



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIÊNCIA

TESE DE DOUTORADO

**VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E ZOOTÉCNICAS DE CODORNAS JAPONESAS
NA FASE DE CORTE E POSTURA SOB CONFORTO E ESTRESSE TÉRMICO
CONSUMINDO MACROALGA (GRACILARIA BIRDIAE)**

AIRTON GONÇALVES DE OLIVEIRA

CAMPINA GRANDE - PB
JANEIRO DE 2025

AIRTON GONÇALVES DE OLIVEIRA

**VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E ZOOTÉCNICAS DE CODORNAS JAPONESAS
NA FASE DE CORTE E POSTURA SOB CONFORTO E ESTRESSE TÉRMICO
CONSUMINDO MACROALGA (GRACILARIA BIRDIAE)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências para a obtenção do título de doutor em Engenharia Agrícola na Área de Concentração de Construções Rurais e Ambiência.

Orientador: Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado

CAMPINA GRANDE - PB

JANEIRO DE 2025

O48v

Oliveira, Airton Gonçalves de.

Variáveis fisiológicas e zootécnicas de codornas japonesas na fase de corte e postura sob conforto e estresse térmico consumindo macroalga (*Gracilaria Birdiae*) / Airton Gonçalves de Oliveira. – Campina Grande, 2025.

79 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2025.

"Orientação: Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado".

Referências.

1. Codornas Japonesas (*Coturnix japonica*) – Bem-Estar Animal.
2. Construções Rurais e Ambiente.
3. Codornas de Postura – Alimentação Alternativa.
4. Conforto e Estresse Térmico – Câmaras Climáticas.
5. Algas Marinhas – Macroalga (*Gracilaria birdiae*) – Consumo. I. Furtado, Dermeval Araújo. II. Título.

CDU 631.227:636.59(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

AIRTON GONÇALVES DE OLIVEIRA

**“VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E ZOOTÉCNICAS
DE CODORNAS JAPONESAS NA FASE DE
CORTE E POSTURA SOB CONFORTO E
ESTRESSE TÉRMICO
CONSUMINDO MACROALGA (*Gracilaria
birdiae*)”**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola como pré-requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 28/01/2025

Dermeval Araújo Furtado - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Jose Wallace Barbosa do Nascimento - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

José Pinheiro Lopes Neto - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Raimundo Calixto Martins Rodrigues - Examinador(a) Externo(a) - DEA/CCA/UEMA

Patrício Gomes Leite - Examinador(a) Externo(a) - CEA/CCCH/UFMA

Neila Lidiany Ribeiro - Examinador(a) Externo(a) - PNPd FAPESq/PPGEA



Documento assinado eletronicamente por **PATRÍCIO GOMES LEITE, Usuário Externo**, em 28/01/2025, às 13:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Raimundo Calixto Martins Calixto Rodrigues, Usuário Externo**, em 28/01/2025, às 14:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Neila Lidiany Ribeiro, Usuário Externo**, em 28/01/2025, às 14:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOSE PINHEIRO LOPES NETO, COORDENADOR(A) ADMINISTRATIVO(A)**, em 29/01/2025, às 07:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOSE WALLACE BARBOSA DO NASCIMENTO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 29/01/2025, às 08:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **DERMEVAL ARAUJO FURTADO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 29/01/2025, às 13:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **5187296** e o código CRC **C52D8DBD**.

VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E ZOOTÉCNICAS DE CODORNAS JAPONESAS NA FASE DE CORTE E POSTURA SOB CONFORTO E ESTRESSE TÉRMICO CONSUMINDO MACROALGA (*Gracilaria birdiae*)

Resumo Geral: Objetivou-se com essa pesquisa avaliar a influência da adição da macroalga *Gracilaria birdiae* nas variáveis de desempenho zootécnico, fisiológicas e qualidade de carcaça de codornas japonesas quando submetidas a três ambientes controlados (câmaras climáticas com temperatura do ar 25, 29 e 33°C) em duas fases: 14-42 dias e de 49-112 dias. Foram utilizadas 864 codornas fêmeas da primeira fase e 576 na segunda fase distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com fatorial 4×3 , sendo quatro níveis de inclusão de macroalga (0,0; 3,0; 6,0 e 9,0%) e três temperaturas (25,0; 29,0 e 33,0°C), onde foram avaliadas as variáveis fisiológicas, o desempenho zootécnico e características de carcaça. As temperaturas influenciaram significativamente o consumo de água e ração, além de variáveis como temperatura retal, frequência respiratória e peso vivo ($P < 0,005$). Em condições de estresse térmico (33,0 °C), a inclusão de 6,0 e 9,0% da macroalga ajudou a mitigar os efeitos do calor, reduzindo a temperatura retal das aves. O peso relativo da carcaça foi maior a 33,0 °C, sugerindo um ajuste metabólico ao estresse térmico, mas não houve diferenças significativas na conversão alimentar e no ganho de peso entre os tratamentos ($P > 0,005$). Foram avaliados os parâmetros fisiológicos: temperatura cloacal (TC), frequência respiratória (FR) e temperatura superficial (TS) das codornas. O peso vivo, consumo de ração, temperatura cloacal, temperatura superficial e frequência respiratória foram influenciadas pela temperatura do ambiente ($P < 0,05$), sendo que as variáveis fisiológicas apresentaram valores mais altos na temperatura de 33 °C. O desempenho produtivo, rendimento de carcaça ou órgãos como fígado e coração não apresentaram diferença significativa em função da inclusão da macroalga ($P > 0,05$) mesmo nos níveis mais elevados (9%) o peso relativo da carcaça foi maior sob condições de estresse térmico, sugerindo um ajuste metabólico das aves. Por tanto, a pesquisa reforça o potencial do uso de macroalgas em dietas avícolas para climas quentes, destacando a necessidade de estudos adicionais para ajustar níveis de inclusão e explorar seus mecanismos de ação. É recomendado a inclusão de até 9% da *Gracilaria birdiae* na alimentação de codornas de postura com idade de 49 – 112 dias.

Palavras chaves: Algas marinhas, carcaça, *Coturnix coturnix japonica*, estresse térmico.

PHYSIOLOGICAL AND ZOOTECHNICAL VARIABLES OF JAPANESE QUAILS IN THE GROWING AND LAYING PHASES UNDER THERMAL COMFORT AND STRESS CONSUMING MACROALGAE (*Gracilaria birdiae*)

General Abstract: This research aimed to evaluate the influence of adding the macroalga *Gracilaria birdiae* on the zootechnical performance, physiological variables, and carcass quality of Japanese quails when subjected to three controlled environments (climatic chambers with air temperatures of 25, 29, and 33°C) in two phases: 14–42 days and 49–112 days. A total of 864 female quails were used in the first phase and 576 in the second phase, distributed in a completely randomized design with a 4 × 3 factorial scheme, consisting of four levels of macroalga inclusion (0.0, 3.0, 6.0, and 9.0%) and three temperatures (25.0, 29.0, and 33.0°C). Physiological variables, zootechnical performance, and carcass characteristics were evaluated. Temperature significantly influenced water and feed intake, as well as variables such as rectal temperature, respiratory rate, and live weight ($P < 0.005$). Under heat stress conditions (33.0°C), the inclusion of 6.0 and 9.0% of macroalgae helped mitigate the effects of heat, reducing the birds' cloacal temperature. The relative carcass weight was higher at 33.0°C, suggesting a metabolic adjustment to heat stress, but there were no significant differences in feed conversion and weight gain between treatments ($P > 0.005$). The evaluated physiological parameters included cloacal temperature (CT), respiratory rate (RR), and surface temperature (ST) of the quails. Live weight, feed intake, cloacal temperature, surface temperature, and respiratory rate were influenced by environmental temperature ($P < 0.05$), with higher values observed at 33°C. Productive performance, carcass yield, and organ weights (liver and heart) showed no significant differences due to macroalga inclusion ($P > 0.05$). Even at the highest level (9%), the relative carcass weight was higher under heat stress conditions, suggesting a metabolic adjustment of the birds. Thus, the study reinforces the potential use of macroalgae in poultry diets for hot climates, highlighting the need for further studies to adjust inclusion levels and explore their mechanisms of action. The inclusion of up to 9% *Gracilaria birdiae* in the diet of laying quails aged 49–112 days is recommended.

Keywords: Marine algae, carcass, *Coturnix coturnix japonica*, heat stress.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa, Vitória Régia, à minha filha, Alice Rozeno, à minha mãe, Elismar e meus irmãos, Erasto e Ruthe. Por fim, dedico este trabalho a meu pai Antonio Rozeno de Oliveira (*in memorian*).

EPÍGRAFE

“Os nossos conhecimentos são a
reunião do raciocínio e experiência
de numerosas mentes...”

(Ralph Waldo Emerson)

AGRADECIMENTOS

A Deus por todos os livramentos concedidos durante a execução desta pesquisa e pela saúde.

Ao meu orientador Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado, por compartilhar seus conhecimentos, estar sempre à disposição para retirada de dúvidas e demais orientações essenciais. São poucos que fazem o que meu orientador se disponha a fazer pelo seus orientados, o meu mais sincero obrigado e gratidão. Nessa caminhada do doutorado, perdi meu pai, mas, por outro lado ganhei outro pai na pós-graduação que é meu orientador.

À banca examinadora por contribuírem para aperfeiçoamento do trabalho com sugestões e compartilhamentos de conhecimentos, a estes Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado, Prof. Dr. José Wallace Barbosa, Prof. Dr. José Lopes Pinheiro Neto, Dr^a. Neila Lidiany Ribeiro, Prof. Dr. Patricio Gomes Leite e Prof. Dr. Raimundo Calixto Martins Rodrigues.

À Universidade Federal de Campina Grande, especialmente a todos que integram a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, com destaque para os professores da linha de pesquisa em Construções Rurais e Ambiente. Minha gratidão também ao secretário do PPGEA-UFCG, Roberto Romam, pela dedicação em cuidar da parte burocrática dos estudantes. Obrigado por sua paciência e compromisso, Roberto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo durante todo o doutorado.

A minha família por estarem sempre apoiando meu crescimento profissional e acadêmico e a minha esposa por tanta compreensão e companheirismo.

Aos meus amigos que participaram da execução da pesquisa. Neila Ribeiro, Nágela Mascarenhas, Fabiana Moraes, Alícia Santos, Diassis, Ricardo Silva, Ariadne, Mailson Gregório, José Ilton, Ivson, Janine, Wesley, Smith, Vitor Manoel, Rafaela, Fátima Caetano, Tacila Arruda, Thiago Lira, Carla, Abacar Augusto, Yanka, Brendo Brito, Alleson, Denis, Giordan, Thaysa Barros, Thiago Andrade, Elton, Fernando Amom, Jean Paiva e todos os outros que ajudaram de alguma forma.

