas apresentaram maior Cm para a tíbia em relação aos machos, entretanto, os valores dos parâmetros k e t* não diferiram entre os sexos. Quando os parâmetros foram estimados para o fêmur não houve diferença significativa entre os sexos para Cm, k e t*.

Tabela 4- Estimativa dos parâmetros da equação de Gompertz para o comprimento da tíbia e do fêmur de codornas de corte machos e fêmeas submetidas a diferentes programas de iluminação

Programa de iluminação	Parâmetros da equação de Gompertz								
	Cm ¹ (mm)			k ²			t* ³ (dias)		
	Machos	Fêmeas	Média	Machos	Fêmeas	Média	Machos	Fêmeas	Média
	Tíbia								
Natural	56,18	57,46	56,82	0,11	0,11	0,11	15,51	15,63	15,58
Intermitente	57,47	57,82	57,65	0,10	0,10	0,10	15,43	15,37	15,40
Contínuo	56,30	58,45	57,38	0,11	0,11	0,11	15,68	15,71	15,70
Média	56,66 ^B	57,91 ^a		0,11	0,10		15,54	15,57	
Prog. de luz		0,4835			0,1198			0,3685	
Sexo		0,0342			0,4092			0,8510	
Prog. de luz x Sexo		0,4376			0,9140			0,9062	
CV		2,67			11,81			8,29	
	Fêmur								
Natural	46,24	47,75	46,99	0,11	0,11	0,11	16,08	16,19	16,14
Intermitente	46,49	46,60	46,55	0,10	0,11	0,11	15,74	15,92	15,84
Contínuo	46,24	48,93	47,59	0,11	0,10	0,11	15,91	16,05	15,99
Média	46,32	47,76		0,11	0,11		15,91	16,05	
Prog. de luz		0,5040			0,7620			0,4811	
Sexo		0,0559			0,3285			0,4948	
Prog. de luz x Sexo		0,3526			0,5463			0,9913	
CV		4,16			14,56			9,24	

¹Cm (mm) = valores à maturidade. ²k (por dia) = taxa de maturação. ³t* (dia) = tempo em que a taxa de crescimento é máxima. Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na avaliação dos valores estimados dos parâmetros de Gompertz para quantidade de matéria seca da tíbia e do fêmur (Tabela 5), observou-se que não houve interação significativa entre programas de luz e sexo para todos os parâmetros: peso da matéria seca do osso à maturidade (Cm), taxa de maturidade (k) e idade de máximo crescimento (t*). Também, não houve efeito significativo do sexo sobre a quantidade de matéria seca da tíbia e fêmur. Porém o programa de luz influenciou significativamente a idade de máxima deposição (t*).

Tabela 5- Estimativa dos parâmetros da equação de Gompertz para matéria seca da tíbia e do fêmur de codornas de corte machos e fêmeas submetidas a diferentes programas de iluminação

Programa de iluminação	Parâmetros da equação de Gompertz								
	Pm ¹ (g)			k ² (por dia)			t ^{3*} (dias)		
	Machos	Fêmeas	Média	Machos	Fêmeas	Média	Machos	Fêmeas	Média
	Tíbia								
Natural	0,87	0,91	0,89	0,11	0,12	0,12	16,45	16,67	16,56a
Intermitente	0,83	0,87	0,85	0,14	0,15	0,14	15,45	16,58	16,02a
Contínuo	0,86	0,84	0,85	0,12	0,14	0,13	14,43	13,92	14,17b
Média	0,85	0,87		0,12	0,14		15,45	15,73	
Prog. de luz		0,0736			0,1519			0,0001*	
Sexo		0,2370			0,1667			0,4092	
Prog. de luz x Sexo		0,2885			0,8512			0,1478	
CV		5,36			22,85			5,78	
	Fêmur								
Natural	0,72	0,77	0,75	0,09	0,09	0,09	18,07	18,41	18,24a
Intermitente	0,73	0,66	0,70	0,09	0,11	0,10	17,87	16,42	17,15ab
Contínuo	0,70	0,71	0,71	0,10	0,11	0,10	15,99	15,92	15,96b
Média	0,72	0,71		0,10	0,10		17,31	16,92	
Prog. de luz		0,2030			0,2018			0,0017*	
Sexo		0,9416			0,2001			0,3925	
Prog. de luz x Sexo		0,1493			0,1785			0,2657	
CV		9,11			16,74			7,28	

¹Pm (g) = valores à maturidade. ²k (por dia) = taxa de maturidade. ³t* (dia) = tempo em que a taxa de crescimento é máxima. Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As aves submetidas ao programa de luz contínuo apresentaram menor tempo para atingir a máxima taxa de deposição de matéria seca na tíbia e no fêmur em relação às aves submetidas ao programa de luz natural e intermitente, que não diferiram entre si.

