

**UNIVERSIDADE BRASIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL
CAMPUS DESCALVADO**

JACKELINE SILVA DE CARVALHO

COENZIMA Q10 EM DIETA PARA CODORNA JAPONESA (*Coturnix japonica domestica*) EM FASE DE POSTURA

**COENZYME Q10 IN DIET FOR JAPANESE QUAIL (*Coturnix japonica domestica*)
IN LAYING PHASE**

Descalvado, SP

2021

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL

JACKELINE SILVA DE CARVALHO

COENZIMA Q10 EM DIETA PARA CODORNA JAPONESA (*Coturnix japonica domestica*) EM FASE DE POSTURA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Brasil como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Prof. Dr. Wanderley José de Melo
Orientador

Prof. Dr. Gabriel Maurício Peruca de Melo
Coorientador

Descalvado, SP

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

C324c Carvalho, Jackeline Silva de
Coenzima Q10 em dieta para codorna japonesa (*Coturnix japonica domestica*) em fase de postura / Jackeline Silva de Carvalho. -- Descalvado: Universidade Brasil, 2021.
47f. : il. ; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Wanderley José de Melo

Coorientador: Prof. Dr. Gabriel Maurício Peruca de Melo

1. Desempenho. 2. Dietas. 3. Nutrição de aves. 4. Quinona. 5. Ubiquinona. Título.

CDD 636.59




CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Jackeline Silva de Carvalho


"COENZIMA Q10 EM DIETA PARA CODORNA JAPONESA (*Coturnix japonica domestica*) EM FASE DE POSTURA"

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:




Prof. Dr. Wanderley José de Melo
(Orientador)

Programa de Pós-Graduação em Produção Animal



Profa. Dra. Liandra Maria Abaker Bertipaglia
Programa de Pós-Graduação em Produção Animal



Dr. Leandro Felix Demuner
(Secitec / MT – Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação)

Descalvado, 26 de Janeiro de 2021

Prof. Dr. Wanderley José de Melo
Presidente da Banca

Houve alteração do Título: sim () não (x)



Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respeetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://universidadebrasil.edu.br/portal/cursos/ppgpa/>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: "COENZIMA Q10 EM DIETA PARA CODORNA JAPONESA (*Coturnix japonica domestica*) EM FASE DE POSTURA"

Houve alteração do Título: sim () não (x)

Autor(es):

Docente: Jackeline Silva de Carvalho

Assinatura: 

Orientador: Prof. Dr. Wanderley José de Melo

Assinatura: 

Data: 26 de Janeiro de 2021.

DEDICATÓRIA

A Jesus, Senhor da minha vida, exclusivamente dedico, como reconhecimento pelo amor que me tem revelado e grande vitória que me tem proporcionado.

“Porque o amor de Cristo nos constrange...”; II Co. 5:14 ;
“Porque dele e por Ele e para Ele são todas as coisas. Glória, pois, a Ele eternamente. Amém.” Rm. 11:36

AGRADECIMENTOS

Ao meu Amado Jesus, pelo seu amor, cuidado e provisão em todo o tempo para comigo.

Ao meu esposo e companheiro em todas as horas, Marcelo Rocha da Silva, pela compreensão e por ter adiado um sonho nosso – aquisição da casa própria para realização de uma conquista profissional minha- mestrado profissional.

Ao meu filho, Heitor Carvalho Rocha da Silva, pela compreensão, pela prestatividade, pela atenção com as codornas e ajuda com os ovos;

Aos meus pais, Solange Florentino da Silva e Valdecir de Carvalho, pelo apoio e incentivo em todos os momentos;

Aos meus irmãos, Alexandre Silva de Carvalho e Leandro Silva de Carvalho, por me ajudarem na realização de mais uma conquista;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Wanderley José de Melo, pela orientação, conselhos e confiança em mim depositada.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Gabriel Mauricio Peruca de Melo, pelas valiosas instruções acadêmicas e profissionais e, também pela disposição de ajudar a fazer além do que estabelece a coorientação em si.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Produção Animal do Campus de Descalvado - São Paulo, Cássia Maria Barroso Orlandi, Cynthia Pieri Zeferino, Kathery Brennecke, Liandra Maria Abaker Bertipaglia, Luiz Arthur Malta Pereira, Marco Antonio de Andrade Belo, Paulo Henrique Moura Dian, Sarah Sgavioli, Thaila Cristina Putarov, Vando Edesio Soares.

Aos colegas da turma, Anderson Braun dos Santos, Débora Naihane Alves Sodré, Dilma Farias de Araújo, Erica Batista Mota, Giancarlo Rieger, Ismael dos Santos Junior, Jhienny Cristina Petry, Lucas Azevedo Almeida, Pricila Ninon, Wanessa Daroz Matte, Willian Boni; pelos momentos compartilhados, amizade e aprendizado.

De modo especial, à Médica Veterinária Aline Taissa Silva Moraes, por ajudar na execução do experimento, por se importar com o manejo e seus detalhes e contribuir com seus conhecimentos para as soluções das adversidades durante todo o experimento.

Ao Secretário de Agricultura Pecuária e Meio Ambiente do Município de Campos de Júlio MT, Abdo El Kadri, por estar sempre à disposição para ajudar, não importando o dia nem a hora.

Ao Prof. Dr. Leandro Félix Demuner, pela contribuição com seus conhecimentos zootécnicos para a realização do experimento, pela gentileza e prontidão em ajudar o próximo.

Ao Maurício Ramos Sales, QRA Perdido, pela amizade, pelas palavras de força e motivação, por fazer o transporte das amostras do experimento, pela disposição e benevolência.

Para não pecar por omissão, a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para realização deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

“Que os vossos esforços desafiem
as impossibilidades, lembrai-vos
de que as grandes coisas do
homem foram conquistadas do que
parecia impossível.”
(Charles Chaplin)

RESUMO

Esse estudo teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo de codornas de postura alimentadas com diferentes níveis de Coenzima Q10 (CoQ10). O ensaio foi instalado em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema de análise fatorial 3x3 analisado como medidas repetidas no tempo, com 5 repetições por tratamento (12 aves por box). O fator (A) foi constituído por 3 tratamentos (T1. sem adição de CoQ10 na ração; T2. ração com adição de 100 mg CoQ10.kg⁻¹ MS; T3. ração com adição de 200 mg CoQ10.kg⁻¹ MS). O fator (B), por três períodos experimentais (C1. de 1 a 28 dias de suplementação; C2. período de 29 a 56 dias de suplementação e, C3. período de 57 a 84 dias de suplementação). Foram avaliados o consumo de ração, taxa de postura, peso médio dos ovos e conversão alimentar. Não houve interação entre as doses de CoQ10 e os ciclos produtivos e, apenas o peso do ovo não apresentou significância para o fator dose de CoQ10. O consumo de ração aumentou linearmente, a taxa de postura e a conversão alimentar apresentaram resposta quadrática com ponto de máximo a 87,43 mg CoQ10 kg⁻¹ e 100,17 mg CoQ10 kg⁻¹, respectivamente. O fator ciclo produtivo apresentou resposta quadrática com ponto máximo de consumo de ração aos 53 dias de experimentação, a taxa de postura decresceu com o decorrer do experimento e o inverso ocorreu com o peso do ovo e a conversão alimentar. A inclusão de 100 mg CoQ10 kg⁻¹ MS na ração para codornas japonesas, em fase inicial, aumenta a taxa de postura, o que resulta em melhor conversão alimentar o que pode indicar uma possível ação sobre processos fisiológicos reprodutivos. A inclusão de 200 mg CoQ10 kg⁻¹ MS de ração não traz benefícios produtivos e, em função da redução no consumo de ração, pode representar o limite superior de inclusão da CoQ10 na dieta da ave.

Palavras-chave: desempenho, dietas, nutrição de aves, quinona, ubiquinona

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the productive performance of laying quails fed different levels of Coenzyme Q10 (CoQ10). The trial was installed in a completely randomized design, in a 3x3 factorial analysis scheme analyzed as repeated measures over time, with 5 replicates per treatment (12 birds per box). Factor (A) consisted of 3 treatments (T1. Without addition of CoQ10 in the diet; T2. Diet with addition of 100 mg CoQ10.kg⁻¹ MS; T3. Diet with addition of 200 mg CoQ10.kg⁻¹ MS). Factor (B), for three experimental periods (C1. From 1 to 28 days of supplementation; C2. From 29 to 56 days of supplementation; and C3. From 57 to 86 days of supplementation). Feed intake, laying rate, average egg weight and feed conversion were evaluated. There was no interaction between the doses of CoQ10 and the production cycles, and only the weight of the egg was not significant for the dose factor of CoQ10. Feed intake increased linearly, the laying rate and feed conversion showed a quadratic response with a maximum point at 87.43 mg CoQ10 kg⁻¹ and 100.17 mg CoQ10 kg⁻¹, respectively. The productive cycle factor showed a quadratic response with the maximum point of feed consumption after 53 days of experimentation, the laying rate decreased with the course of the experiment and the reverse occurred with egg weight and feed conversion. The inclusion of 100 mg CoQ10 kg⁻¹ MS in the diet for Japanese quails, in the initial phase, increases the laying rate, which results in a better feed conversion which may indicate a possible action on reproductive physiological processes. The inclusion of 200 mg CoQ10 kg⁻¹ DM of feed does not bring productive benefits and, due to the reduction in feed consumption, may represent the upper limit of inclusion of CoQ10 in the bird's diet.