De modo especial a Neila Lidiany, Nagela Mascarenhas e Jean Paiva, por contribuírem nas sugestões e correções e por fim, a Mailson Gonçalves Gregório por um trabalho minucioso das análises feitas nesse experiente para caracterização da macroalga e ao senhor Alexandre Sechinato pela doação de leques de coloração de gema do ovo.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

1. INTRODUÇÃO GERAL	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. Desenvolvimento da coturnicultura.....	14
2.2. Variáveis fisiológicas	16
2.3. Desempenho e rendimento de carcaça.....	16
2.4. Algas marinhas na alimentação animal	18
3. OBJETIVOS.....	21
3.1. Objetivo geral	21
3.2. Objetivos específicos.....	21
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

CAPÍTULO II - VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E ZOOTÉCNICAS DE CODORNAS JAPONESAS CONSUMINDO MACROALGA (*Gracilaria birdiae*) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES

RESUMO	30
1. INTRODUÇÃO.....	31
2. MATERIAL E MÉTODOS	34
2.1. Geral	34
2.2. Local da pesquisa.....	34
2.3. Animais e manejo	35
2.4. Dieta	35
2.5. Perfil de minerais e bioativos da <i>Gracilaria birdiae</i>	35
2.6. Câmaras climáticas e variáveis climatológicas	36
2.7. Variáveis fisiológicas.....	37
2.7.1. Frequência respiratória (FR).....	38
2.7.2. Temperatura superficial média (TSM).....	38
2.7.3. Temperatura retal (TR)	38
2.8. Desempenho zootécnico	38
2.8.1. Ganho de peso (GP).....	39
2.8.2. Consumo de ração e água	39
2.8.3. Conversão alimentar (CA).....	39
2.8.4. Rendimento de carcaça, órgãos e intestino.....	39
2.9. Delineamento e análises estatísticas	40
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41

4. CONCLUSÃO.....	52
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

CAPÍTULO III - DIETAS A BASE DE *Grasilaria birdiae* PARA *Coturnix coturnix japônica* NA FASE DE POSTURA EM DIFERENTES AMBIENTES: PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E QUALIDADE DE CARCAÇA

RESUMO	60
1. INTRODUÇÃO.....	62
2. MATERIAL E MÉTODOS	64
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4. CONCLUSÕES.....	75
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

1. INTRODUÇÃO GERAL

As codornas japonesas são aves de pequeno porte amplamente utilizadas na produção de ovos comerciais. Sendo sua criação é considerada promissora devido à alta taxa de postura, rápida taxa de crescimento e menor necessidade de espaço em comparação com outras aves de produção (Biasato et al., 2019). Características como maturidade sexual precoce, alta produtividade, baixo consumo de ração e longo período de produção (Santos et al., 2017; Truong et al., 2023) são os interesses que motivam os pesquisadores a conduzir estudos que visam melhorar e fortalecer a criação de codornas como uma atividade comercial lucrativa (Moraes et al., 2021).

A qualidade de carcaça, tanto de aves abatidas com maturidade normal como aves consideradas de descarte, que são aves abatidas após o período de postura, é um fator determinante para o sucesso da indústria avícola (Batool et al., 2023). Uma série de variáveis fisiológicas como frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura superficial, temperatura retal e dilatação pupilar são usadas para auxiliar na verificação do nível de estresse térmico das aves.

Tendo em vista que, codornas criadas sob condições de estresse térmico modificam seu comportamento de ingestão de ração, água e desencadeiam mecanismos de perda de calor, o que podem ocasionar o aumento a vulnerabilidade das aves e proporcionam modificações negativas nas variáveis fisiológicas e de qualidade da carcaça (Akdemir; Köseman; Şeker, 2019).

Uma alternativa para melhorar a qualidade de carcaça e variáveis fisiológicas de codornas, é minimizando os danos causados pelo estresse térmico. A inclusão de macroalgas na dieta de codornas pode ser uma saída promissora para esse problema, onde as macroalgas marinhas possuem alto teor de nutrientes como proteínas, vitaminas, ácidos graxos e minerais (Akdemir; Köseman; Şeker, 2019). A inclusão de macroalgas na alimentação de aves pode melhorar a qualidade dos ovos, devido ao aumento da concentração de ácidos graxos ômega-3 e antioxidantes presentes nestes organismos (Santos et al., 2019).

Herber-Mcneil & Van Elswyk (1998) alimentando galinhas poedeiras com um mínimo de 2,4% de macroalgas na dieta resultou na produção de ovos com maior qualidade e ainda se referiram aos avanços na produção de macroalga marinha enriquecida de ácido docosaexaenóico (DHA), viabilizando o fornecimento de uma opção atrativa para suplementação na dieta de aves.

O uso de algas vermelhas (*Rhodophyta sp*) na nutrição animal tem despertado interesse devido às suas propriedades funcionais, como a presença de compostos bioativos, antioxidantes e fibras que auxiliam na melhoria da saúde e do desempenho animal. Contudo, os estudos que avaliam os efeitos dessas macroalgas em codornas submetidas a condições adversas, como o estresse térmico, ainda são limitados (Mohamed et al., 2025).

O estresse térmico é um dos principais desafios enfrentados pela avicultura em climas tropicais e subtropicais, pois afeta negativamente o desempenho produtivo, a saúde intestinal e a qualidade dos produtos, como ovos e carne. Nesse cenário, as macroalgas têm potencial para mitigar esses efeitos ao modular a microbiota intestinal, melhorar a digestibilidade dos nutrientes e fortalecer o sistema imunológico das aves (Mustafa et al., 2021).

A suplementação de dietas com farelo de macroalgas, como *Gracilaria birdiae*, apresenta benefícios importantes para codornas expostas a altas temperaturas e, essa inclusão pode ajudar a preservar a saúde intestinal, melhorar o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos, além de oferecer informações técnicas relevantes para uma avicultura mais sustentável e focada no bem-estar animal (Barros et al., 2024).

Algas marinhas do gênero *Schizotrichium* podem ser adicionados às rações de frangos de corte, sem comprometer o desempenho, rendimento em carcaça e dos órgãos, melhorando o perfil de ácidos graxos da carne (Petrolli et al., 2019). Outro estudo de referência foi desenvolvido por Boiago et al. (2019) que mencionaram que a utilização da microalga *Spirulina platensis* na dieta de codornas melhoraram a qualidade dos ovos, reduzindo os níveis de ácidos graxos saturados indesejáveis e aumentando os níveis de ácidos graxos monoinsaturados, que são benéficos à saúde dos consumidores.

As pesquisas voltadas à *Gracilaria sp.* para alimentação animal, se explicam pela composição nutricional das algas, que mostram riqueza em proteínas, minerais, vitaminas, polissacarídeos e baixas concentrações de lipídeos (Simões, 2009).

Com a necessidade de não comprometer a produção e bem-estar animal a partir da qualidade alimentar das aves, é notório para que a temperatura superficial permaneça constante, a perda de calor deve ser igual ao ganho (Nguyen et al., 2016), uma vez que a dissipação de calor pelas aves ocorre tanto de maneira sensível (condução, convecção e radiação) quanto da maneira latente (respiratória e cutânea), e as perdas sensíveis são mais eficientes em condições termoneutras (Nascimento et al., 2014).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Desenvolvimento da coturnicultura

Os primeiros registros sobre sistemas de produção de codornas com maior tecnificação ocorreram no início do século XIX, onde foi iniciado pelos japoneses um experimento com o cruzamento de espécie silvestres e codornas vindas da Europa, dando origem a uma linhagem de codorna domesticada, chamada de *Coturnix coturnix japonica* (Santos et al., 2017) e, no ano de 1900 os japoneses implantaram a criação de codornas no mercado comercial, ocorrendo relatos de sua criação e produção no início do ano de 1960 no Brasil (Mariot, 2021).

A coturnicultura é o ramo da avicultura brasileira que estuda as codornas, buscando criar, melhorar e fomentar a produção anual, tendo se destacado cada vez mais devido ao interesse quanto aos aspectos de melhoramento genético, nutrição, manejo, ambiência e equipamentos para o desenvolvimento de aves com maior poder de produção, bem como para a tecnificação na produção de ovos (Silva et al., 2018).

Há mais de 15 anos o mercado industrial dispõe de três espécies de codornas com diferentes aptidões para produção, são elas: a codorna americana ou a Bob white quail (*Colinus virginianus*) destinada a produção de carne, a Japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) com melhor aptidão para produção de ovos e a Européia (*Coturnix coturnix coturnix*) com excelente potencial para produção de carne (Barreto et al., 2007)

As codornas são originárias do continente Asiático, da Europa e do Norte da África, pertencente à família dos *Fasianídeos*, sendo a espécie *Coturnix japonica* a mais importante por apresentar vantagens como uma melhor rusticidade, boa precocidade, pesar em média 160g e ter uma alta produtividade, onde a sua fêmea pode produzir em média 300 ovos durante seu ciclo de vida, que dura cerca de um ano (Moura, 2016).

No Brasil, a criação de codornas para a produção de ovos é significativa, sendo a maior parte do plantel destinado para esta finalidade (Mota et al., 2015), isso se dar porque as codornas apresentarem ciclo reprodutivo pequeno, ou seja, elas dão início a sua postura em torno de seis a sete semanas, onde essa fase de postura fica até as codornas chegarem em 60 semanas, fazendo com que o produtor obtenha um retorno mais rápido (Leandro et al., 2019).

Normalmente a produção de carne e ovos das codornas no Brasil, ocorre por meio de um sistema de automatização em seus processos, apresentando bons resultados em sua

cadeia produtiva, porém, devido as exigências do consumidor em estar adquirindo um produto de melhor qualidade, é necessário que o produtor busque formas de melhorar a produção de ovos e carnes (Souza et al., 2020).

2.2. Variáveis fisiológicas

As variáveis fisiológicas são mecanismos imprescindíveis na identificação do estresse térmico animal, podendo ocasionar mudanças no comportamento da ave, alterando o sistema de produção. Estas alterações estão proporcionalmente associadas ao bem-estar e níveis aumentados de corticosterona, glicose no sangue e proporção de heterofilos/linfócitos (Kodaira et al., 2015), podem alterar o consumo de ração, taxa de produção de ovos (Vercese et al., 2012), peso do ovo (Pereira et al., 2008) e enfraquecimento do sistema imunológico (On Aşila & Aksoy, 2005).

Por outro lado, o desempenho das codornas japonesas também está relacionado com alimentação e sua qualidade da ração (Lopes et al., 2006). Os indicadores fisiológicos e comportamentais de estresse são úteis, pois podem ser quantificados e amplamente ajustados a visões pré-concebidas de bem-estar animal (Scanes, 2016). Castilho et al. (2015) analisaram parâmetros fisiológicos e produtivos (produção de ovos) de galinhas poedeiras sob diferentes densidades e relataram o efeito da densidade sobre os parâmetros estudados, pois as aves se adaptaram a essa condição.

O desempenho produtivo na criação de codornas de postura também é comprometido pela variação de temperatura, como acontece em regiões do Nordeste brasileiro, que apresentam amplitudes térmicas elevadas, o que compromete a produtividade das aves ou outros animais. A temperatura ambiente ideal (zona de conforto térmico - ZCT) para codornas está entre 18 e 24°C, com umidade relativa do ar entre 65 e 70% (Castro et al., 2017).

As temperaturas fora da ZCT podem causar danos na produção e consequentemente no desenvolvimento das aves, sendo o desconforto térmico identificados pelas variáveis fisiológicas. Em estudos com codornas japonesas submetidas a temperatura de 25°C, Rodrigues et al. (2016) observaram valores médios de temperatura cloacal de 41 e 42°C, assim como Sá Filho et al. (2011) em pesquisas com codornas em ambiente com temperatura de 32°C, relataram valores médios de 40,5 °C, concluindo que as aves apesar de estar em desconforto térmico, foram eficientes em manter sua homeotermia.

A frequência respiratória é um mecanismo fisiológico utilizado pelas aves para

manter a homeotermia estável, sendo considerado um mecanismo eficiente (Oliveira e Santos, 2019). A capacidade de transpiração das aves é quase nula, de maneira que as perdas de calor pela evaporação respiratória são bastante significativas (Ferreira, 2016).

Outra variável fisiológica importante é a temperatura superficial das aves, podendo servir de resposta ao ambiente inadequado de alojamento (Soares, 2019). Tal mensuração deve ser obtida sem que haja contato com o animal, um método não invasivo, com a utilização de câmera termográfica e caso não tenha a disponibilidade usa-se termômetro infravermelho ou a laser (Medeiros, 2012; Ferreira, 2016).