Para quantidade de matéria mineral da tíbia e do fêmur (Tabela 6), observou-se que não houve interação significativa entre programas de luz e sexo para todos os parâmetros: peso de cinzas no osso à maturidade (Pm), taxa de maturidade (k) e idade de máximo crescimento (t*). Porém houve efeito significativo do sexo nos parâmetros Pm e t* da tíbia e Pm, k e t* para o fêmur. Quanto ao programa de luz, houve efeito significativo na idade de máxima deposição (t*) na tíbia e taxa de deposição (k) e idade de máxima deposição (t*) para o fêmur.

Tabela 6 - Estimativa dos parâmetros da equação de Gompertz para matéria mineral da tíbia e do fêmur de codornas de corte machos e fêmeas submetidas a diferentes programas de iluminação

Programa de iluminação	Parâmetros da equação de Gompertz								
	Pm ¹ (g)			k ² (por dia)			t ^{3*} (dias)		
	Machos	Fêmeas	Média	Machos	Fêmeas	Média	Machos	Fêmeas	Média
	Tíbia								
Natural	0,52	0,60	0,56	0,13	0,12	0,13	14,40	15,49	14,95a
Intermitente	0,50	0,64	0,57	0,16	0,13	0,15	14,25	17,51	15,89a
Contínuo	0,50	0,61	0,55	0,16	0,14	0,15	11,73	13,45	12,59b
Média	0,50B	0,62A		0,15	0,13		13,46B	15,49A	
Prog. de luz		0,7692			0,3151			0,0001*	
Sexo		0,0001*			0,0725			0,0001*	
Prog. de luz x Sexo		0,3018			0,7833			0,1249	
CV		8,80			24,30			8,06	
	Fêmur								
Natural	0,42	0,57	0,49	0,08	0,07	0,08a	17,14	21,13	19,14a
Intermitente	0,50	0,67	0,59	0,07	0,05	0,06b	20,67	19,36	20,01a
Contínuo	0,40	0,67	0,52	0,07	0,05	0,07ab	15,05	20,11	17,58b
Média	0,44B	0,67A		0,07 ^a	0,06B		17,62B	24,63A	
Prog. de luz		0,1038			0,0091*			0,0165	
Sexo		0,0002*			0,0028*			0,0008*	
Prog. de luz x Sexo		0,5023			0,8125			0,5088	
CV		26,10			21,18			22,86	

¹Pm (g) = valores à maturidade. ²k (por dia) = taxa de maturidade. ³t* (dia) = tempo em que a taxa de crescimento é máxima. Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As fêmeas apresentaram maior peso de cinzas à maturidade (Pm) na tíbia e no fêmur. Também apresentaram menor taxa de crescimento (k), embora, tenha havido diferença significativa apenas para o fêmur. Com isso, foram mais tardias para o ponto de máxima deposição (t*), de matéria mineral, tanto na tíbia como no fêmur.

Quanto ao efeito dos programas de luz, as aves submetidas à luz contínua apresentaram menor tempo para atingir a máxima taxa de deposição de cinzas na tíbia e no fêmur em relação às aves submetidas ao programa de luz natural ou intermitente, que não diferiram entre si.

No geral, as estimativas dos parâmetros da curva de Gompertz, indicaram que o programa de luz contínua avaliado nesta pesquisa influenciou no crescimento e deposição de matéria seca e mineral dos ossos, tornando as aves mais precoces. Dessa forma, pode-se inferir que a influência do maior número de horas de luz, acelerando aumento do peso corporal, também, acelera o crescimento da tíbia e do fêmur das codornas de corte.

Por sua vez, o maior peso, comprimento e deposição de cinzas nos ossos à maturidade e o maior tempo (t*) para que a máxima taxa de crescimento e deposição de cinzas ocorra nos ossos das fêmeas em relação aos machos, indicam que o dimorfismo

sexual ocorre no crescimento dos ossos das codornas de corte e que as fêmeas são mais tardias para completarem o crescimento da tíbia e do fêmur.