Keywords: diets, nutrition, performance, poultry, quinone, ubiquinone

DIVULGAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO

Os resultados obtidos no experimento evidenciaram o efeito positivo da aplicação de uma dose adequada de CoQ10 na dieta de codornas japonesas em fase de postura. As codornas consumiram em média 24,8 g dia⁻¹ de ração, sendo que as codornas alimentadas com ração aditivada com 200 mg CoQ10 Kg⁻¹ de ração apresentaram consumo menor que as alimentadas com ração que não recebeu ou que recebeu 100 mg CoQ10 Kg⁻¹ de ração. O maior número de ovos foi obtido no segundo ciclo de produção, que ocorreu dos 29 aos 57 dias do experimento. A maior taxa de postura ocorreu com as codornas alimentadas com 100 mg CoQ10 kg⁻¹ de ração, e essa também proporcionou a maior persistência no pico de produção, sendo que o ponto máximo de postura ocorreu na dose de 87,43 mg CoQ10 kg⁻¹ de ração. A menor taxa de postura ocorreu no terceiro ciclo produtivo (dos 57 aos 84 dias), acentuando conforme se aproximava o fim do ciclo. O menor peso do ovo ocorreu no primeiro ciclo, sendo esse fator diretamente proporcional ao desenvolvimento do sistema reprodutor das aves. A conversão alimentar com a utilização de 100 mg CoQ1- kg⁻¹ de ração foi a melhor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A estrutura química da ubiquinona (UQ)*	21
Figura 2 - Fluxograma do papel da CoQ10 na produção de ATP mitocondrial	22
Figura 3 - Instalação experimental das codornas na visão frontal (a) e lateral (b) da bateria	29
Figura 4 - Vista frontal das gaiolas com iluminação artificial	30
Figura 5 - Ração comercial (a) sendo misturada à pré-mistura contendo CoQ10 para a fabricação da ração experimental (b)	32
Figura 6 - Amostragem dos ovos (a), pesagem e armazenamento em cartelas de plásticos identificadas (b)	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média de horas de luz natural e artificial no dia em cada ciclo.....	30
Tabela 2 – Composição bromatológica das rações dos tratamentos avaliados formulados para codornas em postura.....	31
Tabela 3 – Temperatura e umidade relativa do ar médias e pluviosidade pela manhã e tarde em cada ciclo produtivo*	35
Tabela 4 - Consumo de ração. Expresso em gramas animal dia, por codornas japonesas que receberam doses crescentes de CoQ10 na ração em três ciclos experimentais.....	36
Tabela 5 - Taxa de postura, expressa em %, de codornas japonesas que receberam doses crescentes de CoQ10 na ração, em três ciclos experimentais.	37
Tabela 6 - Peso do ovo, expresso em gramas, de codornas japonesas que receberam doses crescentes de CoQ10 na ração em três ciclos experimentais. .	39
Tabela 7 - Conversão alimentar de codornas japonesas que receberam doses de CoQ10 na ração em três ciclos experimentais.	40

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ATP	Adenosina Trifostato
CoQ10	Coenzima Q10
CK	Creatina quinase
mg	miligrama
mm	milímetro
mol	Mol
SP	São Paulo
UI	Unidade Internacional
UQ	Ubiquinona
UQH ₂	Ubiquinona reduzida
Vit. C	vitamina C
VLDLy	<i>Very Low Density Lipoprotein yolk</i> ou Lipoproteínas de baixa densidade da gema
μmol	micromol

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETIVO GERAL	18
2.1 Objetivos específicos.....	18
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	19
3.1 Codornas.....	19
3.2 Coenzima Q10	21
3.3 Efeitos da coenzima Q10 em animais domésticos	24
4. MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 Local do experimento	28
4.2 Animal teste	28
4.3 Instalação do experimento.....	28
4.4 controle de peso e postura pré-experimental	28
4.5 Manejo diário	29
4.6 Delineamento experimental e tratamentos	31
4.7 Preparo das Rações	32
4.8 Avaliações de Desempenho	32
4.8.1 Consumo total de ração	32
4.8.2 Taxa de postura.....	33
4.8.3 Peso médio dos ovos	33
4.8.4 Conversão alimentar.....	33
4.9 Análise estatística.....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
6. CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1. INTRODUÇÃO

A avicultura tem sido considerada uma das principais atividades pecuárias no Brasil, e vem ocupando cada vez mais seu espaço no agronegócio brasileiro com um crescimento constante dessa atividade desde 1987 (IBGE, 2019a). Isso se deve aos avanços tecnológicos, nutricionais e aos profissionais capacitados que atuam no setor (BITTENCOURT, 2018).

De acordo com o IBGE o Brasil atingiu, em 2019, o recorde de produção de 4,6 bilhões de dúzias de ovos, com o consumo médio de 230 unidades por pessoa. Sendo 43,4% da produção na região Sudeste; 22,6% na região Sul; 17,6% no Nordeste; 12,5% no Centro-Oeste e 3,9% na região Norte (IBGE, 2019b).

Dentro da avicultura, a coturnicultura brasileira tem apresentado crescimento significativo e grande parte desse crescimento se deve às duas principais empresas no Brasil que trabalham com o melhoramento genético de codornas para comercialização, a Vicami e a Fugikuri, ambas no Estado de São Paulo. Porém, há uma limitada produção de pintanhas pelos matrizeiros (BERTECHINI, 2012).

Em 2019, estimou-se um efetivo de 17,4 milhões de aves com produção de ovos de codorna de 315,6 milhões de dúzias, apresentaram aumentos em relação ao ano anterior (3,4% e 5,9%, respectivamente) (IBGE, 2019b).

O setor de produção de ovos de codorna vem crescendo devido aos seguintes fatores: mudanças sociais e de hábitos da população brasileira, aumento da produção, melhora no conhecimento da qualidade do produto e comercialização (PASTORE; OLIVEIRA; MUNIZ, 2012), sendo encontrado facilmente em supermercados, tanto *in natura* como em conserva (BITTENCOURT, 2018).

O ovo de codorna é um alimento balanceado nutricionalmente e de fácil digestibilidade. É considerado um alimento da medicina natural, especialmente para reduzir o colesterol, a pressão do sangue, aumentar a imunidade e no tratamento de alergias. Sua qualidade depende principalmente do tipo de criação, da idade da ave, da composição da ração e também do tempo e temperatura de armazenamento (ONDRUŠÍKOVÁ et al., 2018).

A codorna possui baixo consumo de ração, porém os custos da produção são afetados porque estas aves são nutricionalmente exigentes. A utilização de ingredientes alternativos (GARCIA et al., 2012) e aditivos (LE MOS et al., 2017),

podem reduzir os custos na produção de ovos sem prejuízos no desempenho das codornas.

Assim, a busca de ingredientes de boa qualidade, baixo custo e que atenda às exigências das codornas japonesas em diversas fases de criação é indispensável, pois o mercado está cada vez mais competitivo e os consumidores mais exigentes quanto ao produto final (ovo ou carne) (PASTORE; OLIVEIRA; MUNIZ, 2012).

2. OBJETIVO GERAL

Este estudo teve como objetivo geral avaliar o efeito da inclusão de diferentes níveis de coenzima Q10 na dieta de codornas japonesas (*Coturnix japonica domestica*) em fase inicial de postura, mantidas em gaiolas no desempenho produtivo.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a eficiência produtiva de codornas japonesas (*Coturnix japonica domestica*) suplementadas com níveis crescentes de CoQ10 por meio do(a):

- Consumo de ração;
- Taxa de postura;
- Peso do ovo inteiro;
- Conversão alimentar.

3. REVISÃO DA LITERATURA

A produção animal é afetada por diversos fatores externos e internos que inequivocamente incluem a nutrição (KARÁSKOVÁ; SUCHÝ; STRAKOVÁ, 2015). Os estudos realizados na área de nutrição de codornas têm sido basicamente em exigências nutricionais de proteína, energia e aminoácidos (ROCHA COSTA et al., 2010). Entretanto, novos estudos, incluindo aditivos na alimentação de aves vem sendo desenvolvidos para maximizar o desempenho dos animais criados em temperaturas elevadas (BAYRIL et al., 2020; GOPI; PURUSHOTHAMAN; CHANDRASEKARAN, 2014) e a qualidade dos ovos (DE LEMOS et al., 2018), uma das alternativas para o progresso na área da nutrição.

A utilização de ingredientes aditivos nas rações tem sido uma medida economicamente viável para a avicultura intensiva devido à necessidade de melhoria na eficiência dos animais nas diferentes fases de produção (LEMOS et al., 2017). Nesta linha de pesquisa, a coenzima Q10 (CoQ10) vem despertando como suplemento na dieta de animais, mas ainda com poucas informações disponíveis sobre os efeitos provocados.

A suplementação oral com CoQ10, essencial para a produção de ATP e atuando como antioxidante tem sido utilizada para melhoria da saúde em humanos e animais (GOPI; PURUSHOTHAMAN; CHANDRASEKARAN, 2015).

Existem poucos estudos sobre o uso da coenzima Q10 na alimentação de aves. Entre eles, tem sido investigada a suplementação com o intuito de aumentar o conteúdo calórico da dieta e reduzir os efeitos do estresse térmico (BAYRIL et al., 2020; GOPI; PURUSHOTHAMAN; CHANDRASEKARAN, 2014, 2015).

3.1 CODORNAS

Lukanov (2019), em revisão sobre codornas, observou que a classificação desses animais está situada na ordem dos Galináceos, na família Phasianidae e no gênero Coturnix. Contudo, a codorna japonesa doméstica não é uma subespécie, e sim uma espécie.

Portanto, a teoria de que cruzamentos entre codornas europeias e espécies silvestres levaram a uma subespécie Japônica (TEJEDOR et al., 2001) tornou-se antiquada. Há evidências (CHANG et al., 2007) de que codornas japonesas selvagens possuem pouca diferença na diversidade genética de codornas japonesas domésticas.

Para evitar confusão nos nomes e enfatizar mudanças resultantes da domesticação, o termo "codorna doméstica", correspondente à *Coturnix japônica doméstica*, é o mais apropriado (LUKANOV, 2019).