Para que a temperatura superficial permaneça constante, a perda de calor deve ser igual ao ganho (Nguyen et al., 2016). A dissipação de calor pelas aves ocorre tanto de maneira sensível (condução, convecção e radiação), quanto da maneira latente (respiratória e cutânea), onde as perdas sensíveis são mais eficientes em condições termoneutras (Nascimento et al., 2014).

Alguns comportamentos das aves otimizam as perdas de calor, como abrir as asas e de mantê-las afastadas do corpo, otimizando as perdas de calor por convecção, pois há um aumento na sua área de superfície corporal, além de diminuir sua atividade física (Navas et al., 2016).

Uma das principais técnicas de mitigação do estresse calórico é a utilização de sais na água ou na ração fornecida as aves. Dentre os principais sais utilizados destaca-se o cloreto de potássio (KCl) (Borges, 1999), sendo que outras fontes minerais de origem orgânica, em específico as algas marinhas, possuem condições de melhorar o desempenho de animais submetidos a condições de calor, sendo este potencial associado ao possível poder em manipular o balanço ácido-base mesmo em baixa inclusão na dieta (Lopes, 2012; Melo et al., 2008a).

2.3. Desempenho e rendimento de carcaça

O rendimento de carcaça é influenciado pelo teor de proteína bruta da dieta, demonstrando que dietas com alto teor de proteína, principalmente se associadas a um baixo nível de energia metabolizável, favorecem menor deposição de gordura na carcaça, melhorando o rendimento (Rajini & Narahari, 1998). O rendimento de carcaça de codornas pode variar de 57 a 74% (Móri et al., 2005; Oliveria, et al., 2005; Santos et al., 2006; Silva et al., 2007; Moreno et al., 2023).

Os rendimentos das carcaças, tanto quente quanto resfriada, apresentaram comportamento linear decrescente, indicando que, dentro do intervalo avaliado, o

aumento do nível proteico das rações leva a uma redução nos rendimentos das carcaças (Pinheiro et al., 2015). Silva et al. (2006), ao estudarem a redução de proteína bruta (PB) com suplementação aminoacídica em codornas de corte, observaram que, ao atender à exigência de metionina + cistina, foi possível reduzir a PB de 24% para 19,2% no período de 22 a 42 dias, sem depender da suplementação de lisina.

Para maximizar o rendimento de carcaça de codornas destinadas à produção de carne, é fundamental compreender as exigências nutricionais dessas aves e formular dietas que atendam a essas necessidades, com atenção especial aos aminoácidos (Ferreira et al., 2014). Dietas bem equilibradas são essenciais para garantir um desempenho eficiente, e a busca por ingredientes alternativos tem ganhado destaque, especialmente frente à sustentabilidade na avicultura.

De acordo com Gomide et al. (2014), o Brasil ainda carece de um sistema oficial de classificação ou tipificação de carcaças, limitando-se, em muitos casos, à simples indicação no rótulo das carcaças ou cortes, resultando que a classificação das aves é feita geralmente com base em critérios como espécie, sexo, idade e categoria. No mercado, as formas de comercialização predominantes incluem carcaças inteiras ou cortes, disponibilizados em estado resfriado ou congelado.

Nesse contexto, as macroalgas surgem como uma alternativa promissora para suplementação nutricional em dietas de aves, incluindo codornas de corte e postura. Ricas em aminoácidos essenciais, minerais e compostos bioativos, as macroalgas podem contribuir para a melhoria da qualidade nutricional das rações e, consequentemente, para o rendimento de carcaça (Moustafa et al., 2021).

Além disso, a inclusão de macroalgas na dieta pode oferecer benefícios adicionais, como efeitos antioxidantes e imunomoduladores, promovendo a saúde e o bem-estar animal (Chojnacka et al., 2012). A incorporação dessas fontes alternativas também dialoga com a necessidade de diversificação de ingredientes, alinhando-se a práticas sustentáveis e inovadoras no setor avícola.

A suplementação de codornas com a macroalga espirulina em sistemas de agricultura orgânica demonstrou aumentar significativamente os indicadores de rendimento de carcaça em frangos de corte (Elzaer et al., 2023). Por outro lado, a utilização da macroalga *Spirulina platensis* na forma seca apresentou efeitos ainda mais expressivos, atuando como um potente promotor de crescimento e elevando a porcentagem de produção de carcaça (Zaghari & Hajati, 2018).

Entretanto, estudos envolvendo codornas indicam que a suplementação com

Spirulina platensis não exerceu impacto significativo no rendimento de carcaça quando comparada ao grupo controle (Elzaer et al., 2023). Outros resultados foram observados por Cheo et al. (2016), que não encontraram diferenças significativas no rendimento de peito e carcaça de codornas suplementadas com macroalgas.

Esses achados sugerem que os efeitos da suplementação de espirulina podem variar dependendo da espécie animal, do método de administração e das condições de criação, destacando a necessidade de estudos adicionais para compreender melhor seu potencial como aditivo nutricional em diferentes contextos.

2.4. Algas marinhas na alimentação animal

As algas marinhas são fontes sustentáveis de compostos bioativos naturais com interesse para a produção animal, em especial aves de posturas pela quantidade de cálcio disponível e, estas algas podem ser uma fonte alternativa de nutrientes (Raposo et al., 2013). Os principais compostos bioativos naturais presentes são os polissacarídeos, proteínas, ácidos gordos polinsaturados, pigmentos, polifenóis e minerais, sendo que o uso de extratos de algas em vez das algas *in natura*, permite reduzir a componente tóxica das mesmas (Chojnacka et al., 2012).

O uso de extratos de algas na alimentação animal tem mostrado efeitos imunomodulatório, por vezes estimulando a resposta imune e, por outras, exercendo uma ação anti-inflamatória (Bussy et al., 2019). Segundo Melo et al. (2008) a utilização da farinha de algas calcáreas *Lithothamnium calcareum* no desempenho e qualidade de ovos de codornas japonesas, suplementadas com farinha de algas marinhas mostrou evidências de melhoria na casca dos ovos, porém as características de desempenho não foram influenciadas pela utilização da farinha de algas calcáreas. Avaliando a inclusão da *Lithothamnium calcareum* em rações de poedeiras de linhagens leves de segundo ciclo de produção, nos níveis de 0%, 1%, 1,5% e 2,0%, Souza (2012), constatou que o nível de inclusão de 1% da referida alga possibilitou melhora na percentagem de postura, da espessura da casca, a percentagem de matéria mineral e de cálcio da casca.

Na avicultura a farinha de algas marinhas foi testada em substituição ao calcário calcítico para frangos de corte em duas fases de 1-21 dias e 21-42 dias de vida, com resultados negativos na conversão alimentar na fase acima de 22 dias e melhora na conversão alimentar na fase de 1-21 dias, em relação a quantidade de matéria seca do material coletado 21,7% e 27,97% respectivamente (Carlos et al., 2011). A retirada ou redução da inclusão de farinhas de origem animal nas rações devido a restrições

comerciais e o crescente uso de rações a base de ingredientes vegetais, mais pobres em minerais (Bertechini, 2006) fizeram com que a busca por alternativas para suplementação mineral para aves aumentasse nos últimos anos.

Os minerais de origem orgânica, como conchas, algas e cascas de ovos, apresentam maior solubilidade em relação às fontes de rochas (Melo et al., 2006) trazendo a vantagem de serem fontes renováveis que promove menor impacto ambiental. As buscas por novas alternativas que não sejam derivadas de rochas, de maior biodisponibilidade, são de extrema importância para se maximizar o desempenho animal e minimizar custos (Melo & Moura, 2009).

Na África do Sul, aproximadamente 2.884 toneladas de algas marinhas (peso úmido) são produzidas anualmente, com destaque para sua utilização como suplemento alimentar em fazendas de abalone (DAFF, 2012). As algas marinhas têm despertado crescente interesse devido à presença de polissacarídeos bioativos, como fucoidano e laminarina, que possuem propriedades terapêuticas e podem ser explorados como alternativas aos antibióticos (Troell et al., 2006). Esses compostos exibem uma ampla gama de efeitos biológicos, incluindo atividades antimicrobianas, anti-inflamatórias e imunomoduladoras (Sweeney et al., 2016).

Além dos polissacarídeos, as algas marinhas apresentam um perfil nutricional altamente diversificado e funcional, sendo ricas em proteínas, aminoácidos essenciais, ácidos graxos ômega-3, minerais como iodo e ferro, pigmentos carotenoides, vitaminas do complexo B, compostos fenólicos, florotaninos e substâncias probióticas (Gullón, et al., 2020). Esse conjunto de fitonutrientes não apenas promove benefícios à saúde animal, como também confere às algas propriedades antimicrobianas, antioxidantes, anticoagulantes e probióticas (Rodrigues et al., 2016). Essas características tornam as algas marinhas uma alternativa estratégica para aprimorar a nutrição animal e reduzir a dependência de aditivos sintéticos, como antibióticos e antioxidantes artificiais.

Pesquisas recentes também apontam que a inclusão de algas marinhas em dietas animais não apenas melhora a saúde e o desempenho dos animais, mas também impacta positivamente a qualidade dos produtos derivados. Estudos demonstraram que sua incorporação pode prolongar o prazo de validade e preservar a qualidade de produtos cárneos durante o processamento e armazenamento, minimizando a oxidação lipídica e a degradação proteica (Kumar et al., 2015; Fernandes et al., 2018). Essa aplicação prática é particularmente relevante para atender às demandas por alimentos mais saudáveis e de maior durabilidade, alinhando-se às tendências globais de sustentabilidade e inovação na

indústria alimentícia.

A inclusão de algas marinhas como ingrediente em rações animais representa uma abordagem sustentável, aproveitando um recurso abundante e de rápido crescimento, com baixo impacto ambiental. Além de contribuir para a eficiência produtiva e a qualidade dos produtos finais, sua utilização promove uma agricultura mais responsável e alinhada aos princípios de economia circular, evidenciando o potencial transformador desse recurso natural em sistemas agroalimentares.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Avaliar a influência da adição da macroalga *Gracilaria birdiae* nas variáveis de desempenho zootécnico, fisiológicas e qualidade de carcaça de codornas japonesas quando submetidas a três ambientes controlados (câmaras climáticas com temperatura do ar 25, 29 e 33°C) em duas fases: 14-42 dias e de 49-112 dias.

3.2. Objetivos específicos

Analisar a temperatura retal, a frequência respiratória e a temperatura superficial nos diferentes tratamentos;

Quantificar os efeitos da suplementação de macroalga no desempenho zootécnico das aves, por meio das variáveis peso vivo, ganho de peso, consumo de ração, consumo de água e conversão alimentar;

Determinar as características de qualidade da carcaça das codornas, por meio das variáveis rendimento relativo, peso absoluto e cortes comerciais, em função dos níveis de macroalga e das condições climáticas.