Segundo Barbosa (2005), maiores teores de cinzas resultam em maior resistência óssea e, conseqüentemente, em menores problemas de pernas, pois as cinzas estão relacionadas com os teores de minerais nos ossos. Diante do exposto, pode inferir que o fato do programa de luz contínuo, com maior número de horas de luz, acelerar o tempo para que ocorra a máxima taxa de deposição de matéria mineral no osso pode ser um benefício para ave, uma vez que esta também tem seu ganho de peso acelerado pela luz e, assim, terá um osso melhor formado para aguentar a sobrecarga da deposição de componentes corporais e, certamente, ocorrerão menos problemas de pernas devido ao rápido crescimento.

Por outro lado, como as fêmeas apresentaram a necessidade de maior tempo para que a taxa de máxima deposição de cinzas ocorresse, o fato dessas aves apresentarem maior crescimento corporal em relação aos machos pode deixá-las mais suscetíveis ao aparecimento de problemas de pernas, principalmente se um fator de manejo ou nutricional venha a acelerar o seu crescimento. De acordo com Pattison (1992), a estrutura óssea deve aumentar na mesma proporção que o rendimento de carne, para que as aves apresentem uma boa mobilidade e, conseqüentemente, um bom desempenho.

Estudando os aspectos físicos, químicos e mecânicos das tíbias de frango de corte, Reis (2005) observou que as fêmeas tendem a apresentar ossos mais densos e menos porosos e com maior teor de cinzas. Nesse aspecto, vale ressaltar que o dimorfismo sexual entre frangos de corte e entre codornas são diferentes. Enquanto em frangos de cortes os machos crescem mais rápidos, e por isso estão mais susceptíveis às desordens do tecido ósseo que não acompanha esse crescimento corporal, nas codornas são as fêmeas que apresentam maior crescimento.

4.3 Parâmetros de crescimento e qualidade óssea aos 49 dias de idade

Na Tabela 7 são apresentados os dados médios dos parâmetros de crescimento ósseo das codornas aos 49 dias de idade. Não foi observado efeito da interação entre programa de luz e o sexo para os dados de peso, comprimento e diâmetro da tíbia e do fêmur de codornas macho e fêmeas. Também não houve efeito

significativo do programa de luz sobre essas variáveis, entretanto, para o efeito do sexo, houve diferença significativa para o peso do fêmur, de modo que as fêmeas apresentaram fêmur mais pesado em relação aos machos.

Tabela 7 – Parâmetros de crescimento da tíbia e do fêmur de codornas de corte aos 49 dias, submetidas a diferentes programas de iluminação

Parâmetros	Sexo	Programas de iluminação (PI)			Média	EPM	Efeito		
		Natural	Intermitente	Contínuo			PI	S	PI x S
Tíbia									
Peso (g)	Macho	0,99	1,01	1,01	1,00	0,10	NS	NS	NS
	Fêmea	1,05	1,09	1,08	1,07				
	Média	1,02	1,06	1,04					
Comprimento (mm)	Macho	54,01	55,93	55,82	55,15	2,26	NS	NS	NS
	Fêmea	55,22	56,02	57,99	56,44				
	Média	54,62	55,98	56,91					
Diâmetro (mm)	Macho	3,57	3,43	3,27	3,42	0,30	NS	NS	NS
	Fêmea	3,49	3,47	3,46	3,47				
	Média	3,53	3,45	3,36					
Fêmur									
Peso (g)	Macho	0,81	0,79	0,81	0,80b	0,09	NS	*	NS
	Fêmea	0,87	0,91	0,92	0,90a				
	Média	0,84	0,84	0,87					
Comprimento (mm)	Macho	44,63	44,78	45,66	44,98	2,22	NS	NS	NS
	Fêmea	45,94	44,93	48,44	46,54				
	Média	45,29	44,85	47,20					
Diâmetro (mm)	Macho	3,64	3,59	3,59	3,61	0,23	NS	NS	NS
	Fêmea	3,75	3,51	3,77	3,69				
	Média	3,69	3,56	3,68					

EPM: Erro padrão da média; (*) < 0,05; NS: Não significativo. Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Embora as estimativas dos parâmetros de crescimento estimados pela equação de Gompertz tenham indicado influência significativa dos programas de luz sobre o crescimento dos ossos das codornas, esse efeito não foi verificado na avaliação do peso, comprimento e diâmetro dos ossos das aves abatidas aos 49 dias de idade. Entretanto, a ausência dos efeitos do programa de luz nas variáveis medidas pode estar associada ao fato de que até essa idade todas as aves já tenham completado o crescimento ósseo e, assim, não haverá diferença significativa. Esse fato pode ser confirmado se considerarmos que o peso e comprimento determinados aos 49 dias são semelhantes aos pesos e comprimentos à maturidade, estimados pela equação de Gompertz para a tíbia e o fêmur.