Dessa maneira, existem codornas domesticadas e codornas selvagens ou comuns, que incluem cinco subespécies principais: codorna Europeia (*Coturnix Coturnix Coturnix*), Codorniz-dos-Azores (*Coturnix Coturnix conturbans*), codorna Abyssinian (*Coturnix Coturnix erlangeri*), codorna Africana (*Coturnix Coturnix africana*) e a codorna das ilhas de Cabo Verde (*Coturnix Coturnix inopinata*) (LUKANOV, 2019).

O primeiro registro de codornas japonesas selvagens foi no século VIII no Japão, e por volta do século XI as codornas japonesas eram criadas como pássaros de canto para a luta e sacrifícios no Leste e Sudeste asiático. Segundo Lukanov (LUKANOV, 2019), a verdadeira domesticação ocorreu no Japão no período entre o final do século XIX e início do século XX.

As codornas foram introduzidas no Brasil por imigrantes italianos e japoneses que enxergaram a criação como bom negócio devido às características de produção como alta fertilidade, rápido crescimento, maturidade sexual precoce, longevidade, criação com baixo investimento e rápido retorno financeiro logo, grandes investimentos foram feitos (PASTORE; OLIVEIRA; MUNIZ, 2012).

O dimorfismo sexual em codorna é feito pela cloaca ou pela coloração do peito e bochecha na fase adulta. Os machos adultos apresentam peito mais alaranjado e as fêmeas com pintas, sendo mais representativa na produção de ovos e os machos para a produção de carne (TEJEDOR et al., 2001).

Na coturnicultura, utiliza-se a codorna europeia para produção de carne e a codorna japônica para produção de ovos e carne (DE OLIVEIRA GRIESER et al., 2017). Devido às características de produção da codorna japonesa, sua criação tem se tornado importante atividade econômica mundial.

As codornas produzem cerca de 10% dos ovos de mesa no mundo, ou cerca de 1,2 - 1,3 milhões de toneladas, enquanto as galinhas dominam a produção

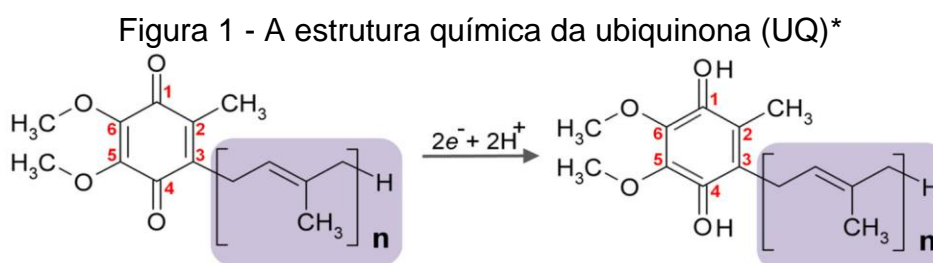
com cerca de 72 milhões de toneladas em 2016 (CONWAY, 2017, p. 30-36, apud LUKANOV (LUKANOV, 2019), p. 4). No Brasil, em 2018, foram criadas 16,8 milhões de cabeças com produção de 297.311 mil dúzias de ovos (IBGE, 2018).

Além da produção de ovos e carnes, a codorna japonesa domesticada vem sendo muito utilizada como modelo de animal em laboratório para estudos em diversas áreas das ciências. Devido ao pequeno tamanho corporal, robustez, maturação rápida, capacidade de postura e alojamento adaptativo da gaiola, são conhecidas como "Drosófila do laboratório aviário" (LUKANOV, 2019).

3.2 COENZIMA Q10

As Quinonas, tais como a coenzima Q ou vitamina K, são uma classe química de compostos, contendo um sistema de anéis quinoides (ERB et al., 2012). A Coenzima Q, também conhecida como CoQ, Ubiquinona (UQ) e Ubidecarenona, é uma benzoquinona que está presente em quase todas as células, fazendo parte das membranas mitocondriais (BANK; KAGAN; MADHAVI, 2011; GUEVEN; WOOLLEY; SMITH, 2015)

A CoQ é uma biomolécula redox-ativa, composto de anel benzoquinona conjugada a uma cauda de poliisoprenóide, que varia em número em diferentes espécies (Figura 1). Em leveduras e *E. coli* são 6 e 8 sub unidades de isopreno (UQ6 e UQ8, respectivamente), enquanto UQ9 é encontrada em roedores e vermes e UQ10, em humanos. Além disso, a UQ9 é uma forma menor e rara em humanos, enquanto o UQ10 é a forma menor em camundongos (WANG; HEKIMI, 2013).

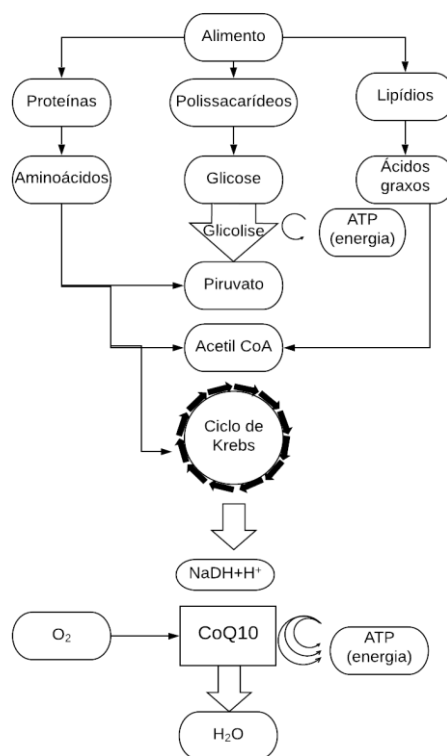


Fonte: Wang; Hekimi (2013) *O índice numérico n indica o número de subunidades de isopreno na cauda. Os números em vermelho se referem à posição dos átomos de carbono no anel quinona. A adição de dois elétrons e 2 H⁺ à UQ oxidada resulta na sua forma reduzida, UQH₂

Os processos bioquímicos que ocorrem no interior da célula e envolvem a produção, transformação e utilização da energia contam com a participação do ATP

(adenosina trifostafato) como principal fonte de energia, advindo da fosforilação oxidativa no interior da mitocôndria. A CoQ10 é um componente crucial desse sistema, onde a energia derivada de ácidos graxos e carboidratos é convertida em ATP, que é usado em processos biossintéticos (Figura 2).

Figura 2 - Fluxograma do papel da CoQ10 na produção de ATP mitocondrial



Fonte: Adaptado de BLIZNAKOV; CHOPRA; BHAGAVAN (2004)

As funções mais conhecidas da CoQ10 são as de transportar elétrons na cadeia respiratória para produção de energia; agir como antioxidante lipossolúvel nas membranas celulares (WANG; HEKIMI, 2013); atuar no estresse oxidativo, que é patologicamente alterado em muitos distúrbios mitocondriais e neuromusculares (ERB et al., 2012).

Por fazer parte da cadeia transportadora de elétrons, a CoQ10 encontra-se em grande quantidade na mitocôndria de órgãos que necessitam de muita energia, como: músculos, rim, fígado, cérebro e coração. Esses órgãos são mais suscetíveis à ação de radicais livres de oxigênio, e a Coenzima Q10, que apresenta capacidade antioxidante, assume essa função e sua concentração diminui, fato perceptível em algumas patologias. Fatores como o envelhecimento, a genética e o tratamento com

estatinas também podem levar a uma queda na concentração de CoQ10 em níveis plasmáticos (BLIZNAKOV; CHOPRA; BHAGAVAN, 2004).

A CoQ10, com peso molecular $863,3 \text{ g mol}^{-1}$, é uma molécula altamente lipofílica e praticamente insolúvel em água (PUBCHEM, 2020). Sua absorção e transporte é semelhante a outros compostos lipofílicos como a vitamina E (BANK; KAGAN; MADHAVI, 2011).

Quando administrada por via oral, a ubiquinona é convertida para a forma reduzida (ubiquinol) pelos enterócitos, com absorção lenta e incompleta pelo intestino delgado (MILES, 2007), entrando na circulação através do sistema linfático. A CoQ10 é transportada por lipoproteínas e é encontrada principalmente na fração LDL (*Low Density Lipoproteins* ou Lipoproteínas de baixa densidade) do colesterol (NIKLOWITZ et al., 2007).

A CoQ, quando incorporada à vitamina E, apresentou a absorção com maior fluidez da membrana, estimulando o crescimento celular e inibindo a apoptose (28, 29). O ubiquinol e a vitamina E evitam a peroxidação na biomembrana, eliminando o radical lipídico peroxil, neutralizando os radicais livres, e a CoQ10 regenera a forma reduzida de vitamina E (OUCHI; NAGAOKA; MUKAI, 2010).

A redução da CoQ endógena por succinato ou NADH resulta em uma inibição praticamente completa de peroxidação lipídica, diminuindo o potencial antioxidante de proteger fosfolípidios e proteínas da membrana mitocondrial, bem como o papel de proteger o DNA contra danos oxidativos.

Pelo fato de a CoQ10 poder ser sintetizada de novo pelas células e possuir mecanismos enzimáticos para regenerar sua forma reduzida, torna único esse antioxidante lipofílico (BRAYFIELD, 2017 apud ARENAS-JAL; SUÑÉ-NEGRE; GARCÍA-MONTOYA, 2020, p. 2).

A Coenzima Q10 pode ser obtida por duas vias: por via exógena pela ingestão de alimentos, e por via endógena, pelo ciclo do mevalonato, responsável pela produção de colesterol. A síntese endógena da CoQ10 é um processo complexo no interior da membrana mitocondrial, com o ciclo do mevalonato e a participação de tirosina e oito vitaminas (ALCÁZAR-FABRA; NAVAS; BREA-CALVO, 2016).