Investigar os pesos absolutos e relativos de órgãos internos (intestinos, fígado e moela) e suas possíveis alterações relacionando-as com os tratamentos.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akdemir, F., Köseman, A., & Şeker, I. Alchemilla vulgaris effects on egg production and quality expressed by heat stressed quail during the late laying period. **South African Journal of Animal Science**, v.49, p.857-868, 2019. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v49i5.8>
- Barreto, S. L. T., Quirino, B. J. S., Brito, C. O., Umigi, T., Araújo, M. S., Rocha, T. C., Pereira, C. G. Efeitos de níveis nutricionais de energia sobre o desempenho e a qualidade de ovos de codornas européias na fase inicial de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.86-93, 2007.
- Bertechini, A.G. **Nutrição animal de monogástricos**. 1º. ed. Lavras: UFLA. 302p. Borges, S. A.; Ariki3, J.; Martins, C. L.; Moraes, V. M. B. Suplementação de cloreto de potássio e bicarbonato de sódio para frangos de corte durante o verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.313-319, 1999.
- Bussy, F., Matthieu, L. G., Salmon, H. Delaval, J., Berri, M. P. N. C. Immunomodulating effect of a seaweed extract from ulva armoricana in pig: Specific IgG and total IgA in colostrum, milk, and blood. **Veterinary and Animal Science**, v.7, p.1-5, 2019. <https://doi:10.1016/j.vas.2019.100051>.
- Calos, A. C., Sakomura, N. K., Pinheiro S. R. F. Uso da alga Lithothamnium calcareum como fonte alternativa de cálcio nas rações de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**. v.35, p.833-839, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-7054201100400025>.
- Castilho,V.A.R.,Garcia, R. G. ,Lima, N. D. S., Nunes, K. C., Caldara, F. R., Nääs, I. A., Barreto, B., Jacob, F.G. Welfare of laying hens in different densities of housing. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.9, p.122-131, 2015. <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2015v9n2p122-131>
- Castro, J. O. Avaliação e modelagem do desempenho de codornas japonesas em postura submetidas a diferentes ambientes térmicos. **Tese de doutorado, Universidade Federal de Lavras**, 72f. 2014. Acesso em: 14 de junho de 2021. Disponível em: <ufla.br/jspui/bitstream/1/2134/1/TESE%20Avaliaçãomodelagemdodesdesempenhoeco

- don asjaponesasemposturasubmetidasadiferentesambientestérmicos>.
- Cho J.H., Kim H.J., Kim I.H. Effects of phytogenic feed additive on growth performance, digestibility, blood metabolites, intestinal microbiota, meat color and relative organ weight after oral challenge with *Clostridium perfringens* in broilers. **Livestock Science**, 2014;160:82–88. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.11.006>
- Chojnacka, K., Saeid, A., Witkowska, Z., Tuhy, L.. Biologically Active Compounds in Seaweed Extracts - the Prospects for the Application. **The Open Conference Proceedings Journal**. v.3, p.20–28, 2012. <https://doi.org/10.2174/1876326X01203020020>.
- Fernandes, R.P.P.; Trindade, M.A.; Lorenzo, J.M.; De Melo, M.P. Assessment of the stability of sheep sausages with the addition of different concentrations of *Origanum vulgare* extract during storage. **Meat Science**, v.137, p.244–257, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.11.018>
- Ferreira, E. B.; Cavalcanti, P. P.; Nogueira, D.A. ExpDes: experimental designs package. R package version 1.1.2. 2013. **Applied Mathematics**, v.5, p.2952-2958, 2013.
- Ferreira, F.; Corrêa, G. S. S.; Corrêa, A. B.; Silva, M. A.; Felipe, V. P. S.; Wenceslau, R. R.; Freitas, L. S.; Santos, G. G.; Godinho, R. M.; Climaco, W. L. S.; Dalsecco, L. S.; & Caramori Júnior, J. G. Características de carcaça de codornas de corte EV1 alimentadas com diferentes níveis de metionina+cistina total. **Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária E Zootecnia**, v.66, p.1855–1864, 2014. <https://doi.org/10.1590/1678-6283>
- Ferreira, R. A. Maior Produção com Melhor Ambiente - para aves, suínos e bovinos. 3ªed. Viçosa: **Aprenda Fácil**, 528p, 2016.
- Gomide, L.A. de M.; Ramos, E.M.; Fontes, P.R. Tecnologia de abate e tipificação de carcaças. 2ª edição, editora UFV 2014. ISBN: 978-85-7269-488-9.
- Gullón, B.; Gagaoua, M.; Barba, F.J.; Gullón, P.; Zhang, W.; Lorenzo, J.M. Seaweeds as promising resource of bioactive compounds: Overview of novel extraction strategies and design of tailored meat products. **Food Science Technology**, v.100, p.1–18, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.039>
- Kodaira, V., Pereira, D.F, Soares., N. M.; Bueno, L.G.F. Blood glucose concentration and heterophilic relationship: lymphocyte can be used as heat stress indicators for laying birds? **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.9, p.182-190, 2015. <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2015v9n2p182-190>.
- Kumar, Y.; Yadav, D.N.; Ahmad, T.; Narsaiah, K. Recent trends in the use of natural

- antioxidants for meat and meat products. *Compr. Food Science and Technology*, v.14, p.796–812, 2015. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12156>
- Lallo, C. H. O., Cohen, J., Rankine, D., Taylor, M., Cambell, J., Stephenson, T. Characterizing heat stress on livestock using the temperature humidity index (THI)—prospects for a warmer Caribbean. *Regional Environmental Change*, v.18, p.2329–2340, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1359-x>
- Leandro, N. S. M., Café, M. B., Stringhini, J. H., Gomes, N. A., Mendonça, R. A. N., Araújo, I. C. S. Aspectos reprodutivos e desempenho de diferentes linhagens de matrizes de codornas japonesas. *Ciência Animal Brasileira*, v.20, 2019.
- Lopes, I. R., V., Fuentes, M.F.F., Freitas, E.R., Soares, M.B., Ribeiro, P.S. Effect of housing density and level of metabolizable energy of the diet on the zootechnical performance and characteristics of Japanese quail eggs. *Agronomic Science*, v.37, p.369-375, 2006.
- Lopes, N. M. Suplementação de vacas leiteiras com farinha de algas (*Lithothamnium calcareum*). **Dissertação de mestrado, Universidade Federal de lavras**, 61p, 2012. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/607/1/DISSERTASuplementa vacas farinhaalgas %Lithothamniumcalcareu](http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/607/1/DISSERTASuplementa%20vacas%20farinha%20algas%20Lithothamnium%20calcareu)>.
- Izaher HAA, Ibrahim ZA, Ahmed SA, Salah AS, Osman A, Swelum AA, Suliman GM, Tellez-Isaias G, Alagawany M, Abd El-Hack ME. Growth, carcass criteria, and blood biochemical parameters of growing quails fed *Arthrospira platensis* as a feed additive. *Poult Sci*. 2023 Dec;102(12):103205. doi: 10.1016/j.psj.2023.103205.
- Mariot, C. R. Níveis de energia metabolizável e proteína bruta na dieta de codornas em fase de postura. **Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Santa Catarina**, Campus Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2021.
- Medeiros, R. C. M. Emprego da termografia em inspeção predial. **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v.2, p. 293-299, 2012.
- Melo, T. V e Moura, A. M. A. Utilização da farinha de algas calcárias na alimentação animal. **Archivos de zootecnia**, v.58, p.99-107, 2009. <https://doi.org/10.21071/az.v58i224.5076>
- Melo, T. V., Mendoça, P. P., Moura, A. M. A., Lomnardi, C. T., Ferreira, R. A., Nery, V. L. H. Solubilidad in vitro de algunas fuentes de cálcio utilizadas em alimentacion animal. **Archivos de zootecnia**, v.55, p.297-300, 2006.
- Melo, T. V., R. A. Ferreira, V. C., Oliveira, J. B. A., Carneiro, A. M. A., Moura, C.S. Silva E Nery, V.L.H.. Calidad del huevo de codornices utilizando harina de algas marinas y

- fosfato monoamônico. **Revista arquivo zootecnia**, v.57, p.313-319, 2008a.
- Moraes, L. R.; Delicato, M. E. A.; Cruz, A. S.; Silva, H. T. F. N. P.; Alves, C. V. B. V.; Campos, D. B.; Saraiva, E. P.; Costa, F. G. P.; Guerra, R. R.; Efeitos da suplementação de metionina na morfologia do intestino, fígado e útero, e na positividade e expressão dos carreadores epiteliais de cálcio Calbindin-D28k e TRPV6 em codornas poedeiras em condições termoneutras e sob estresse térmico. *PLoS ONE*. V.16, e0245615, 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245615>.
- Moreno, F. L. V.; Sbardella, M.; Corassa, A.; Freitas, L. W.; Araújo, C. V.; Silva, B. C. R.; Ton, A. P. S. Levels of inclusion of feather meal in the diet on the performance and carcass characteristics of quails for meat. **Brazilian. Journal Poultry. Science**, v.25, e.2, 2023. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2022-1733>
- Móri, C.; Garcia, E. A.; Pavan, A. C.; Piccinin, A.; Pizzolante, C. C. Desempenho e rendimento de carcaça de quatro grupos genéticos de codornas para produção de carne. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.870-876, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000300019>
- Mota, L. F. M., Coimbra, D. A., Abreu, L. R. A., Costa, L. S., Pires, A. V., Silva, M. A., Bonafé, C. M., Castro, M. R., Lima, H. J. D., Pinheiro, S. R. F. Características de desempenho e de carcaça em diferentes genótipos de codornas de corte. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, p.613-621, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-7587>
- Moura, A. S. Subproduto do maracujá em rações de codornas em postura. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Alagoas**. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Rio Largo, 2016.
- Moustafa, E.S.; Alsanie, W.F.; Gaber, A.; Kamel, N.N.; Alaqil, A.A.; Abbas, A.O. Blue-Green Algae (*Spirulina platensis*) Alleviates the Negative Impact of Heat Stress on Broiler Production Performance and Redox Status. **Animals**, 11:1243, 2021. <https://doi.org/10.3390/ani11051243>
- Nascimento, S. T., Silva, I. J. O., Maia, A. S. C., Castro, A. C., Vieira, F. M. C. Mean surface temperature prediction models for broiler chickens - a study of sensible heat flow. **International Journal of Biometeorology**, v.58, p.195-201, 2014. <https://DOI.org10.1007/s00484-013-0702-7>
- Navas, T. O.; Oliveira, H. F.; Carvalho, F. B.; Stringhini, J. H.; Café, M. B.; Hellmeister Filho, P. Estresse por calor na produção de frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutrime**, v.13, p.4550-4557, 2016.

- Nguyen, P. H., Greene, E., Donoghue, A., Huff, G., Clark, F. D., Dridi, S. A new insight into cold stress in poultry production. **Advances in Food Technology and Nutritional Sciences**, v.1, p.1-2, 2016. <https://DOI.org10.17140/AFTNSOJ-2-124>
- Oliveira, E. G.; Almeida, M. I. M.; Mendes, A. A.; Veiga, N.; Roça, R.O.; Dias, K. Avaliação do rendimento de carcaça de codornas para corte alimentadas com dietas com diferentes níveis protéicos. **Archives of Veterinary Science**, v.10, p.42-45, 2005.
- Pinheiro, S. R. F., Dumont, M. A., Pires, A. V., Boari, C. A., Miranda, J. A., Oliveira, R. G. de ., & Ferreira, C. B. Rendimento de carcaça e qualidade da carne de codornas de corte alimentadas com rações de diferentes níveis de proteína e suplementadas com aminoácidos essenciais. **Ciência Rural**, v.45, p.292–297, 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20120327>
- Rajini, R. A.; narahari, D. Dietary energy and protein requirements of growing japanese quails in the tropics. **Indian Journal of Animal Sciences**, v.68, p.1082-1086, 1998.
- Raposo, M. F. J., Morais, R. M. S. C., Morais., A. M. M. B. 2013. Health applications of bioactive compounds from marine microalgae. **Life Sciences**, v.93, p.479–486. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2013.08.002>
- Rodrigues, D.; Sousa, S.; Silva, A.; Amorim, M.; Pereira, L.; Rocha-Santos, T.A.P. Impact of enzyme- and ultrasound-assisted extraction methods on biological properties of red, brown and green seaweeds from the central west coast of Portugal. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.63, p.3177–3188, 2015. <https://doi.org/10.1021/jf504220e>
- Rodrigues, L. R., Furtado, D. A., Costa, F. G. P., Nascimento, J. W. B., Cardoso, E. A. Thermal confort index, physiological variables and performance of quails fed with protein reduction. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, p.378-384, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n4p378-384>
- Sá Filho, G. F., Torquato, J. L., Souza Júnior, J. B. F., Domingos, H. G. T., Costa, L. L. M. Temperatura corporal de codornas (*coturnix coturnix japonica*) submetidas a diferentes temperaturas do ar. In: X Congresso de Ecologia do Brasil, **Anais...** São Lourenço- Minas Gerais: UFLA, p.1-2, 2011. Acesso 17 de junho de 2021. Disponível em: < <http://seb-ecologia.org.br/revistas/indexar/anais/xceb/resumos/1370.pdf>>.
- Santos, A. L. dos.; Sakomura, N. K.; Freitas, E. R.; Fortes, C. M. L. S.; Carrilho, E. N. V. M., & Fernandes, J. B. K. Redução dos níveis de proteína e suplementação aminoácídica em rações para codornas européias (*Coturnix coturnix coturnix*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.822-829, 2006. <https://doi.org/10.1590>