Efeito semelhante ao relatado anteriormente, também, pode ter contribuído para ausência de diferença significativa no peso, comprimento e diâmetro da tíbia e comprimento e diâmetro do fêmur entre machos e fêmeas abatidos aos 49 dias. Por

outro lado, embora as fêmeas sejam mais pesadas que os machos na idade de abate, têm sido relatado que o peso da carcaça da fêmea é numericamente maior que a do macho, mas não difere significativamente, sendo o maior peso corporal da fêmea resultante do maior peso do seu sistema reprodutor na ocasião do abate (SILVA *et al.*, 2006; AGUIAR 2016).

Na literatura ainda há poucas pesquisas avaliando os efeitos dos programas de luz para codornas de corte sobre o crescimento ósseo, contudo Sagheer *et al.* (2004) trabalhando com frangos de corte submetidos a diferentes programas de luz também não encontraram diferenças no peso do fêmur nos diferentes tipos de iluminação.

Para os resultados das variáveis de qualidade óssea, índice de Seedor, deformidade e resistência da tíbia e do fêmur, não houve efeito de interação entre programa de luz e o sexo (Tabela 8). Esses parâmetros também não foram influenciados significativamente pelo sexo. Entre os programas de luz, observou-se que o índice de Seedor não diferiu significativamente tanto para a tíbia como para o fêmur, entretanto, a resistência e a deformidade do osso foram influenciadas significativamente pelo programa de luz para a tíbia, enquanto, não houve diferença significativa para o fêmur.

As aves submetidas ao programa de luz contínua apresentaram ossos da tíbia com menor resistência e deformidade em relação aos das aves submetidas aos programas de luz natural e intermitente que não diferiram entre si.

Segundo Rath *et al.* (2000), o osso é um tecido complexo e a densidade e a resistência do tecido ósseo está relacionada com o aspecto físico (formato, tamanho e massa), arquitetura (orientação das fibras de colágeno) e propriedades materiais (molécula matriz) e, assim, é possível que exista diferença na resistência de ossos que apresente propriedades físicas e composição química similares, da mesma forma, que pode ser verificada resistência óssea similar de ossos que apresentem diferenças de algumas propriedades físicas ou de composição. Nesse aspecto, pode-se explicar o fato de que embora a tíbia das aves não tenha variado significativamente em função dos programas de luz quando se mediu a densidade pelo índice de Seedor, foi observada influencia significativa dos programas de luz na resistência e deformidade.

Por sua vez, a diferença de resultados obtidos entre tíbia e fêmur pode ser atribuída às diferenças de padrão de crescimentos e propriedades físicas dos ossos das aves e de suas respostas ao fotoperíodo. Variações entre crescimento e qualidade óssea, assim como, respostas diferente entre os tipos de ossos ao fotoperíodo foram relatadas por outros pesquisadores para poedeiras (SILVERSIDES *et al.* 2006; HESTER *et al.*

2011). Respostas diferentes entre tibia e fêmur de frangos de corte à suplementação de cálcio e ácidos orgânica foram relatadas por ŚWIĄTKIEWICZ; ARCZEWSKA-WLOSEK, 2012.

Tabela 8- Parâmetros de qualidade óssea da tibia e do fêmur de codornas de corte aos 49 dias, submetidas a diferentes programas de iluminação