CoQ10 pode ser encontrada em tecidos de plantas e animais. Nos vegetais, frutas e cereais é encontrada em menor quantidade ($1 - 10 \text{ mg kg}^{-1}$), quando comparados com carne, peixe, nozes e alguns óleos ($10 - 50 \text{ mg kg}^{-1}$)

(ARENAS-JAL; SUÑÉ-NEGRE; GARCÍA-MONTOYA, 2020).

Cerca de 90% da CoQ10 ingerida passa pelo trato digestivo sem ser absorvida, pois sua natureza lipofílica resulta em má absorção intestinal (CHEUK et al., 2015). Apesar de não existir um valor de referência nutricional para CoQ10, a dose de ingestão média em alimentos é cerca de 5,4 mg dia⁻¹ para homens e 3,8 mg dia⁻¹ para mulheres (MATTILA; KUMPULAINEN, 2001).

A ingestão de megadoses dessa coenzima (>1200 mg dia⁻¹), não causa efeitos adverso. Porém, foram observadas indigestão, náuseas, azia em alguns casos e percebeu-se que não havia relação dose-resposta entre a CoQ10 e efeitos. Dessa forma, sugere-se que a cápsula ou óleo veículo, e não o próprio CoQ10, pode ter sido o responsável por tais efeitos (HATHCOCK; SHAO, 2006).

As descobertas sobre os possíveis benefícios à saúde humana da suplementação de CoQ10 levaram a um aumento da demanda do consumidor (ARENAS-JAL; SUÑÉ-NEGRE; GARCÍA-MONTOYA, 2020), mesmo não sendo considerada nutriente ou vitamina (FOOD AND NUTRITION BOARD, 2000 apud HATHCOCK; SHAO, 2006, p. 282). Contudo, é o terceiro suplemento nutricional mais consumido atualmente, depois do óleo de peixe e multivitaminas (CHEUK et al., 2015).

Desde que foi isolada em 1957, a CoQ10 passou por vários métodos de produção, sendo a biossíntese microbiana (fungos, bactérias e leveduras) o principal método utilizado na indústria. Para superar os limites do acúmulo de CoQ10 nas células, diferentes cepas foram aprimoradas usando diferentes técnicas como engenharia genética e mutagênese química, dentre outras estratégias (ARENAS-JAL; SUÑÉ-NEGRE; GARCÍA-MONTOYA, 2020).

3.3 EFEITOS DA COENZIMA Q10 EM ANIMAIS DOMÉSTICOS

A maior parte das funções CoQ10 são conhecidas. Entretanto, muitas questões ainda estão abertas quanto à biossíntese, à mobilização intracelular, ao *turnover* e à patogênese da deficiência (VAN DER SPUIY; PRETORIUS, 2011; WANG; HEKIMI, 2013).

A grande parte das pesquisas com CoQ10 estão relacionadas à saúde humana, utilizando modelos animais, porém já existem pesquisas voltadas aos benefícios da coenzima na saúde dos animais domésticos.

Nas últimas décadas, tem ocorrido enorme progresso na criação de animais devido às melhorias nas áreas da genética, da nutrição e da sanidade. Mas ainda existem alguns gargalos para novas melhorias, principalmente relacionados ao bem-estar animal e a ambiência em regiões tropicais; Pesquisas envolvendo a CoQ10 estão entre eles.

Estudos na nutrição de pets cardiopatas mostraram que os animais alimentados com doses mais elevadas de CoQ10 apresentaram melhora clínica, evitando a caquexia (BIELAWSKI; PRADO; ROMÃO, 2019; GIANNICO et al., 2013). Acredita-se que a coenzima suplementada por via oral e absorvida no trato gastrointestinal, melhorando a eficiência metabólica miocárdica e fornecendo maior proteção antioxidante (GIANNICO et al., 2013).

Cavalos atletas suportam o estresse nos treinamentos e nas competições hípicas, produzindo e utilizando grande quantidade de energia para realizar essas práticas esportivas (FELTRE et al., 2014). A suplementação de CoQ10 na alimentação de equinos causou redução da atividade da enzima creatina quinase (CK) e da frequência respiratória, quando submetidos à atividade aeróbica. Dessa forma, a suplementação com a coenzima tornar-se uma estratégia para melhorar o desempenho atlético de cavalos em provas de resistência (SANCHEZ et al., 2019).

Já se sabe que a temperatura elevada prejudica o crescimento, rendimento e qualidade da carne e do leite, bem como a produção, peso e qualidade dos ovos, desempenho reprodutivo, estado metabólico e de saúde e resposta imunológica (NARDONE et al., 2010).

Na tentativa de melhorar o desempenho animal e utilização dos nutrientes pelo animal submetido ao estresse térmico o nutricionista tenta aumentar a concentração dos nutrientes na dieta, pois se sabe que esse estresse reduz o consumo de ração (GOPI; PURUSHOTHAMAN; CHANDRASEKARAN, 2015).

Uma estratégia para reduzir os efeitos do calor foi investigada em alguns estudos com a suplementação de CoQ10 com 20 e 40 mg kg⁻¹ na dieta de frangos, variando o nível de energia. A suplementação não apresentou diferença entre as dietas no desempenho das aves, porém diminuiu o conteúdo de lipídios séricos e

musculares e aumentou o status antioxidante sérico (GOPI; PURUSHOTHAMAN; CHANDRASEKARAN, 2015).

A mortalidade associada à anormalidade nas pernas diminuiu no grupo alimentado com dieta rica em energia suplementada com coenzima Q10 a 20 mg kg⁻¹ (GOPI; PURUSHOTHAMAN; CHANDRASEKARAN, 2014). O mesmo nível de suplementação alterou favoravelmente o perfil lipídico com redução da peroxidação lipídica e melhorou as atividades antioxidantes sérica (GOPI et al., 2019).

Num experimento *in vitro*, células do miocárdio de frangos tratadas com CoQ10 (1 µmol/l, 10 µmol/l e 20 µmol/l) antes da exposição ao estresse térmico, não apresentaram declínio da viabilidade celular e aumento do apoptose durante o estresse térmico, ou seja, a CoQ10 protegeu as células primárias do miocárdio das aves (XU et al., 2019).

A suplementação dietética com CoQ10 em galinhas matrizes diminuiu o dano oxidativo ao músculo esquelético provocado pelo estresse térmico, evitando a superprodução de espécies reativas de oxigênio mitocondrial provocadas por succinato de maneira independente do potencial de membrana mitocondrial (KIKUSATO et al., 2016). Também foram observados efeitos benéficos em matrizes de frango de corte sobre variáveis produtivas e reprodutiva quando alimentadas com dieta suplementada com CoQ10 (SHARIDEH et al., 2020).

Há evidências de que os nutrientes lipossolúveis da ração das galinhas poedeiras possam ser transferidos para a gema do ovo, de modo que seria possível que ao alimentar galinhas poedeiras com CoQ, aumente o teor da coenzima na gema do ovo. Em estudo realizado com galinhas poedeiras alimentadas com CoQ, ocorreu aumento da CoQ hepática, elevando a concentração de CoQ no plasma de VLDL_y, (*Very Low Density Lipoprotein yolk* ou Lipoproteínas de baixa densidade da gema) resultando em alto teor de CoQ na gema do ovo (KAMISOYAMA et al., 2010).

Frangos de corte criados sob estresse térmico pelo frio e com dietas suplementadas com vitamina C (Vit. C) e a coenzima Q10, sozinha ou em combinação, foram testados (NEMATI et al., 2017). Os autores verificaram que a suplementação de Vit. C ou CoQ10 na dieta proporcionou os melhores parâmetros de desempenho e características relacionadas à ascite e que nenhum benefício adicional foi observado pela combinação de Vit. C e CoQ10.

A coenzima Q10 também tem sido utilizada para tratar a infertilidade causada por estresse térmico pelo calor, por ter efeitos antioxidantes poderosos,

como verificado em coelhos suplementados com CoQ10, sugerindo melhoria na qualidade do esperma, nas atividades antioxidantes testiculares e fertilidade de machos (EL-SAYED et al., 2021).

Pesquisas estão utilizando a CoQ10 na composição de extensores de sêmen de carneiros (MASOUDI; SHARAFI; SHAHNEH, 2019), búfalos e bovinos (SHARIDEH et al., 2020), garanhões (YOUSEFIAN; ZARE-SHAHNEH; ZHANDI, 2014), cachacos (PINDARU et al., 2015), bodes (YOUSEFIAN et al., 2018) e galos (MASOUDI et al., 2018), como novo potencial antioxidante na solução de problemas causados pelo estresse estrutural e bioquímico nos espermatozoides preservados a baixa temperaturas ou após o congelamento/descongelamento, obtendo melhoria na qualidade do esperma pós-descongelamento.

Para codornas japonesas existem poucos estudos avaliando os efeitos da CoQ10. Recentemente, observou-se que a suplementação com CoQ10 reverteu os efeitos negativos do estresse por frio no desempenho, status antioxidante e peso dos órgãos das codornas, podendo ter efeitos parcialmente associados às propriedades antioxidantes diretas da CoQ10, bem como à eficácia sinérgica da CoQ10 com a atividade da enzima superóxido dismutase (BAYRIL et al., 2020).

Essa revisão sobre coenzima Q10 deixa evidente que há muitas pesquisas que demonstram as vantagens da suplementação com coenzima Q10 em humanos, enquanto no caso de animais ainda não há um volume expressivo de estudos mostrando os benefícios do seu uso na produção e bem-estar animal, sendo necessário mais informações para a consolidação do seu uso.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em galpão coberto na área urbana de Campos de Júlio, Estado de Mato Grosso, município localizado a uma latitude 13°53'58" Sul e a uma longitude 59°08'51" Oeste e a uma altitude de 650 metros. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Am (clima tropical úmido ou sub-úmido) com estação de chuvas e período de estiagem bem definidas (ALVARES et al., 2013).