- Santos, J.S., Cunha, F. S. A., Silva, R. A. C., Soares, A. L. S. Farelo de palma da alimentação de codornas. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.13, p.5093-5099, 2017.
- Santos, T. C.; Gates, R. S.; Tinôco, I. F. F.; Zolnier, S.; Baêta, F. C.; Comportamento de codornas japonesas em diferentes velocidades e temperaturas do ar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.52, p.344–354, 2017. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x20170005000008>.
- Santos, T.C., Gates, R.S., Tinôco, I.F.F., Zolnier, S., Rocha, K.S.O., Freitas, L.C.S.R. Productive performance and surface temperatures of Japanese quail exposed to different environment conditions at start of lay. **Poultry Science**. v98, p.2830–2839, 2019. <https://doi.org/10.3382/ps/pez068>
- Scanes, C.G. Biology of stress in poultry with emphasis on glucocorticoids and the heterophil to lymphocyte ratio. **Poultry Science**, v.95, p.2208–2215, 2016. <https://doi.org/10.3382/ps/pew137>
- Silva, A. S., Sgavioli, S., Domingues, C. H. F., Garcia, R. G. Coturnicultura como alternativa para aumento de renda do pequeno produtor. **Revista arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia**, v.70, p.913-920, 2018. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10065>
- Simoës, M. A. Estudo de cultivo e de biomoléculas da macroalga *Gracilaria birdiae* (rhodophyta, gracilariales). 2009. **Dissertação Mestrado – Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, da Universidade Federal Rural de Pernambuco**. Recife, 2009. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufpe.br:8180/jspui/handle/riufropa/7670>>.
- Soares, K. O. Zona de conforto térmico para codornas de postura com base em indicadores de bem-estar. **Dissertação Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande**, campus Patos -UFCG, 83f, 2019. Acesso em: 17 de junho de 2021. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/8560>>.
- Souza E., B., Badeca, R. S.; V., J. K., Komiyama, C. M., Garcia, R. G., Castilho, V. A. R.; Serpa, F. C.; Santos, A. P. Efeito da inclusão de alga calcária sobre o desempenho produtivo de codornas de postura. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 4, 2020. Disponível em: <https://desafioonline.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/view/11556/8236>
- Souza, Y.L.S. Utilização da alga *Lithothamnium calcareum* para poedeiras de linhagens leves. **Dissertação mestrado, Universidade Federal de Uberlândia**, 59f., 2012.

Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/13056>

- Sweeney, T.; O'Doherty, J.V. Marine macroalgal extracts to maintain gut homeostasis in the weaning piglet. *Domest. Anim. Endocrinol*, v.56, p.84–89, 2016 <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2016.02.002>
- Troell, M.; Robertson-Andersson, D.; Anderson, R.J.; Bolton, J.J.; Maneveldt, G.W.; Halling, C. Abalone farming in South Africa: An overview with perspectives on kelp resources, abalone feed, potential for on-farm seaweed production and socioeconomic importance. *Aquaculture*, v.257, p.266–281 2006. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.02.066>
- Truong L.; Miller, M. R.; Sainz, R. D.; King, A. J.; Changes in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) blood gases and electrolytes in response to multigenerational heat stress, *Plos Climate* v.2, e0000144, 2023. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000144>
- Vasconcelos, B. M. F. e Arruda, A. M. V. Uso de gracilaria no desempenho de frango de corte. **Revista de publicações em medicina veterinária e zootecnia**, v.8, p.2451-2549, 2014.
- Vercese, F.,Garcia, E. A.,Sartori, J. R.,Silva, A. de P.,Faitarone, A.B. G.,Berto, D. A.,Molino, A. B. & Pelícia, K. (2012). Performance and egg quality of Japanese quails submitted to cyclic heat stress. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.14, p.37-41, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2012000100007>
- Zaghari M., Hajati H. Influence of dietary *Spirulina platensis* supplementation on growth, carcass characteristics, egg traits, and immunity response of Japanese quails. *Banat's Journal Biotechnol*. 2018; 19:29–42. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v46i1.63040>

CAPÍTULO II

VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E ZOOTÉCNICAS DE CODORNAS JAPONESAS CONSUMINDO MACROALGA (*Gracilaria birdiae*) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Variáveis fisiológicas e zootécnicas de codornas japonesas consumindo macroalga (*Gracilaria birdiae*) sob diferentes condições ambientais

RESUMO: Objetivou-se com essa pesquisa avaliar as variáveis fisiológicas e zootécnicas de codornas japonesas com até 42 dias de idade (*Coturnix coturnix japonica*) consumindo dieta com inclusão de diferentes concentrações de macroalga *Gracilaria birdiae* e em diferentes condições climáticas controladas. Foram utilizadas 864 codornas fêmeas distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com fatorial 4×3 , sendo quatro níveis de inclusão de macroalga (0,0; 3,0; 6,0 e 9,0%) e três temperaturas (25,0; 29,0 e 33,0°C), onde foram avaliadas as variáveis fisiológicas, o desempenho zootécnico e características de carcaça. As temperaturas influenciaram significativamente o consumo de água e ração, além de variáveis como temperatura retal, frequência respiratória e peso vivo ($P < 0,005$). Em condições de estresse térmico (33,0 °C), a inclusão de 6,0 e 9,0% da macroalga ajudou a mitigar os efeitos do calor, reduzindo a temperatura retal das aves. O peso relativo da carcaça foi maior a 33,0 °C, sugerindo um ajuste metabólico ao estresse térmico, mas não houve diferenças significativas na conversão alimentar e no ganho de peso entre os tratamentos ($P > 0,005$). Por tanto, a pesquisa reforça o potencial do uso de macroalgas em dietas avícolas para climas quentes, destacando a necessidade de estudos adicionais para ajustar níveis de inclusão e explorar seus mecanismos de ação.

Palavras chaves: Algas marinhas, carcaça, *Coturnix coturnix japonica*, estresse térmico.

**Physiological and zootechnical variables of Japanese quail consuming macroalgae
(*Gracilaria birdiae*) under different environmental conditions**

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the physiological and zootechnical variables of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) fed diets with different concentrations of the macroalga *Gracilaria birdiae* under various controlled climatic conditions. A total of 864 female quails were used in a completely randomized design with a 4 × 3 factorial arrangement, consisting of four levels of macroalga inclusion (0.0; 3.0; 6.0 and 9.0%) and three temperatures (25.0; 29.0, and 33.0°C). The birds were assessed for physiological variables, zootechnical performance, and carcass characteristics. Temperatures significantly affected water and feed intake, as well as variables such as rectal temperature, respiratory rate, and live weight ($P < 0.005$). Under heat stress conditions (33.0 °C), the inclusion of 6.0 and 9.0% of the macroalga helped mitigate the effects of heat by reducing the birds' rectal temperature. Relative carcass weight was higher at 33.0 °C, suggesting a metabolic adjustment to thermal stress. However, no significant differences were observed in feed conversion or weight gain among treatments ($P > 0.005$). Thus, this study highlights the potential of using macroalgae in poultry diets for hot climates, emphasizing the need for further research to optimize inclusion levels and explore their mechanisms of action.

Keywords: Seaweed, carcass, *Coturnix coturnix japonica*, heat stress.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento exponencial da população humana tem elevado significativamente a demanda por proteínas de origem animal, como carne e ovos, intensificando a necessidade de diversificar e expandir as formas de produção de alimentos (Henchion et al., 2017). Dessa forma a criação de codornas japonesas tem se destacado como uma atividade zootécnica promissora, com potencial para atender ao aumento da demanda por carne e ovos (Elkhaiat, et al., 2025), onde essas aves possuem alta produtividade, rápido crescimento e requerem pouco espaço para criação, tornando-se uma opção viável para produtores que buscam diversificar suas atividades e atender ao mercado consumidor em expansão (Kirrella, et al., 2023).

O bem-estar das codornas é garantido por meio de ajustes na densidade de criação, práticas nutricionais adequadas, medidas sanitárias eficientes e controle da temperatura ambiental (Attia et al., 2017). Apesar das características favoráveis para expansão da produção da coturnicultura, seu crescimento tem encontrado barreiras que dificultam a exploração e maximização da produção (Barros et al., 2024), sendo o estresse térmico um dos fatores limitantes nesta produção, onde está diretamente ligado às condições de bem-estar das aves e consequentemente ao desempenho reprodutivo, produtividade e qualidade dos ovos (Batoool, et al., 2021).

A temperatura ambiente influencia diretamente a produção e a qualidade dos ovos, uma vez que codornas submetidas ao estresse térmico tendem a produzir ovos mais leves, além de apresentarem redução na taxa de produção e na massa dos ovos (El-Tarabany, 2016). A temperatura ideal do ar, correspondente à zona de conforto térmico (ZCT), para codornas em fase de postura varia entre 22,0 e 26,0°C, enquanto a umidade relativa do ar (UR) deve permanecer entre 58,0 e 65,0% (El-Tarabany, 2016; Castro, et al., 2017).

Codornas expostas a temperaturas acima da zona de conforto térmico apresentam alterações comportamentais para dissipar o excesso de calor corporal, exigindo a ativação de mecanismos fisiológicos (especialmente evaporativos) de termorregulação, que demandam gasto energético, afetando negativamente o desempenho produtivo e econômico das aves (Barros et al., 2024; Elkhaiat et al., 2025). A adição de aditivos à dieta, com propriedades antioxidantes ou capacidade de reduzir a produção de calor metabólico, pode minimizar os efeitos negativos de ambientes quentes sobre as variáveis fisiológicas e metabólicas dos animais (Lima, et al., 2019), sendo que essa estratégia se apresenta como uma alternativa eficaz para melhorar o bem-estar e contribuir positivamente para o desempenho produtivo (El-Hack et al., 2017).

Nesse cenário, algumas espécies de algas marinhas têm sido utilizadas como aditivos alimentares para mitigar os efeitos de ambientes estressantes. A *Gracilaria birdiae* é uma alga vermelha amplamente encontrada no Brasil, destacando-se como uma opção promissora e, seu cultivo tem sido incentivado, especialmente na região Nordeste, visando substituir a exploração indiscriminada e insustentável de bancos naturais por práticas de maricultura em comunidades costeiras (Lima, et al., 2019).

Entretanto, estudos envolvendo algas vermelhas (*Rhodophyta*) e seus impactos em codornas submetidas a condições adversas ainda são limitados (Mohamed et al., 2025). A suplementação da ração de codornas estressadas pelo calor com farelo de macroalgas, além de obter informações técnicas que apoiem a produção de ovos com bem-estar, essa inclusão do farelo manterá a saúde intestinal da codorna, melhorando a qualidade da carne e seus rendimentos (Barros et al., 2024).