Parâmetros	Sexo	Programas de iluminação (PI)			Média	EPM	Efeito		
		Natural	Intermitente	Contínuo			PI	S	PI x S
Tibia									
Índice de SEEDOR (mg/mm)	Macho	18,22	18,54	17,62	18,21	1,08	NS	NS	NS
	Fêmea	18,36	18,50	18,60					
	Média	18,29	18,52	18,18					
Resistência (kgf/cm ²)	Macho	4,74	4,81	4,05	4,49	0,65	*	NS	NS
	Fêmea	4,46	4,65	3,74					
	Média	4,60A	4,72 ^a	3,89B					
Deformidade (mm)	Macho	2,09	1,86	1,38	1,76	0,43	**	NS	NS
	Fêmea	2,00	1,88	1,14					
	Média	2,04A	1,87 ^a	1,26B					
Fêmur									
Índice de SEEDOR (mg/mm)	Macho	18,11	18,39	17,78	18,21	1,08	NS	NS	NS
	Fêmea	18,68	19,47	18,62					
	Média	18,40	18,87	18,20					
Resistência (kgf/cm ²)	Macho	4,11	3,68	4,02	3,94	0,46	NS	NS	NS
	Fêmea	3,87	4,12	3,76					
	Média	3,99	3,88	3,89					
Deformidade (mm)	Macho	1,37	1,33	1,31	1,34	0,18	NS	NS	NS
	Fêmea	1,25	1,30	1,29					
	Média	1,31	1,32	1,30					

EPM: Erro padrão da média; (*) < 0,05; (**) < 0,01; NS: Não significativo. Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na linha, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Considerando a redução na qualidade óssea da tibia com o aumento do número de horas de luz, ao se submeter às aves ao programa de luz contínua, pode-se inferir que embora as aves submetidas à essa condição de manejo tenham apresentado uma aceleração do crescimento, deposição de matéria seca e mineral no osso, isso não foi suficiente para garantir a resistência e deformidade óssea da tibia. Dessa forma, como as aves submetidas ao programa de luz contínua apresentaram o maior crescimento, favorecendo o maior peso corporal aos 49 dias de idade, elas podem estar mais susceptíveis à problemas locomotores relacionados à qualidade óssea da tibia, como a discondroplasia tibial.

Vale ressaltar que embora machos e fêmeas submetidos ao programa de luz contínua tenham apresentado pior resistência e deformidade óssea para a tibia (Tabela 8), as fêmeas apresentaram os piores resultados em relação às demais aves do experimento. Essa situação fortalece a nossa expectativa de que a necessidade de mais

tempo para que ocorra a taxa de máxima deposição de cinzas no osso, juntamente, com a o maior crescimento corporal possa deixar as fêmeas mais suscetíveis ao aparecimento de problemas de pernas, principalmente, se um fator da criação venha a acelerar o seu crescimento, como ocorreu para as aves submetidas ao programa de luz contínua (Tabela 2). Novas pesquisas devem ser realizadas para melhor esclarecer essa dúvida.

Embora ainda não seja comum o relato de problemas locomotores nas atuais linhagens de codornas de corte, os efeitos dos programas de luz sobre a qualidade da tíbia das codornas ratificam as observações de alguns pesquisadores (RUTZ e BERMUDEZ, 2004), que em estudos sobre programas de luz para frangos de corte, concluíram que o melhor desempenho e bem-estar das aves poderiam ser alcançados com fotoperíodos moderados, que possibilitariam aumento nas horas de sono, menor estresse fisiológico, melhora na resposta imunológica e, possivelmente, melhora no metabolismo ósseo e na condição dos pés.

5 CONCLUSÕES

O programa de iluminação adotado na criação de codornas de corte influencia no crescimento e na qualidade óssea.

O programa de iluminação contínuo, com 23 horas de luz, influencia o crescimento ósseo das codornas de corte contribuindo para que a máxima taxa de crescimento e a deposição de matéria seca e mineral ocorram mais cedo. Entretanto, possibilita redução na deformidade e resistência óssea da tíbia, piorando a sua qualidade.

Para codornas de corte criadas em região equatorial o programa de iluminação natural (12 horas e 30 min de luz) ou o intermitente (18 horas de luz) deve ser utilizado, pois assegura o desenvolvimento e a qualidade óssea.