4.2 ANIMAL TESTE

Foram utilizadas 180 codornas japonesas, oriundas do incubatório brasileiro de codornas, Vicami localizada em Assis-SP e adquiridas por meio da empresa Globoaves com matriz localizada em Curitiba – PR. As aves foram adquiridas na fase de recria, dando início ao experimento no início da fase de postura com 17 semanas de vida.

4.3 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

As gaiolas utilizadas foram instaladas em local coberto, sendo confeccionadas com material de arame galvanizado, com dimensões de 100x33x18 cm (comprimento x largura x altura), montadas em esquema de bateria sobrepostas, com cinco andares e três divisórias por andar. Assim, a densidade por codorna foi de 91,66 cm² (Figura 3).

Os bebedouros foram colocados na parte traseira das gaiolas e confeccionados com cano de policloreto de vinila – PVC. Os comedouros foram confeccionados com chapas galvanizadas e colocados na parte frontal das gaiolas, ambos eram do modelo tipo calha.

4.4 CONTROLE DE PESO E POSTURA PRÉ-EXPERIMENTAL

Antes do experimento começar houve a distribuição das aves nas unidades experimentais de acordo com a faixa de peso corporal e, posteriormente, as aves foram tiveram sua taxa de postura controlada.

Para a alocação inicial das aves (recém-chegadas) na fase de recria (seis semanas de idade) foi verificado, após pesagem, codornas com até 117 g, codornas com 118 a 126 g e codornas com peso acima de 127 g. Dessa forma, procedeu-se a distribuição de forma aleatória colocando-se quatro aves por faixa de peso leve, média e pesada, totalizando 12 codornas por gaiola.

Figura 3 - Instalação experimental das codornas na visão frontal (a) e lateral (b) da bateria



Fonte: Autoria própria.

Após o início da postura, houve acompanhamento da produção de ovos que durou 11 semanas para o início do experimento. Durante esse período, foi observado diferença na postura entre as gaiolas, porém essa diferença não permaneceu ao final das 11 semanas de controle utilizando o programa estatístico AgroEstat (BARBOSA, JC; MALDONADO JUNIOR, 2015). Ao fim desse período teve o início do experimento com duração de 84 dias, com três ciclos de 28 dias cada.

4.5 MANEJO DIÁRIO

A água e as rações experimentais foram disponibilizadas à vontade, sendo fornecida a ração três vezes ao dia para reduzir perdas. A limpeza dos bebedores

era feita diariamente com água e sabão neutro, e eram retiradas as excretas acumuladas nas bandejas abaixo de cada andar.

As mensurações de temperatura e umidade foram registradas diariamente, às 06:15 h e às 15:00 h, por meio de termohigrômetro digital, posicionado próximo da bateria de gaiolas.

O programa de luz foi elaborado para se obter 16 horas de luz.dia⁻¹ no total (luz natural + luz artificial) e, conforme quantidade de luz natural, a quantidade de luz artificial foi ajustada – (Tabela 1). A iluminação artificial foi fornecida por fitas de Led Silicone Adesiva - LP Magazine com potência de 4 W por metro (Figura 4).

Tabela 1 – Média de horas de luz natural e artificial no dia em cada ciclo

Fonte de Luz	Ciclos		
	C1	C2	C3
Luz Natural	11:36	12:13	12:50
Luz Artificial	4:23	3:46	3:09
Total de Luz	16:00	16:00	16:00

Fonte: adaptado de Astronomical Applications Dept., U. S. Naval Observatory, Washington, DC 20392-5420.

Figura 4 - Vista frontal das gaiolas com iluminação artificial



Fonte: Autoria própria.

4.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O ensaio foi instalado em delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema de análise fatorial 3x3 em que o fator (A) foi constituído por três tratamentos (T1. sem adição de CoQ10 na ração; T2. ração com adição de 100 mg CoQ10.kg⁻¹ MS; T3. ração com adição de 200 mg CoQ10.kg⁻¹ MS). O fator (B), por três ciclos experimentais (C1. de 1 a 28 dias de suplementação; C2. período de 29 a 56 dias de suplementação e, C3. período de 57 a 84 dias de suplementação) analisadas como medidas repetidas no tempo, com 5 repetições por tratamento.

Tabela 2 – Composição bromatológica das rações dos tratamentos avaliados formulados para codornas em postura.

COMPONENTES	TRATAMENTOS		
	T1 (controle)	T2 (100 mg kg ⁻¹)	T3 (200 mg kg ⁻¹)
Matéria seca ¹ ; %	87,98	90,62	88,86
Proteína bruta ¹ ; % MS	20,52	21,03	21,01
Extrato etéreo ¹ ; % MS	3,18	4,09	3,99
Fibra bruta ¹ ; % MS	6,81	7,77	7,09
Matéria Mineral ¹ ; % MS	14,69	15,28	16,45
Cálcio ¹ ; g kg ⁻¹ MS	36,74	37,14	35,67
Fósforo ¹ ; g kg ⁻¹ MS	4,90	5,03	4,99
Coenzima Q10 ¹ ; mg kg ⁻¹ MS	6,27	105,30	194,23
Cobre ¹ ; mg kg ⁻¹ MS	9,78	10,17	8,73
Ferro ¹ ; mg kg ⁻¹ MS	51,43	49,45	57,60
Iodo ¹ ; mg kg ⁻¹ MS	1,16	1,21	1,04
Manganês ¹ ; mg kg ⁻¹ MS	97,01	100,89	86,62
Selênio ¹ ; mg kg ⁻¹ MS	0,41	0,35	0,53
Zinco ¹ ; mg kg ⁻¹ MS	82,89	79,88	76,55
Metionina ² ; g kg ⁻¹ MS	4253,53	4359,87	4325,84
Lisina ² ; mg kg ⁻¹ MS	10,90	11,17	11,08
Treonina ² ; g kg ⁻¹ MS	7733,70	7927,04	7865,17
Vitamina A ² ; UI kg ⁻¹ MS	100000,00	102500,00	101700,00
Vitamina D3 ² ; UI kg ⁻¹ MS	3200,00	3280,00	3254,40
Vitamina E ² ; UI kg ⁻¹ MS	30,00	30,75	30,51
Vitamina K3 ² ; mg kg ⁻¹ MS	2,50	2,56	2,54
Vitamina B1 ² ; mg kg ⁻¹ MS	2,50	2,56	2,54
Vitamina B2 ² ; mg kg ⁻¹ MS	6,50	6,66	6,61
Vitamina B6 ² ; mg kg ⁻¹ MS	4,00	4,10	4,07
Vitamina B12 ² ; mcg kg ⁻¹ MS	25,00	25,63	25,43
Ácido Fólico ² ; mg kg ⁻¹ MS	1,00	1,03	1,02
Ácido Pantotênico ² ; mg kg ⁻¹ MS	10,00	10,25	10,17
Biotina ² ; mg kg ⁻¹ MS	0,10	0,10	0,10
Colina ² ; mg kg ⁻¹ MS	300,00	307,50	305,10
Niacina ² ; mg kg ⁻¹ MS	40,00	41,00	40,68

* Ingredientes utilizados: Milho moído, Farelo de arroz, Farelo de soja, Cloreto de Sódio, DDGS, Farelo de algodão, Farelo de amendoim, Óleo de milho, Óleo de soja degomado. DI-Metionina, L-Lisina, Bentonita, Vitamina A, Vitamina D3, Vitamina E, Vitamina K3, Vitamina B1, Vitamina B2, Vitamina B6, Vitamina B12, Ácido fólico, Pantotenato de cálcio, Biotina, Cloreto de colina, Ácido nicotínico, Sulfato de cobre, Sulfato de ferro, Iodato de cálcio, Sulfato de manganês, Selenito de sódio, Óxido de zinco, Caulim, Fosfato bicálcico.

¹ Valores obtidos por análise

² Valores estimados

4.7 PREPARO DAS RAÇÕES

Nos tratamentos com adição de CoQ10 foram formulados 500 g de pré-mistura contendo CoQ10 (100 e 200 mg kg⁻¹ MS, após incorporação na ração) fornecido pela empresa NewAgri® (Figura 5). A pré-mistura foi adicionada a 14,5 kg da ração comercial de forma *on top* para o consumo de 7 a 10 dias, de acordo com o consumo para cada tratamento. No tratamento sem inclusão de CoQ10, foi utilizado uma pré-mistura sem inclusão do princípio ativo, utilizando-se no espaço da formulação da pré-mistura material inerte.

Figura 5 - Ração comercial (a) sendo misturada à pré-mistura contendo CoQ10 para a fabricação da ração experimental (b)



Fonte: Autoria própria.

4.8 AVALIAÇÕES DE DESEMPENHO

4.8.1 Consumo total de ração

O consumo total de ração foi obtido semanalmente e os resultados tabulados em intervalos de 28 dias.

4.8.2 Taxa de postura

A coleta dos ovos foi feita diariamente às 17:00 h e a taxa de postura foi calculada a partir da razão entre o número de ovos coletados no dia pelo número de aves na gaiola.

4.8.3 Peso médio dos ovos

O peso médio dos ovos foi obtido por meio da pesagem de todos os ovos íntegros produzidos nas gaiolas de cada repetição dos tratamentos, durante os quatro últimos dias de cada período de 28 dias (Figura 6).

Figura 6 - Amostragem dos ovos (a), pesagem e armazenamento em cartelas de plásticos identificadas (b)



Fonte: própria autoria

4.8.4 Conversão alimentar

A conversão alimentar foi obtida por meio da relação entre o consumo diário de ração pela produção média de ovos em g (conversão $g\ g^{-1}$) e pela produção média diária em dúzias de ovos (conversão $kg\ dz^{-1}$).