Objetivou-se com essa pesquisa avaliar as variáveis fisiológicas e zootécnicas de codornas japonesas até 42 dias de idade (*Coturnix coturnix japonica*) consumindo dieta com inclusão de 0, 3, 6 e 9% da macroalga *Gracilaria birdiae* em diferentes condições microclimáticas controladas 25, 29 e 33°C (câmaras climáticas).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Geral

A pesquisa foi submetida para aprovação no Comitê de Ética para Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Campina Grande, sob número de protocolo N°.11/2024.

2.2. Local da pesquisa

O experimento foi conduzido em ambiente controlado, sendo este composto por três câmaras climáticas localizadas no Laboratório de Construções Rurais e Ambiência da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Campina Grande-PB, em câmaras climáticas com dimensões 3,07 x 2,77 x 2,50 m de largura, comprimento e altura, respectivamente e uma terceira câmara climática de 2,90 x 2,60 x 2,50 m de largura, comprimento e altura confeccionadas em chapas de aço laminado com proteção anticorrosiva e preenchimento em isopor, permitindo o isolamento térmico com o ambiente externo.

2.3. Animais e manejo

Foram utilizadas 864 pintainhas de codorna japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), com 1 (um) dia de vida peso médio de $6,7 \pm 0,5$ gramas, adquiridas da granja FUJIKURA (Suzano, São Paulo), vacinadas e vermifugadas. Nos primeiros 13 dias as codornas foram mantidas em círculos de proteção equipados com comedouros, bebedouros e lâmpadas incandescentes de 60 W para o aquecimento, onde a ração e água foram ofertadas à vontade.

Após este período a aves foram transferidas para os ambientes experimentais (câmaras climáticas) com peso de $50,1 \pm 0,23$ gramas, e alojadas em baterias de gaiolas de arame galvanizado, sendo distribuídas uniformemente 12 aves por compartimento totalizando 288 codornas em cada ambiente. Cada gaiola com dimensões: frente 100 × lateral 50 × altura 15 cm, arranjadas em 5 andares, com cada gaiola dividida em três compartimentos, frente 33,3 × lateral 50 × altura 15 cm, totalizando uma área de 0,167 m².

2.4. Dieta

A composição e os valores nutricionais dos ingredientes utilizados na formulação das rações (Tabela 1) foram definidos baseadas nas exigências nutricionais das codornas japonesas, distribuída de forma manual e *ad libitum*, garantindo que comedouros e

bebedouros estivessem sempre abastecidos.

Tabela 1. Composição percentual e calculada do perfil nutricional da dieta.

Ingredientes (%)	Níveis de inclusão da <i>Gracilaria birdiae</i> (%)			
	0	3	6	9
Milho	58,37	54,34	50,30	46,28
Farelo de soja	34,16	34,13	34,16	34,21
<i>Gracilaria birdiae</i>	0,00	3,00	6,00	9,00
Fosfato bicálcico	0,14	0,14	0,14	0,14
óleo de soja	2,33	3,89	4,40	5,37
Núcleo	5,00	5,00	5,00	5,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada				
Energia met. Aves (Kcal/kg)	3050,00	3050,00	3050,00	3050,00
Proteína bruta (%)	22,00	22,00	22,00	22,00
Calcário total (%)	1,04	1,19	1,35	1,51
Fósforo disponível (%)	0,34	0,34	0,34	0,34
Sódio (%)	0,219	0,226	0,234	0,242
Arginina (%)	1,30	1,29	1,27	1,25
Treonina (%)	0,70	0,69	0,68	0,67
Isoleucina (%)	0,81	0,80	0,79	0,78
Triptofano (%)	0,24	0,24	0,23	0,23
Valina (%)	0,89	0,87	0,86	0,84
Leucina (%)	1,66	1,62	1,58	1,54
Lisina (%)	1,14	1,14	1,13	1,12
Metionina (%)	0,34	0,34	0,33	0,32
Metionina+cistina (%)	0,64	0,63	0,62	0,60

2.5. Perfil de minerais e bioativos da *Gracilaria birdiae*

A origem da macroalga foi do litoral catarinense brasileiro obtidas secas e trituradas. A composição mineralógica e os bioativos da macroalga foram realizadas no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) e Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), todas as amostras analisadas foram feitas em triplicatas e o resultado final foi obtido pela média (Tabela 2).

Tabela 2. Perfil de minerais e bioativos da macroalga *Gracilaria birdiae* usada na pesquisa.

Minerais	mg/100g	Minerais	mg/100g	Bioativos	mg/100g	Comp. Quim.	%
Na	128,14	Ca	4211,39	CF	170,16	Proteínas	14,47
Mg	335,43	Mn	3,85	FLV	44,46	Umidade	3,47
Al	207,01	Fe	126,06	ATCN	14,21	Lipídio total	5,49
Si	519,55	Cu	0,47	CRF	1,98	Cinzas totais	45,8
K	38,00	Zn	0,10	CTN	51,54	CT	49,3

Na- Sódio, Mg- Magnésio, Al- alumínio, Si- silício, K- potássio, Ca- Calcio, Mn- Manganês, Fe- Ferro, Cu- Cobre, Zn- Zinco, CF- Compostos fenólicos, FLV- Flavonoides, ATCN- Antocianinas, CRF- Clorofilas totais, CTR- Carotenoides totais, CT - Carboidratos totais.

2.6. Câmaras climáticas e variáveis climatológicas

As câmaras climáticas foram equipadas com um sistema de controle de temperatura e umidade relativa do ar, mantendo as condições microclimáticas o mais próximo possível da condição ambiental programada para pesquisa 25,0; 29,0 e 33,0 °C. A temperatura e umidade relativa do ar (TA e UR) foram monitoradas e armazenadas por meio de um datalogger, do tipo HOBO U12-012 ONSET Comp[®], diariamente a cada 30 min durante todo o período experimental.

Com os dados de temperatura e umidade relativa do ar foi calculado o ITU dentro dos ambientes pela equação (01) proposta por Lallo et al (2018) para frango de corte.

$$ITU_{frango} = 0,85 T_{max} + 0,15 T_{min} \dots \dots \dots \text{Eq. 01}$$

Onde,

ITU = Índice de temperatura e umidade

T_{máx} = Temperatura do ar máxima (°C) e,

T_{mín} = Temperatura do ar mínima (°C).

O programa de luz adotado foi de 22 horas diárias de luz e 2 horas de escuro

Variáveis fisiológicas

As variáveis fisiológicas foram mensuradas das 10-12 horas onde foram feitas duas avaliações semanais, sendo coletadas a frequência respiratória (FR), temperatura superficial (TSM) em 4 pontos diferentes da codorna e temperatura retal (TR).

2.7.1. Frequência respiratória (FR)

Na verificação da frequência respiratória foi aguardado um período no qual o operador observasse que a ave estabilizou seu comportamento natural, para então começar a mensuração. Desta forma foi realizado a contagem dos movimentos peitorais por um período de 20 segundos e posteriormente multiplicados por 3 (três), passando a ser expressado em movimentos por minuto (mov min^{-1}).

2.7.2. Temperatura superficial média (TSM)

A determinação da temperatura superficial média das aves foi feita a coleta das temperaturas de pontos do corpo das aves (cabeça, dorso, pé e asa), obtidas com auxílio de termômetro digital com infravermelho termal com precisão de $0,5^{\circ}\text{C}$ colocados a uma distância de aproximadamente 10 cm da pele da codorna. Para calcular a TSM foi utilizado a equação (Eq. 02) proposta por Richards (1971).

$$TSM = (0,12 * TA) + (0,03 * TC) + (0,70 * TP) \dots\dots\dots \text{Eq. 02}$$

Onde,

TSM = Temperatura superficial média ($^{\circ}\text{C}$);

TA = Temperatura da asa ($^{\circ}\text{C}$);

TC = Temperatura da cabeça ($^{\circ}\text{C}$) e,

TP = Temperatura da pata ($^{\circ}\text{C}$).

2.7.3. Temperatura retal (TR)

A temperatura retal foi aferida com uso de um termômetro clínico, incoterm[®] modelo MC-245, com precisão de $0,1^{\circ}\text{C}$ introduzido na cloaca da codorna totalmente imobilizada a uma profundidade de aproximadamente 2 cm sendo uma referência a haste metálica ficar totalmente introduzida, evitando quaisquer interferências externa. Após a emissão do sinal sonoro a leitura era feita no visor e o valor anotado.

2.7. Desempenho zootécnico

Foram avaliados os seguintes parâmetros de desempenho: Ganho de peso, consumo de ração, água, conversão alimentar, peso vivo, peso e rendimento da carcaça, cortes (coxa, asa, peito e dorso), peso dos órgãos (fígado, coração e moela) e peso do intestino.

2.7.1. Ganho de peso (GP)

O peso vivo e o ganho de peso de cada ave avaliada por tratamento, foram obtidos semanalmente em gramas por meio da pesagem direta das aves utilizando balança analítica de precisão (resolução de 0,1g). Para determinação o ganho de peso corporal (GP) foi feito pela diferença entre o peso inicial e final em cada semana e ao final foi feito o acumulativo durante o período experimental.

2.7.2. Consumo de ração e água

A ingestão semanal de alimento e água foi calculada de maneira pela diferença entre as quantidades ofertadas e as sobras, obtendo assim o consumo total de ração e água (CR e CW, respectivamente) por semana. Para calcular o consumo por ave (Eq. 03) foi dividido a quantidade de ração e água consumida pelo número de aves de cada tratamento, sendo retificado de acordo com a mortalidade das aves (Sakomura & Rostagno 2007).

$$CR = \frac{RF-SR}{QA} \dots\dots\dots \text{Eq. 03}$$

Onde,

CR = Consumo de ração (g);

RF = Ração fornecida (g);

SR = Sobras de ração (g) e,

QA = Quantidade de animais.

2.7.3. Conversão alimentar (CA)

A conversão alimentar foi calculada pela relação da quantidade de alimento consumido pelo ganho de peso no mesmo período, expressos na mesma unidade de peso (Eq. 04):

$$CA = \frac{CRA}{GP} \dots\dots\dots \text{Eq. 04}$$

Onde,

CA = Conversão alimentar (g/g);

CRA = Consumo de ração da ave (g) e,

GP = Ganho de peso (g).

2.7.4. Rendimento de carcaça, órgãos e intestino

As aves foram submetidas a um jejum de 12 h antes do abate, tendo a sua disposição apenas água, e após esse período foi feito o abate, insensibilizando e realizando

a sangria, depenagem em água fervente e retirada das penas, pés, cabeça e vísceras, obtendo-se o peso da carcaça limpa e eviscerada. O rendimento de carcaça (RC%) foi calculado relacionando o peso de carcaça (PC) com peso vivo (PV), sendo o resultado obtido multiplicado por cem e assim sucessivamente para todas as variáveis.

Os cortes realizados foram coxas, peito, asa e dorso. Quanto ao rendimento dos órgãos e intestino foi feito a pesagem do coração (PC), fígado (PF) e moela (PM) e intestino (PI) com uso de balança analítica de precisão $\pm 0,1$.

2.8. Delineamento e análises estatísticas

O experimento foi arranjado em delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 4×3 , sendo quatro tratamentos (quatro níveis de inclusão de alga: 0; 3; 6 e 9 %) em três tipos de condições microclimáticas (25, 29 e 33°C) com 6 repetições em cada parcela experimental.