REFERÊNCIAS

- ABREU, N.M.V.; ABREU P.G. de; COLDEBELLA A.; PAIVA P. D. de; JAENISCH F.R.F. **Influência da cortina e do programa de luz no desempenho produtivo de frangos de corte e no consumo de energia elétrica.** Concórdia: Embrapa Suínos e aves (Comunicado técnico 437), 2006.
- AGUIAR G. C.; **Programas de Luz para codornas de corte criadas em região equatorial.** 2016. 68p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- ALMEIDA PAZ, I. C. L.; MENDES, A. A.; TAKITA, T. S.; VULCANO, L. C.; GUERRA, P. C.; WECHSLER, F. S.; GARCIA, R. G.; TAKAHASHI, S. E.; MOREIRA, J.; PELÍCIA, K.; KOMIYAMA, C. M.; QUINTEIRO, R. R. Comparison of techniques for tibial dyscondroplasia assessment in broiler chickens. **Brazilian Journal of Poultry Science.** v.7:1. P. 27-32. 2005
- ALMEIDA, M. I. M. DE; OLIVEIRA, E. G. DE; RAMOS, P. R. R.; et al. Desempenho produtivo para corte de machos de codornas (*Coturnix Sp.*) de duas linhagens, submetidos a dois ambientes nutricionais. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL*, 6, 2002, Campo Grande, **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2002.
- ARAÚJO, G.M., VIEITES, F.M., BARBOSA, A.A., CARAMORI JR. J.G., SANTOS, A.L., MORAES, G.H.K., ABREU, J.G. E MÜLLER, E.S. Variação aniônica da dieta sobre características ósseas de frangos de corte: resistência à quebra, composição orgânica e mineral. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p. 954-961. 2011.
- BANKS, W.J. Tecidos de sustentação - osso. *In: BANKS, W.J. (Ed.). Histologia veterinária.* 2. 1991, São Paulo: Manole, 1991. p. 137-165.
- BAXTER, M. et al. Red light is necessary to activate the reproductive axis in chickens independently of the retina of the eye. **Poultry Science**, Champaign, v. 93, n. 5, p. 1289-1297, May 2014.
- BARBOSA, A. A. **Aspectos físicos, químicos e mecânicos de fêmures de frangos de corte.** 2005. 75p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.
- BÉLGICA. The welfare of chickens kept for meat production (Broilers). **Report...** Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare. European Commission Report B3, R15, 2000. P Unit. B3, Directorate B of the European Commission, Brussels, 2000.
- BRUNO, L.G.D. **Desenvolvimento ósseo em frangos de corte: Influência da restrição alimentar e da temperatura ambiente.** 2002. 72p. Tese (doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- CORREA A. B - **Desempenho e características de carcaça de codornas de corte em função da idade da matriz, peso do ovo e nível nutricional.** 2010.118 f. Tese (doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.
- COWINS S. C.; MOSS L. S.; MOSS M. L. Candidates for the mechanosensory system in boné. **Journal of Biomechanical.** Estados Unidos, v.113, p. 191-197, 1991.

CLASSEN, H.L.; RIDDELL, C. Photoperiodic effects on performance and leg abnormalities in broiler chickens. **Poultry Science**, v.68, p.873-879, 1989.

DIBNER, J.J.; RICHARDS, J.D.; KITCHELL, M. L. Metabolic challenges and early bone development. **Poultry Science**, v.16, n.1, p.126-137, 2007.

JUNQUEIRA, Luis Carlos; CARNEIRO, Junior. **Histologia básica**. 12. ed. Rio de Janeiro-Guanabara Koogan, 2004, p.45.

BERTECHINI, A.G. Situação Atual e Perspectivas Para a Coturnicultura no Brasil. *In...* IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL E III CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA. 2010. Lavras: **Anais...** Lavras - MG, 2010.

BERTECHINI, A. G.; KATO, R. K.; FASSANI, E. J. Novos conceitos aplicados à produção de codornas. *In:* SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 1. 2002. Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA; NECTA, 2002. p. 218.

DONALD, J., ECKMAN, M., SIMMONS, G. Control de la luz en la producción de pollo de engorda. **Indústria Avícola**, p.24-26, 2001.

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

FREITAS, A.R.; ALBINO, L.F.; ROSSO, L.A. **Estimativas do peso de frangos machos e fêmeas através de modelos matemáticos**. Concórdia, Embrapa-CNPASA. p.14. (Comunicado Técnico 68). 1983.

GONZALES, E.; SARTORI, J.S. **Crescimento e metabolismo muscular**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP: Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte, 2002. p.279-298.

GOUS, R.M.; MORAN JR., E.T.; STILBORN, H.R.; BRADFORD, G.D.; EMMANS, G.C. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. **Poultry Science**, v.78, n. 6 p. 812-821,1999.

GONZALES, E.; MENDONÇA JÚNIOR, C.X. Problemas locomotores em frangos de corte. *In:* VII SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA. 2006. CHAPECÓ. 2006. **Anais...** Chapecó-SC. p. 79-94. 2006.