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados outliers foram identificados e excluídos e, então, analisados com relação à normalidade dos resíduos e à homoscedasticidade. Quando as prerrogativas foram atendidas, e o teste F foi significativo, procedeu à comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo realizado também a análise de regressão polinomial para o desdobramento das interações entre efeitos principais. Os atributos que, mesmo após a transformação dos dados não atenderam as prerrogativas foram analisadas através de testes não paramétricos. Todas as análises foram realizadas no o programa estatístico AgroEstat (BARBOSA, JC; MALDONADO JUNIOR, 2015).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA

Temperatura e umidade são fatores que podem promover o estresse em aves, causando redução na produtividade e até mesmo a morte dos animais.

As codornas domésticas em fase de produção possuem a zona de conforto térmico entre 19 e 21 °C, porém são bem rústicas e ainda produzem bem mesmo em temperaturas na faixa de 5-30 °C (ALBINO; BARRETO, 2003). Ferreira (2005) aponta a temperatura de 32 °C e a umidade relativa do ar de 50 % como marco divisório para início do estresse calórico, uma vez que umidade relativa do ar está relacionada intimamente com os valores de temperatura.

Considerando os autores citados, os animais experimentais no período da tarde, nos três períodos experimentais (C1; C2 e C3), estavam no limite superior da sua zona de conforto térmico (Tabela 3), fato este não agravado pelo fato da umidade relativa apresentar-se baixa no mesmo período.

Tabela 3 – Temperatura e umidade relativa do ar médias e pluviosidade pela manhã e tarde em cada ciclo produtivo*

Ciclos	Temperatura (°C) ¹		Umidade (%) ¹		Pluviosidade média (mm) ²
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	
C1	21,9±4,9	31,2±3,8	43,5±18,1	18,5±9,4	24,4
C2	24,1±2,7	32,2±2,5	60,1±11,4	30,5±14,1	59,9
C3	22,3±0,7	30,6±2,4	70,7±15,4	41,6±21,1	47,7
Média geral	22,6±3,8	31,3±3,2	54,7±19,6	29,2±17,8	54,6

Fonte: ¹Autoria própria; ²Fazenda Simarelli - Grupo Bom Futuro.
C1= 0-28 dias, C2= 29-57 dias, C3= 58-86 dias.

5.2 CONSUMO DE RAÇÃO

Quando analisados os fatores doses de CoQ10 na ração e os ciclos de produção para consumo de ração (Tabela 4), verificam-se diferenças significativas ($P < 0,05$) dentro de cada fator, não havendo interação entre eles ($P > 0,05$).

Tabela 4 - Consumo de ração, expresso em g/animal.dia⁻¹, por codornas japonesas que receberam doses crescentes de CoQ10 na ração em três ciclos experimentais.

CoQ10 mg kg ⁻¹ ração	Consumo de Ração (g/animal.dia ⁻¹)			Média
	C1	C2	C3	
0	24,82	26,14	24,84	25,27 ^a
100	24,36	25,86	24,92	25,04 ^a
200	23,52	24,32	24,44	24,09 ^b
Média	24,23 ^B	25,44 ^A	24,73 ^B	24,80
Fator	ANOVA (P-valor)	Regressão linear (P-valor)	Regressão quadrática (P-valor)	
A	0,0003	0,0002	0,1382 ^{NS}	
B	0,0004	0,0316	0,0006	
A x B	0,2609 ^{NS}	-	-	

Letras maiúsculas comparam médias de ciclos e letras minúsculas comparam médias de doses de CoQ10 pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; ^{NS}: Não significativo.

C1= 0-28 dias, C2= 29-57 dias, C3= 58-86 dias.

A= fator CoQ10; B= fator ciclo; AxB= interação entre fatores

As codornas alimentadas com a maior dose de CoQ10 apresentaram redução no consumo diário de ração em comparação aos tratamentos testemunha e com suplementação de 100 mg.kg⁻¹ MS. De acordo com a análise de regressão ($P < 0,05$), o consumo de ração decresceu linearmente com a dose de CoQ10 ($y' = 25,39 - 0,0059X - R^2 = 0,89$).

Considerando o ciclo de produção, o segundo período apresentou ($P < 0,05$) a maior média de consumo de ração. A curva de regressão quadrática $y'' = 19,91 + 0,21X - 0,0029X^2$ ($R^2 = 1,00$) representa esse efeito ($P < 0,05$), com ponto de máximo consumo de ração aos 53 dias do experimento. Neste ciclo, ocorreu a maior temperatura ambiente no período da tarde ($32,2 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2,5$).

O consumo média da ração pelas aves durante o experimento foi de 24,8 g ave⁻¹ dia⁻¹, valor que está dentro da faixa 23-26 g ave⁻¹ dia⁻¹ indicada por Albino e Barreto (2003).

Segundo Silva et al. (2012), codornas podem apresentar comportamento atípico nos períodos mais quentes do dia, reduzindo o consumo de ração. Santos et al. (2017, 2019) confirmam que existe essa alteração na ingestão de ração quando as aves são submetidas a estresse por calor e observaram que o estresse pelo frio também pode ser prejudicial para a produção de ovos com aumento no consumo de ração.

Bayril et al., (2020) corroboram com esses resultados, mostrando que há aumento no consumo de ração, quando avaliaram o efeito da suplementação

dietética de coenzima Q10 (20 e 40 mg kg⁻¹) no desempenho em codornas de corte estressadas pelo frio. No entanto, Nemati et al. (2017) não observaram esse efeito no consumo de ração ao utilizarem vitamina C e CoQ10 (0, 40 mg kg⁻¹) em frangos de corte sob estresse pelo frio.

Raeisi-Zeydabad et al. (2017), utilizando suplementação de CoQ10 (0, 20 e 40 mg kg⁻¹) e vitamina C na alimentação de frangos de corte criados em ambiente sob estresse por calor, observaram efeito linear crescente no consumo de ração. Esse resultado é contrário ao observado neste experimento com codornas, em que o efeito foi linear decrescente, mas há que se considerar as doses aplicadas, o tamanho das aves e a ausência da vitamina C.

Fica evidente a necessidade de mais estudos para esclarecer a redução no consumo de ração ao se utilizar doses mais elevadas de CoQ10.

5.3 TAXA DE POSTURA

Tanto a dose de CoQ10 como o ciclo de postura afetaram a taxa de postura (Tabela 5). As codornas alimentadas com 100 mg CoQ10 kg⁻¹ de ração e o terceiro ciclo produtivo apresentaram ($P < 0,05$) a maior e menor taxa de postura dentro dos fatores, respectivamente, mas não apresentaram interação entre eles ($P > 0,05$).

Tabela 5 - Taxa de postura, expressa em %, de codornas japonesas que receberam doses crescentes de CoQ10 na ração, em três ciclos experimentais.

CoQ10 mg kg ⁻¹ ração	Taxa de Postura (%) ¹			Média
	C1	C2	C3	
0	93,72	91,96	89,38	91,69 ^b
100	97,38	96,84	93,80	96,01 ^a
200	93,04	88,92	84,40	88,79 ^b
Média	94,71 ^A	92,57 ^A	89,19 ^B	92,16
Fator ²	ANOVA (<i>P</i> -valor)	Regressão linear (<i>P</i> -valor)	Regressão quadrática (<i>P</i> -valor)	
A	0,0003	0,1078 ^{NS}	0,0002	
B	0,0096	0,0034	0,3976 ^{NS}	
A x B	0,8056 ^{NS}	-	-	

Letras maiúsculas comparam médias de ciclos e letras minúsculas comparam médias de doses de CoQ10 pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ^{NS}: Não significativo.

¹C1= 0-28 dias; C2= 29-57 dias; C3= 58-86 dias.

A= fator CoQ10. B= fator ciclo. AxB= interação

Codornas alimentadas com diferentes doses de CoQ10 apresentaram resposta quadrática ($P < 0,05$) para a taxa de postura ($y'' = 91,69 + 0,10X - 0,00058X^2$;

$R^2 = 1,0000$). Dessa maneira, o ponto da curva com máxima taxa de postura apresentou-se na dose de $87,43 \text{ mg kg}^{-1}$ de CoQ10.

Quando se considera ciclo de produção, observou-se resposta linear decrescente ($y = 98,40 - 0,12X$; $R^2 = 0,92$). Assim, com o andamento dos ciclos de produção houve diminuição na taxa de postura.

Codornas domesticas atingem o pico de produção com taxa de postura de 94 %, ocorrendo decréscimo com a idade (NARINC et al., 2013). Além do pico de postura, uma postura contínua é importante no processo de seleção das aves (ALSHAHEEN, 2017).

Como esperado, houve a diminuição na taxa de produção de ovos no ciclo 3, porém a inclusão de $100 \text{ mg CoQ10 kg}^{-1}$ ração causou maior persistência de pico na taxa de postura, apresentando maior taxa média de postura em relação aos demais tratamentos.

Kamisoyama et al. (2010), utilizando 0,8 % (800 mg) de CoQ10 kg^{-1} na ração de poedeiras não encontraram efeito na taxa média de postura em relação ao controle. Sharideh et al. (2020), utilizando doses de 0, 300, 600 ou $900 \text{ mg CoQ10 kg}^{-1}$ ração para galinhas poedeiras senis não encontraram efeito na taxa de produção.

No entanto, Beshara et al. (2016) mostraram que as poedeiras, durante a maior parte dos intervalos de tempo, suplementadas com 7,5 mg de CoQ10 sintética ou natural por kg da dieta obtiveram maior taxa de produção do ovo em relação ao tratamento controle. Esses resultados corroboram os aqui encontrados, ou seja, concentrações muito elevadas de CoQ10 na ração podem diminuir a taxa de postura.