Os dados foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do procedimento GLM (General Linear Model) e os dados foram submetidos à regressão pelo PROC REG do SAS Ondemand (2024).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições microclimáticas nas quais a pesquisa foi desenvolvida estão representadas nas Figuras 1, 2 e 3. A classificação para saber se as codornas se encontravam em situação de estresse térmico ou não foi de acordo com Marai et al., (2001): Normal ou termoneutralidade $< 27,8$, moderado $27,8-28,8$, severo $28,9-29,9$ e muito severo (emergência) $\geq 30,0$.

A partir da figura 1 as codornas estavam em conforto térmico na maior parte do dia com leves picos de elevação da temperatura antes da câmara climática ser ligada e logo após ser desligada, mas, durante o período programado para avaliação às codornas mantiveram-se em conforto termo conforme o ITU e a temperatura.

Já as temperaturas programadas para o estresse térmico nas figuras 2 e 3 demonstram que realmente as codornas foram mantidas sob estresse térmico moderado e severo das 07 horas da manhã até 19 horas da noite totalizando um estresse de 12 horas.

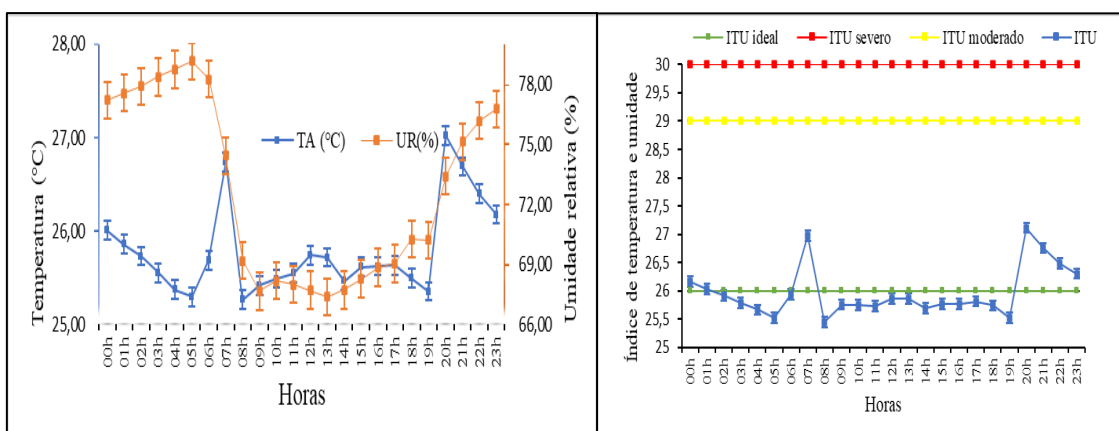


Figura 1. Condições microclimáticas da câmara climática com conforto térmico (25 °C).

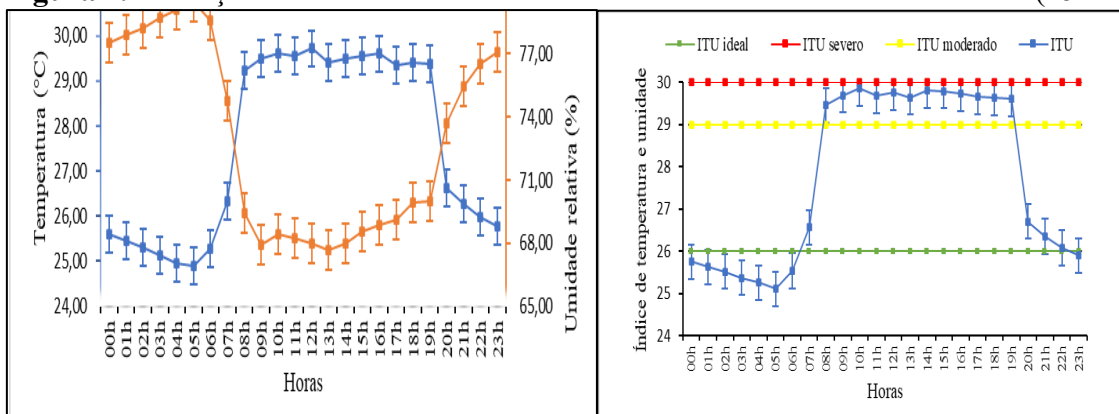


Figura 2. Condições microclimáticas da câmara climática com estresse moderado (29°C).

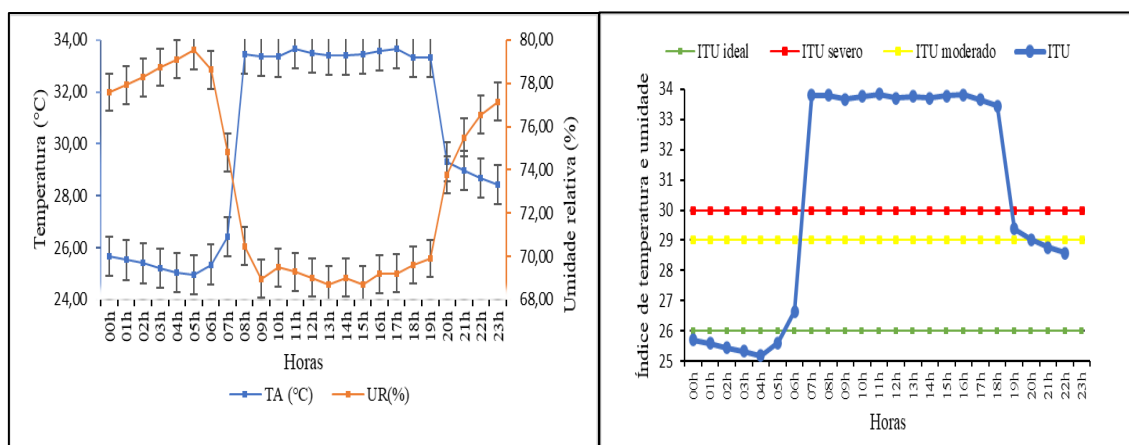


Figura 3. Condições microclimáticas da câmara climática com estresse severo (33 °C).

Na Tabela 3, o consumo de ração e de água não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$) em função da inclusão de macroalgas, porém essas variáveis foram influenciadas pelas temperaturas avaliadas ($P < 0,05$), onde as codornas mantidas a 29°C consumiram mais ração do que aquelas mantidas a 25 e 33°C e, o consumo de água aumentou progressivamente com a elevação da temperatura.

Tabela 3. Efeito da suplementação dietética de *Gracilaria birdiae* em diferentes níveis no desempenho de codornas japonesas submetidas a estresse térmico cíclico entre 14 a 42 dias de idade.

N. I. M (%)	Variáveis de desempenho (g)				Variáveis fisiológicas (°C)		
	C. ração	C. água	GP	C.A	TR ¹	TS	FR
0	16,15a	36,56a	3,77a	4,71a	41,52a	34,17a	88,90a
3	16,26a	42,22a	3,82a	4,67a	41,52a	34,12a	89,13a
6	16,03a	39,00a	3,71a	4,73a	41,27b	34,12a	88,98a
9	15,78a	44,00a	3,89a	4,37a	41,27b	34,08a	87,85a
Temperaturas - TA(°C)							
25	15,88b	35,42b	3,74b	4,55a	41,24b	32,87c	81,34c
29	16,71a	38,75a	3,95a	4,77a	41,28b	34,01b	90,82b
33	15,58b	41,17a	3,71b	4,55a	41,67a	35,49a	93,99a
EPM	0,74	7,57	0,27	0,52	0,26	0,29	3,46
Valor de P							
N.I.M	0,241	0,1881	0,270	0,143	0,0024	0,7805	0,6732
TA	<.0001	0,0026	0,007	0,250	<.0001	<.0001	<.0001
N.IM*TA	0,0020	0,9686	0,832	0,38	0,0030	0,0936	0,3662

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; EPM= erro padrão da média.

Níveis de inclusão da macroalga – NIM, Consumo de ração, consumo de água, Ganho de Peso – GP, Conversão alimentar – CA, Temperatura retal – TR, Temperatura superficial – TS, Frequência respiratória – FR. ¹Y=41,54+0,03x² (R²=0,80).

A similaridade na CR entre as temperaturas de 25,0 e 33,0 °C pode ser devido a

elevada adaptabilidade das codornas a climas quentes, de acordo com MacCleod e Dabhuta (1997), essas aves toleram melhor o calor em comparação a frangos de corte, devido à maior relação entre superfície corporal e massa, o que facilita a dissipação do calor gerado pelo metabolismo proteico, seu porte reduzido e ao consumo elevado de água, esse aumento na ingestão hídrica pode levar a uma sensação de saciedade, resultando em menor consumo de ração.

Mesmo em níveis mais altos, a inclusão da macroalga na dieta não alterou a palatabilidade ou aceitação da ração pelas aves. Resultados semelhantes foram encontrados por Kuru et al (2018) onde não observou diferenças significativas no consumo de ração e água de codornas japonesas ao nível de inclusão até 3% de macroalgas. Em temperaturas elevadas, as aves tenderam a aumentar o consumo de água e reduzir o consumo de ração, corroborando com os achados de Oliveira et al. (2023), onde foi identificado que o consumo de ração não foi influenciado pelo nível de inclusão de macroalgas.

A suplementação com *Gracilaria birdiae* não apresentou alterações significativas nos níveis de incorporação na alimentação de codornas japonesas, o que, por sua vez, não influenciou nas demais variáveis de desempenho neste estudo.

Observa-se que mesmo com as rações com maior percentagem de algas apresentarem maior teor de calcário e sódio (Tabela 3), isto não foi suficiente para alterar o consumo de água e entre as temperaturas de 25,0 e 33,0°C uma elevação no consumo de água de 11,75%, o aumento significativo no consumo de água, observado quando as aves foram expostas a 33 °C, pode ter elevado a taxa de passagem dos alimentos pelo trato gastrointestinal. Esse fenômeno, associado ao estresse térmico, compromete o tempo de contato entre os nutrientes e as enzimas digestivas, prejudicando a absorção eficiente dos nutrientes. Como consequência, os índices produtivos das aves podem ter sido reduzidos (Bonnet et al, 1997).

Ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) não apresentaram diferença significativa entre os níveis de inclusão da macroalga ($P > 0,05$). Existe uma correlação negativa entre altos níveis de fibra alimentar e eficiência de utilização de nutrientes em aves (Jha & Misha, 2021), o que não foi verificado nesta pesquisa, ocorrido pela diferença de composição entre as algas trabalhadas nos estudos em questão. Marareni et al. (2023) encontraram valores mais baixos de GP e CA com o aumento dos níveis dietéticos da macroalga *Ulva sp* confirmando os altos valores de fibras na dieta que afetaram a capacidade das aves de converter a ração em massa corporal. O ganho de peso foi mais

elevado na temperatura de 29,0°C, o que pode estar associado ao maior consumo de ração neste ambiente.

Os resultados dessa pesquisa corroboram com a de outros pesquisadores que trabalharam com mais duas espécies de macroalgas *Sargassum siliquastrum* e *Sargassum sp* Hafsa e Hassan (2022) e Oliveira et al. (2023) respectivamente, onde não encontraram diferenças significativas para o ganho de peso e conversão alimentar de codornas europeias aos 42 dias. Isso reflete que a substituição de parte dos ingredientes convencionais por macroalga não comprometeu o valor nutricional da dieta.

A temperatura retal foi significativamente influenciada pelos níveis de inclusão de macroalgas ($P = 0,0024$) e pelas condições térmicas impostas ($P < 0,0001$) (Tabela 3). Sob condições de estresse térmico (33°C), a inclusão de 6 e 9% de macroalgas na dieta resultou em uma redução de 0,60% na temperatura retal. Essa redução pode ser atribuída à presença de compostos bioativos como fucoidan e laminarin, polissacarídeos sulfatados com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias. Esses compostos podem atuar reduzindo o estresse oxidativo, modulando a resposta imune e melhorando a eficiência energética, contribuindo para a manutenção da homeostase térmica. Resultados semelhantes foram encontrados por (Zayed et.al, 2024), que demonstraram que a suplementação com fucoidan em animais submetida ao calor reduziu a temperatura corporal e os marcadores de estresse oxidativo.