HEINZEN, F.L. **A realidade em uma pequena empresa da avicultura catarinense**. 2006. p. 44. Monografia (Graduação)- Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

HESTER P. Y.; WILSON D. A. ; SETTAR P. ; ARANGO J. A. ; O'SULLIVAN N. P. Effect of lighting programs during the pullet phase on skeletal integrity of egg-laying strains of chickens . **Poultry Science**. 2011, v.90 (8), p. 1645-1651.

JOHNSON, L.R. Fundamento de fisiologia médica. **Guanabara Koogan**. Rio de Janeiro. 2º Ed., p. 502-511, 2000.

LEACH, R.M.; LILBURN, M.S. Current knowledge on the etiology of tibial dyschondroplasia in the avian species. **Poultry Science.**, v.4, p.57-65, 1993.

LOPES, R.C.S.O. **Avaliação de fêmures de frangos de corte alimentados com farelo de resíduo de manga.** 2009. 82 p. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2009.

LIU D. **The effects of dietary on boné chemical, mechanical, and histologia properties in japanese quail (*Coturnix C. Japonica*)** – 2000. 148 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e de frangos de corte) – Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, Estados Unidos, 2000.

LI, T., HOWLAND, H.C. Role of the pineal gland in ocular development of the chick in normal and constantlight conditions. **Investigative Ophthalmology and VisualScience**, v. 47,p. 5132–5136, 2006.

YALÇIN, S., OZKAN, S.; SETTAR, P. Influence of ambient temperature and genotype on bone parameters and incidence of leg disorders of male and female broilers. **Proceedings of the World's Poultry Congress**, New Delhi, Índia, v. 12. p. 577-580, 1996.

MARCATO, S. M.; SAKOMURA, N. K.; MUNARI, D. P.; Fernandes J. B. K.; Kawauchi Í. M.; Bonato M.A. Growth and body nutrient deposition of two broiler commercial genetic lines. **Brasilian Journal of Poultry Science**, v.10, n.2, p.117-123, 2008.

MATOS, E. H. F. **Dossiê técnico de criação de codornas** - Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília – CDT/UnB, 22 p. 2007.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte.** Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994, p. 246.

MENCH, J. A. Environmental enrichment and the importance of exploratory behavior. *In*: Shepherdson, D. J.; Mellen, J. D.; Hutchins, M. (Eds.) *Second Nature, Environment Enrichment for Captive Animals.* **Anais...** Washington/EUA: Smithsonian Institution, p. 30-46, 1998.

MORAES, D. T. Efeito dos programas de luz sobre o desempenho, rendimento de abate, aspectos econômicos e resposta imunológica em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, p. 201-208. 2008.

MORAES, V. M. B.; ARIKI, J. Importância da nutrição na criação de codornas de qualidades nutricionais do ovo e carne de codorna. Universidade estadual paulista, Jaboticabal-SP, p.97-103, 2009.

MOREKI J. C. **The influence of calcium intake by broilers breeders on boné development egg characteristics.** 2005. 233 p. Tese (Doutorado em ciências naturais e agricultura) - University of the free State. Republica da África do Sul, 2005.

MORRIS, M.P. **National survey of leg problems.** Broiler Industry, May, p. 20-24, 1993.

MILLS, A. D. et al. The behavior of the Japanese or domestic quail *Coturnix Japonica*. **Neuroscience and Behavioral Reviews**, New York, v. 21, n. 3, p. 261-281, Mar. 1997.

Murakami A. Balance eletrolítico da dieta e sua influência sobre o desenvolvimento dos ossos de frangos. *In*. CONFERÊNCIA APINCO 2000 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA. 2000, Santos. **Anais...** Santos: FACTA, v. 2, p. 40, 2000.

NEWBERRY, R. C. Environment enrichment: increasing the biological relevance of captive environments. **Applied Animal Behaviour Science**. v. 44, p. 229-243, 1995.

NISKIER, J.; MACINTYRE, A. J. **Instalações Elétricas**. Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC, 2000, p.241-306.

NRC - National Research Council, **Nutrient requirements of poultry**. Washington: National Academy Press, 9th revised ed., 1994.

OLIVEIRA, A. F. G. **Estudo do padrão de crescimento ósseo em frangos de corte de diferentes grupos genéticos criados em duas densidades populacionais**. 2006. 73 p. Dissertação (Mestrado em produção animal) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2006.