5.4 PESO DO OVO

O peso do ovo (PO) não foi afetado pela adição de CoQ10 na ração, no entanto, houve efeito do ciclo produtivo, com aumentos significativos no segundo e terceiro ciclos, que não diferiram entre si (Tabela 6). O primeiro ciclo apresentou menor peso do ovo em relação aos demais ciclos e a curva de resposta foi linear crescente ($P < 0,05$), em que o peso de ovo foi aumentando de acordo com os ciclos.

Os resultados obtidos para peso do ovo concordam com os dados obtidos por Beshara et al. (2016), discordando com os obtidos por Sharideh et al. (2020),

que observaram resposta quadrática para o peso do ovo de galinhas poedeiras idosas, cujo maior peso do ovo ocorreu no tratamento controle, sem a suplementação de CoQ10.

Tabela 6 - Peso do ovo, expresso em gramas, de codornas japonesas que receberam doses crescentes de CoQ10 na ração em três ciclos experimentais.

CoQ10 mg kg ⁻¹ ração	Peso do Ovo (g)			Média
	C1	C2	C3	
0	10,67	11,02	11,14	10,94 ^a
100	10,73	11,10	11,23	11,02 ^a
200	10,67	10,97	10,99	10,88 ^a
Média	10,69 ^B	11,03 ^A	11,12 ^A	10,95
Fator	ANOVA (P-valor)	Regressão linear (P-valor)	Regressão quadrática (P-valor)	
A	0,2594 ^{NS}	0,4361 ^{NS}	0,1483 ^{NS}	
B	< 0,0001	< 0,0001	0,3608 ^{NS}	
A x B	0,9274 ^{NS}	-	-	

Letras maiúsculas comparam médias de ciclos e letras minúsculas comparam médias de doses de CoQ10 pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ^{NS}: Não significativo.

C1= 0-28 dias, C2= 29-57 dias, C3= 58-86 dias.

A= fator CoQ10. B= fator ciclo.

O aumento do peso do ovo em função dos ciclos de produção se deve ao ao trato reprodutivo desenvolvido no decorrer da idade. Aves mais velhas produzem ovos com maior peso, mas com o desgaste natural do órgão apresentam taxa de produção menor em relação às aves mais jovens (CARNEIRO et al., 2014).

Codornas com menor peso vivo iniciam a produção com ovos de menor peso e assim continuam por todo o período de produção, enquanto aves de maior peso produzem ovos maiores. Assim, os produtores selecionam aves produtoras de ovos mais pesados, que é um critério de seleção pelo consumidor (LEANDRO et al., 2019).

5.5 CONVERSÃO ALIMENTAR

A conversão alimentar foi afetada pelo ciclo produtivo e pela adição de CoQ10 na ração das codornas poedeiras (Tabela 7). A inclusão de 100 mg CoQ10 kg⁻¹ MS ração e o primeiro ciclo produtivo (C1) apresentaram os menores e os melhores valores. Não houve interação entre os fatores analisados.

Tabela 7 - Conversão alimentar de codornas japonesas que receberam doses de CoQ10 na ração em três ciclos experimentais.

CoQ10 mg kg ⁻¹ ração	Conversão Alimentar (kg kg ⁻¹)			Média
	C1	C2	C3	
0	2,48	2,56	2,51	2,52 ^a
100	2,27	2,36	2,33	2,32 ^b
200	2,37	2,54	2,65	2,52 ^a
Média	2,38 ^B	2,49 ^A	2,49 ^A	2,45
Fator ²	ANOVA (P-valor)	Regressão linear (P-valor)	Regressão quadrática (P-valor)	
A	< 0,0001	0,8206 ^{NS}	< 0,0001	
B	0,0190	0,0084	0,3024 ^{NS}	
A x B	0,2924 ^{NS}	-	-	

*Letras maiúsculas comparam médias de ciclos e letras minúsculas comparam médias de doses de CoQ10 pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ^{NS}: Não Significativo.

¹C1= 0-28 dias, C2= 29-57 dias, C3= 58-86 dias.

²A= fator CoQ10. B= fator ciclo; AxB=interação

A regressão polinomial em resposta às doses de CoQ10 (fator A) foi uma curva quadrática ($y = 2,52 - 0,0040X + 0,000020X^2$; $R^2 = 1,00$) e o ponto de mínimo da curva foi de 100,17 mg CoQ10 kg⁻¹ ração.

Para o ciclo produtivo, houve resposta linear crescente ($y = 2,30 + 0,0029X$; $R^2 = 0,91$), indicando aumento da conversão alimentar no decorrer dos ciclos, ou seja, piora da conversão alimentar, corroborando com Carneiro et al. (2014).

Esses resultados corroboram aos encontrados por Bayril et al. (2020), que verificaram diminuição da conversão alimentar em dietas com 20 e 40 mg CoQ10 kg⁻¹ ração para galinhas de postura. Kamisoyama et al. (2010) não observaram efeito na eficiência alimentar ao utilizarem 8 mg CoQ10 kg⁻¹ ração em codornas estressadas pelo frio.

Nemati et al. (2017) verificaram piora na conversão alimentar em frangos submetidos à baixa temperatura durante todas as fases avaliadas, com melhora do parâmetro, quando utilizaram CoQ10. Comparado a conversão alimentar dos tratamentos utilizando antioxidantes (Vit. C e CoQ10) ao controle positivo, não foi verificado diferença entre as médias.

Geng; Guo (2005), Beshara et al. (2016) e Nemati et al. (2017) sugeriram que a suplementação dietética com CoQ10 sintética diminui a susceptibilidade de ascite em frangos de corte e aumenta a performance das aves devido à melhoria nas funções de enzimas relacionadas à atividade na cadeia respiratória e na capacidade antioxidativa mitocondrial hepática.

6. CONCLUSÃO

A inclusão de 100 mg CoQ10 kg⁻¹ MS na ração para codornas japonesas, em fase inicial, aumenta a taxa de postura, o que resulta em melhor conversão alimentar o que pode indicar uma possível ação sobre processos fisiológicos reprodutivos. A inclusão de 200 mg CoQ10 kg⁻¹ MS de ração não traz benefícios produtivos e, em função da redução no consumo de ração, pode representar o limite superior de inclusão da CoQ10 na dieta da ave.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, L. F. T.; BARRETO, S. L. T. **Criação de codornas para produção de ovos e carne**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003.
- ALCÁZAR-FABRA, M.; NAVAS, P.; BREA-CALVO, G. Coenzyme Q biosynthesis and its role in the respiratory chain structure. **Biochimica et Biophysica Acta - Bioenergetics**, v. 1857, n. 8, p. 1073–1078, 2016.
- ALSHAHEEN, S. A. Analysis Egg Production and Egg Weight Curves by Two Mathematical Models in Japanese Quail (Coturnix . C . Japonica). v. 11, n. 1, p. 58–68, 2017.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ARENAS-JAL, M.; SUÑÉ-NEGRE, J. M.; GARCÍA-MONTOYA, E. Coenzyme Q10 supplementation: Efficacy, safety, and formulation challenges. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 2, p. 574–594, 2020.
- BANK, G.; KAGAN, D.; MADHAVI, D. Coenzyme Q 10: Clinical update and Bioavailability. **Complementary Health Practice Review**, v. 16, n. 2, p. 129–137, 2011.
- BARBOSA, JC; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda, 2015.
- BAYRIL, T. et al. Dietary coenzyme Q₁₀ may improve the growth performance and antioxidant status in quails exposed to cold stress. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 29, n. 1, p. 67–74, 2020.
- BERTECHINI, A. G. **The quail production**. World's Poultry Congress. **Anais...** Salvador-BA: 2012Disponível em: <http://www.facta.org.br/wpc2012-cd/pdfs/plenary/Antonio_Gilberto_Bertechini_.pdf>
- BESHARA, M. et al. Effect of Dietary Synthetic Coenzyme Q10 Supplementation or Natural From Soybean Oil on Productive and Economical Performance of Local Laying Hens Fed Low Energy Diet. **Egyptian Poultry Science Journal**, v. 36, n. 1, p. 177–204, 2016.
- BIELAWSKI, K.; PRADO, M. G. F.; ROMÃO, F. G. NUTRIÇÃO EM CÃES PORTADORES DE INSUFICIÊNCIA CARDÍACA CONGESTIVA: Revisão de Literatura. **REVISTA CIENTÍFICA DE MEDICINA VETERINÁRIA**, v. 32, p. s/n, 2019.
- BITTENCOURT, T. M. **Grãos Secos De Destilaria De Milho Na Alimentação De Aves Poedeiras**. [s.l.] Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2018.

- BLIZNAKOV, E. G.; CHOPRA, R. K.; BHAGAVAN, H. N. Coenzyme Q10 and neoplasia: Overview of experimental and clinical evidence. **Phytopharmaceuticals in Cancer Chemoprevention**, p. 599–622, 2004.
- CARNEIRO, T. C. et al. Influência da idade dos reprodutores de codornas de postura na reprodução, na qualidade de ovos e na morfologia dos órgãos genitais. **Semina:Ciencias Agrarias**, v. 35, n. 5, p. 2449–2466, 2014.
- CHANG, G. B. et al. Genetic diversity of wild quail in China ascertained with microsatellite DNA markers. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 20, n. 12, p. 1783–1790, 2007.
- CHEUK, S. Y. et al. Nano-encapsulation of coenzyme Q10 using octenyl succinic anhydride modified starch. **Food Chemistry**, v. 174, p. 585–590, 2015.
- COOKE, M. et al. Effects of acute and 14-day coenzyme Q10 supplementation on exercise performance in both trained and untrained individuals. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 5, n. 8, p. 1–14, 2008.
- DE LEMOS, M. J. et al. Comparative effect of the inclusion of zootechnical additives in the feed of Japanese quails in two productive phases. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, v. 90, n. 4, p. 3313–3325, 2018.
- DE OLIVEIRA GRIESER, D. et al. Productive performance, body chemical composition, and deposition of 42-day-old quail for meat subjected to quantitative dietary restriction. **Semina:Ciencias Agrarias**, v. 38, n. 2, p. 855–866, 2017.
- EL-SAYED, A. I. et al. The capability of coenzyme Q10 to enhance heat tolerance in male rabbits: evidence from improved semen quality factor (SQF), testicular oxidative defense, and expression of testicular melatonin receptor MT1. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 74, p. 106403, 2021.
- ERB, M. et al. Features of idebenone and related short-chain quinones that rescue ATP levels under conditions of impaired mitochondrial complex I. **PLoS ONE**, v. 7, n. 4, 2012.
- ERNSTER, L.; DALLNER, G. Biochemical and physiological aspects of ubiquinone function. **Membrane and Cell Biology**, v. 1271, p. 195–204, 1995.
- FELTRE, K. et al. Suplementação De Equinos Com Coenzima Q10. In: **NOVOS DESAFIOS DA PESQUISA EM NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO ANIMAL**. 8. ed. Pirassununga: 5D, 2014. p. 1–264.
- FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente: para aves, suínos e bovinos**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005.
- GARCIA, A. F. Q. M. et al. Milheto na alimentação de codornas japonesas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 1, p. 150–159, 2012.