OLIVEIRA, R.P. de. **Avaliação do desenvolvimento da discondroplasia tibial em frangos de corte submetidos à dieta com 25 hidroxicolecalciferol - Características ultraestruturais**. 2008. 85 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo. Pirassununga – SP, 2008.

OLIVEIRA, E.G. Pontos críticos no manejo e nutrição de codornas. *In*: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS E TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas, p.71-96, 2001.

PASTORE, S.M.; OLIVEIRA, W.P. de; MUNIZ, J.C.L. Panorama da coturnicultura no Brasil. **Revista eletrônica nutritime**. v.9, p.2041–2049, 2012.

PATTISON M. Impacts of boné problems on the poultry meat industry. **Bone Biology and Skeletal Disorders in Poultry**. p. 329-338. 1992.

PIZAURO JÚNIOR, J.M. Estrutura e função do tecido ósseo. *In*: MACARI, M., FURLAN, R.L. E GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frango de corte**. FUNEP. Jaboticabal-SP, p. 247-265, 2002.

PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; VARGAS JÚNIOR, J.G.DE. Níveis de Proteína e Energia para Codornas Japonesas em Postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**., vol.31, n.4, p.1761-1770, 2002.

RATH, N.C.; Huff G.R.; Huff W.E.; Balog, J.M. Factors regulating bone maturity and strength in poultry. **Poultry Science**, v.79, p. 1024-1032, 2000.

REIS, D. T. C. **Aspectos físicos, químicos e mecânicos de tíbias de frango de corte**. 2005. p.76. Tese (doutorado)- Universidade Federal de Viçosa- Minas Gerais, 2005.

RHO, J.Y.; KUHN-SPEARING, L.; ZIOUPOS, P. Mechanical properties and the hierarchical structure of bone. **Medical Engineering e Physics**. v.20, n.1, p.92-102, 1998.

RUTZ, F., BERMUDEZ, V.L. Fundamentos de um programa de luz para frangos de corte. *In*: MENDES, A.A.; MACARI, M. (Ed.). **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, P.1 57-168. 2004.

SAGHEER M, MAKLED MN, MOHAMMAD MA. Effect of different lighting programmes on broiler performance. **Egyptian Poultry Science Journal**, v.24, p.737-750. 2004.

SEEDOR J.G. The bisphosphonate alendronate (MK-217) inhibit bone loss due to ovariectomy in rats. **Bone and Mineral Research**, 1991. v6, p. 339-346.

SILVA E.L.; SILVA J.H.V.; JORDÃO FILHO J.; RIBEIRO G. L. M.; COSTA P. G. F.; RODRIGUES B. P.; Redução dos níveis de proteínas e suplementação aminoacídica em rações para codornas europeias (*Coturnix coturnix coturnix*). **Revista Brasileira Zootecnia.**, v.35, p.822-829, 2006.

SILVA D.J.; QUEIROZ A.C. . métodos químicos e biológicos. Viçosa: **Análises de alimentos**. Editora UFV.2002. p.235.

SILVERSIDES F. G. KORVER D. R. BUDGELL K. L.. Effect of strain of layer and age at photostimulation on egg production, egg quality, and bone strength. **Poultry Science**. 2006, v.85, p. 1136–1144.

ŚWIĄTKIEWICZ S., ARCZEWSKA-WLOSEK A. Bone quality characteristics and performance in broiler chickens fed diets supplemented with organic acids Czech J. **Animal Science.**, 2012, v.57 (4), p. 193-205.

SULLIVAN, T.W. Skeletal problems in poultry: estimated annual cost and descriptions. **Poultry Science**, v.73, p.879-882, 1994.

TALATY P.N.; KATANBAF M. N.; HESTER P. Y. Life cycle changes in bone mineralization and bone size traits of commercial broilers. **Poultry Science**, Estados Unidos, v.88, n.5 p.1070-1077, 2009.

ZHANG, L. et al. Changes of plasma growth hormone, insulin-like growth factors-I, thyroid hormones, and testosterone concentrations in embryos and broiler chickens incubated under monochromatic green light. **Italian Journal of Animal Science**, Rome, v. 13, n. 3, p. 530-535, July 2014.

WATKINS, B. A.; Seifert, M. F. Conjugated Linoleic Acid and Bone Biology. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 19, n. 4, p. 478s-486s, 2000.