GENG, A. L.; GUO, Y. M. Effects of dietary coenzyme Q10 supplementation on hepatic mitochondrial function and the activities of respiratory chain-related enzymes in ascitic broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 46, n. 5, p. 626–634, 2005.

GIANNICO, A. T. et al. Suplementação Alimentar Para O Paciente Cardiopata – Revisão De Literatura. **Revista Científica Eletrônica De Medicina Veterinária**, v. 20, n. Dmv, p. S/N, 2013.

GOPI, M. et al. Ubiquinol supplementation on energy metabolism and oxidative stress in broiler chicken. **Indian Journal of Animal Research**, v. 53, n. 4, p. 445–450, 13 jul. 2019.

GOPI, M.; PURUSHOTHAMAN, M. R.; CHANDRASEKARAN, D. Effect of dietary coenzyme Q10 supplementation on serum and bone minerals and leg weakness mortality in broilers. **Veterinary World**, v. 7, n. 5, p. 347–350, 2014.

GOPI, M.; PURUSHOTHAMAN, M. R.; CHANDRASEKARAN, D. Influence of coenzyme Q10 supplementation in high energy broiler diets on production performance, hematological and slaughter parameters under higher environmental temperature. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 10, n. 7, p. 311–322, 2015.

GUEVEN, N.; WOOLLEY, K.; SMITH, J. Border between natural product and drug: Comparison of the related benzoquinones idebenone and coenzyme Q10. **Redox Biology**, v. 4, p. 289–295, 2015.

HATHCOCK, J. N.; SHAO, A. Risk assessment for coenzyme Q10 (Ubiquinone). **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 45, n. 3, p. 282–288, 2006.

IBGE. Produção da Pecuária Municipal 2018 PPM. **Ibge**, p. 1–8, 2018.

IBGE. Censo agropecuário 2017: resultados definitivos. **Censo agropecuário: resultados definitivos**, v. 8, p. 1–105, 2019a.

IBGE, I. B. DE G. E E. Produção da Pecuária Municipal 2019. p. 1–12, 2019b.

KAMISOYAMA, H. et al. Transfer of Dietary Coenzyme Q10 into the Egg Yolk of Laying Hens. **The Journal of Poultry Science**, v. 47, n. 1, p. 28–33, 2010.

KARÁSKOVÁ, K.; SUCHÝ, P.; STRAKOVÁ, E. Current use of phytogenic feed additives in animal nutrition: A review. **Czech Journal of Animal Science**, v. 60, n. 12, p. 521–530, 2015.

KIKUSATO, M. et al. The suppressive effect of dietary coenzyme Q10 on mitochondrial reactive oxygen species production and oxidative stress in chickens exposed to heat stress. **Animal Science Journal**, v. 87, n. 10, p. 1244–1251, 2016.

LEANDRO, N. S. M. et al. Reproductive aspects and performance of different

strains of Japanese quail breeders. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 20, p. 1–10, 2019.

LEMOS, M. DE et al. *Produtivas Da Codorna*. v. 2010, p. 751–760, 2017.

LUKANOV, H. Domestic quail (*Coturnix japonica domestica*), is there such farm animal? **World's Poultry Science Journal**, v. 75, n. 4, p. 547–558, 2019.

MASOUDI, R. et al. **Supplementation of extender with coenzyme Q10 improves the function and fertility potential of rooster spermatozoa after cryopreservation**. [s.l.] Elsevier B.V., 2018. v. 198

MASOUDI, R.; SHARAFI, M.; SHAHNEH, A. Z. Effects of CoQ10 on the quality of ram sperm during cryopreservation in plant and animal based extenders. **Animal Reproduction Science**, v. 208, n. May, 2019.

MATTILA, P.; KUMPULAINEN, J. Coenzymes Q9 and Q10: Contents in foods and dietary intake. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 14, n. 4, p. 409–417, 2001.

MILES, M. V. The uptake and distribution of coenzyme Q(10). **Mitochondrion**, v. 7, n. SUPPL., p. 2002–2007, 2007.

NARDONE, A. et al. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. **Livestock Science**, v. 130, n. 1–3, p. 57–69, 2010.

NARINC, D. et al. Investigation of nonlinear models to describe long-term egg production in japanese quail. **Poultry Science**, v. 92, n. 6, p. 1676–1682, 2013.

NEMATI, M. H. et al. Cold-induced ascites in broilers: Effects of vitamin C and coenzyme Q10. **Revista Brasileira de Ciencia Avicola**, v. 19, n. 3, p. 537–544, 2017.

NIKLOWITZ, P. et al. Enrichment of coenzyme Q10 in plasma and blood cells: Defense against oxidative damage. **International Journal of Biological Sciences**, v. 3, n. 4, p. 257–262, 2007.

ONDRUŠÍKOVÁ, S. et al. Effect of different storage times on japanese quail egg quality characteristics. **Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences**, v. 12, n. 1, p. 560–565, 2018.

OUCHI, A.; NAGAOKA, S. I.; MUKAI, K. Tunneling effect in regeneration reaction of vitamin e by ubiquinol. **Journal of Physical Chemistry B**, v. 114, n. 19, p. 6601–6607, 2010.

PASTORE, S. M.; OLIVEIRA, W. P. DE; MUNIZ, J. C. L. Panorama Da Coturnicultura No Brasil. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 9, n. 6, p. 2041–2049, 2012.

PINDARU, L. P. et al. Effects of Coenzyme Q10 on Sperm Viability During Storage of Boar Semen At 17 C. **Scientific Works. Series C. Veterinary Medicine.**, v. LXI, n. 2, p. 32–36, 2015.

PUBCHEM. **Coenzima Q10**. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5281915>>. Acesso em: 21 out. 2020.

RAEISI-ZEYDABAD, S. et al. Effects of coenzyme Q10 and vitamin C on growth performance and blood components in broiler chickens under heat stress. **Poultry Science Journal**, v. 5, n. 2, p. 63–70, 2017.

ROCHA COSTA, C. H. et al. Balanço de cálcio e fósforo e estudo dos níveis desses minerais em dietas para codornas japonesas (45 a 57 semanas de idade). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1748–1755, 2010.

SANCHEZ, P. J. et al. Parâmetros Bioquímicos E Desempenho De Equinos Suplementados Com Coenzima Q10. **Archives of Veterinary Science**, v. 24, n. 1, p. 33–43, 2019.

SANTOS, T. C. et al. Behavior of Japanese quail in different air velocities and air temperatures. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 52, n. 5, p. 344–354, 2017.

SANTOS, T. C. et al. Productive performance and surface temperatures of Japanese quail exposed to different environment conditions at start of lay. **Poultry Science**, v. 98, n. 7, p. 2830–2839, 2019.

SHARIDEH, H. et al. Beneficial effects of dietary coenzyme Q10 on the productive and reproductive variables of broiler breeder hens. **Animal Reproduction Science**, v. 213, p. 106256, 2020.

SILVA, J. H. V. et al. Exigências nutricionais de codornas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 3, p. 775–790, 2012.

TEJEDOR, A. A. et al. Efeito da Adição de Enzimas em Dietas de Frangos de Corte à Base de Milho e Farelo de Soja sobre a Digestibilidade Ileal de Nutrientes 1 Effect of Enzymes Supplementation in Corn Soybean Meal Broiler Diets on Ileal Digestibility of Nutrients. v. 30, n. 3, p. 809–816, 2001.

VAN DER SPUIY, W. J.; PRETORIUS, E. The Qualitative Effects of Resveratrol and Coenzyme Q10 Administration on the Gluteus Complex Muscle Morphology of SJL/J Mice with Dysferlinopathy. **International Journal of Morphology**, v. 29, n. 3, p. 876–884, 2011.

WANG, Y.; HEKIMI, S. Molecular genetics of ubiquinone biosynthesis in animals. **Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology**, v. 48, n. 1, p. 69–88, 2013.

XU, J. et al. Co-enzyme Q10 protects primary chicken myocardial cells from heat stress by upregulating autophagy and suppressing the PI3K/AKT/mTOR pathway. **Cell Stress and Chaperones**, v. 24, n. 6, p. 1067–1078, 2019.

YOUSEFIAN, I. et al. Attenuation of cryopreservation-induced oxidative stress by antioxidant: Impact of Coenzyme Q10 on the quality of post-thawed buck spermatozoa. **Cryobiology**, v. 81, n. January, p. 88–93, 2018.

YOUSEFIAN, I.; ZARE-SHAHNEH, A.; ZHANDI, M. The Effect of Coenzyme Q10 and α -Tocopherol in Skim Milk–Based Extender for Preservation of Caspian Stallion Semen in Cool Condition. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 34, n. 8, p. 949–954, ago. 2014.