A temperatura superficial foi influenciada principalmente pelas condições térmicas ($P < 0,0001$), sendo maior a 33°C (Tabela 3), mas não houve impacto significativo da inclusão de macroalgas sobre esta variável ($P = 0,7805$) (Tabela 3), indicando que a dieta não alterou diretamente os mecanismos de dissipação de calor por condução, demonstrando que a regulação da temperatura superficial é mais dependente de fatores ambientais do que de modificações dietéticas. No entanto, o uso de aditivos como a *Spirulina* pode complementar outros mecanismos fisiológicos, promovendo o equilíbrio térmico (Mustafa et al., 2021).

A frequência respiratória aumentou significativamente com a temperatura ambiente ($P < 0,0001$), sendo maior a 33°C, com uma elevação nesta variável de 15,55% em relação a temperatura de 25,0°C, sendo que uma elevação da FR em altas temperaturas reflete o esforço das aves para dissipar calor por meio da respiração, mas esta variável não foi influenciada pela inclusão de macroalgas ($P = 0,6732$) (Tabela 3)

Em macroalgas como a *Spirulina platensis*, observa-se que os suplementos antioxidantes têm um papel crucial na redução do estresse oxidativo, promovendo o

equilíbrio redox e diminuindo a carga metabólica associada à termorregulação. Em aves submetidas ao estresse térmico, a *Spirulina* demonstrou efeitos benéficos semelhantes para melhorar a eficiência de frangos corte no controle térmico (Mustafa et al., 2021). Os resultados para os parâmetros TS e FR corroboram com os de Oliveira et al (2023) não identificando diferença significativa na fase final para frequência respiratória e temperatura superficial entre os níveis de inclusão de macroalga em codornas europeias suplementadas com macroalgas, ficando em torno de 73,69 mov. min.⁻¹.

Os impactos negativos do estresse térmico nos parâmetros fisiológicos e no comportamento das aves são geralmente mediados pela indução de estresse oxidativo e desequilíbrio redox (Liu et al., 2020). Como as macroalgas possuem substâncias antioxidantes, é possível ter influenciado no controle da temperatura interna das aves estimada nessa pesquisa pela temperatura retal fazendo com que a mesma diminuísse ou manteve-se constante mesmo durante o estresse térmico de 33°C por 8 horas seguidas.

De acordo com Schaffer e Kim (2018), a taurina, uma substância encontrada em macroalgas marinhas, melhora a resistência das aves causada por estresses que interferem no desenvolvimento das enzimas. No entanto, essa substância deve estar presente em quantidades que não prejudiquem as funções termoregulatórias das aves.

O peso vivo ($P < 0,0001$) apresentou diferença significativa ($P < 0,0001$) em função da inclusão de macroalgas, sendo observado uma diminuição do peso das aves com o aumento da inclusão de macroalgas (Tabela 4). O peso vivo também foi influenciado pelas temperaturas ($P = 0,0034$), com um decréscimo conforme as temperaturas aumentam de 25,0 para 33,0°C, mas não houve efeito de interação (NixTA) significativa ($P = 0,1147$), indicando que os efeitos dos níveis de inclusão de macroalgas e das temperaturas são independentes (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito da inclusão de macroalgas e diferentes temperaturas sobre peso vivo, carcaça, cortes, órgãos e vísceras de codornas japonesas com 42 dias.

Variáveis (g)	Níveis de inclusão–Nim (%)				Temperaturas -TA (°C)			EPM	Valor de P		
	0	3	6	9	25	29	33		Nim	TA	Nim*TA
Peso (gramas)											
Vivo ¹	158,76a	128,99b	128,42b	129,59b	140,58a	137,19ab	131,99b	8,56	<.0001	0,0034	0,1147
Carcaça ²	98,19a	79,53b	78,93b	78,93b	85,38a	83,86a	82,44a	5,10	<.0001	0,1456	0,2402
Coxa ³	23,10a	18,94b	19,00b	18,42b	20,08a	19,97a	19,55a	1,38	<.0001	0,3864	0,4989
Peito ⁴	36,86a	29,27b	29,50b	29,48b	32,05a	31,88b	29,91b	2,53	<.0001	0,0077	0,3068
Dorso ⁵	30,22a	24,63b	23,14b	24,49b	26,11a	24,64a	26,11a	2,29	<.0001	0,0435	0,2535
Asa ⁶	7,63a	6,44b	6,44b	6,30b	6,80a	6,71a	6,60a	0,57	<.0001	0,4437	0,8626
Coração. ⁷	1,25a	1,07b	1,01b	1,00b	1,15a	1,11a	1,03a	0,18	0,0003	0,1423	0,3574
Fígado ⁸	5,52a	4,28ab	4,08ab	3,93b	4,48a	4,41a	4,48a	1,67	0,0229	0,9866	0,1017
Moela ⁹	3,48a	2,79b	2,77b	2,78b	3,03a	2,91a	2,93a	0,29	<.0001	0,2947	0,7659
Intestino ¹⁰	15,95a	12,58b	12,84b	12,90b	14,20a	13,41a	13,09a	1,80	<.0001	0,0971	0,3261
Peso Relativo (%)											
Carcaça	61,68a	61,69a	61,57a	60,95a	60,76b	61,09b	62,57a	1,97	0,6325	0,0052	0,5062
Coxa	23,57a	23,82a	24,07a	23,36a	23,53a	23,87a	23,72a	1,22	0,3373	0,6406	0,2712
Peito	37,50a	36,80a	37,38a	37,33a	37,51a	37,95a	36,31b	1,68	0,6112	0,0038	0,5380
Dorso	30,78a	30,96a	29,37a	31,02a	30,59ab	29,39b	31,61a	2,05	0,0601	0,0017	0,2239
Asa ¹¹	7,77a	8,10a	8,16a	7,98a	7,98a	8,00a	8,02a	0,49	0,0948	0,9651	0,7153
Coração.	1,27a	1,34a	1,29a	1,27a	1,31a	1,31a	1,25a	0,19	0,5174	0,3984	0,2298
Fígado.	5,66a	5,39a	5,16a	4,96a	5,26a	5,28a	5,33a	1,87	0,7048	0,9912	0,1176
Moela.	3,54a	3,52a	3,51a	3,52a	3,55a	3,47a	3,55a	0,27	0,9858	0,4893	0,2764
Intestino	16,24a	15,85a	16,28a	16,30a	16,66a	15,99a	15,85a	2,06	0,9012	0,352	0,8362

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey; EPM= erro padrão da média; Níveis de inclusão da macroalga – Nim¹Y=157,94-10,87x+0,87X/2 (R²=0,63; P=<.0001); ²Y=97,32-6,61x+0,51x² (R²=0,68; P=<.00001); ³Y=22,86-1,36x+0,09x² (R²=0,61; P=<.0001); ⁴Y=36,46-2,63x+0,21X² (R²=0,55; P=<.0001); ⁵Y=30,16-2,36x+0,19x² (R²=0,58; P=<.0001); ⁶Y=7,56-0,39x+0,03x² (R²=0,46; P=0,0002); ⁷Y=1,26-0,03x (R²=0,81; P=0,0001); ⁸Y=5,20-0,16x (R²=0,78; P=0,0072); ⁹Y=3,45-0,24x+0,02x² (R²=0,51; P=<.0001); ¹⁰Y=15,76-1,15x+0,09x² (R²=0,90; P=0,0003); ¹¹Y=7,77+0,15x-0,01x² (R²=0,99; P=0,0252).

Essa redução pode ser atribuída à presença de compostos bioativos nas macroalgas, como compostos fenólicos e antocianinas e que podem afetar negativamente a digestibilidade dos nutrientes ou alterar a microbiota intestinal. Em condições de calor extremo, as aves tendem a reduzir o consumo de ração como mecanismo para minimizar a produção de calor metabólico, resultando em menor ganho de peso, além disso, o estresse térmico pode comprometer o metabolismo energético e proteico das aves, afetando o crescimento.

Resultados semelhantes foram encontrados em trabalhos com codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) alimentadas com alga marinha em estresse térmico, observando uma diminuição do peso vivo com a inclusão da macroalga (Oliveira et al., 2023). A inclusão de 5g de *Spirulina platensis* por quilograma de dieta aumentou o ganho de peso corporal e melhorou a eficiência produtiva de codornas europeias no período de 1 a 35 dias de idade (Hajati & Zaghari, 2019).

O efeito de interação Nim x TA não foi significativo ($P > 0,0001$), indicando que os efeitos de inclusão de macroalgas e temperaturas podem ser analisados separadamente para estas variáveis. As variáveis peso da carcaça, peso da coxa, peso do peito, peso do dorso e peso da asa apresentaram diferenças significativas ($P < 0,0001$) nos níveis de inclusão de macroalgas, com uma tendência de redução do peso com o aumento da inclusão. As temperaturas influenciaram significativamente o peso do peito ($P = 0,0077$), dorso ($P = 0,0435$) e carcaça ($P = 0,1456$), mas não de forma tão acentuada em outras variáveis.

Esses efeitos podem estar relacionados à menor disponibilidade de energia líquida para o crescimento muscular, devido a uma possível redução na eficiência de absorção de nutrientes em dietas ricas em macroalgas com as composições como a utilizada nessa pesquisa. Os níveis elevados de macroalgas podem também induzir alterações na microbiota intestinal, resultando em maior fermentação e menor aproveitamento de nutrientes essenciais para o crescimento. A temperatura mostrou uma tendência de redução do peso da carcaça em ambientes mais quentes. Essa redução pode ser atribuída ao aumento da taxa de respiração e diminuição do tempo de descanso das aves sob estresse térmico, o que pode impactar negativamente a deposição de massa magra.

A temperatura mostrou uma tendência de redução do peso da carcaça em ambientes mais quentes. Essa redução pode ser atribuída ao aumento da taxa de respiração

e diminuição do tempo de descanso das aves sob estresse térmico, o que pode impactar negativamente a deposição de massa magra.

A alimentação é um fator preponderante para criação de codornas, estas aves são sensíveis a mudanças nas condições climáticas e dietas de forma que podem serem positivas ou negativas. Diferentes resultados foram encontrados por Matshogo et al. (2020) trabalhando com inclusões de 2; 2,5; 3 e 3,5% de alga marinha na dieta de frangos de corte da linhagem Cobb, não identificaram comprometimento das características de carcaça. As diferenças de resultados podem estar associadas a espécies, tipo de macroalga, inclusões superiores na dieta e as condições microclimáticas utilizadas.

Portanto, é crucial mitigar o estresse térmico em frangos de corte, bem como, em codornas usando estratégias sustentáveis. Os resultados desse estudo corroboram com Chaudhary et al. (2023) trabalhando com microalga e estresse térmico cíclico observou uma diminuição peso corporal final com a elevação da temperatura. No entanto, o mesmo estudo identificou que a suplementação dietética de microalgas aumentou o peso corporal final o que não foi constatado na presente pesquisa. O peso do dorso e o peso da asa tendem a serem proporcional ao tamanho da ave, por tanto, essa mesma característica foi observada nessa pesquisa assim como nas pesquisas de Oliveira et al. (2022) e Chaudhary et al. (2023).

As aves e principalmente frangos de corte quando sofrem estresse por calor são propensos ao estresse oxidativo, pois seu sistema antioxidante endógeno não consegue eliminar efetivamente os radicais livres celulares (Wasti, et al., 2020) com o uso de macroalgas essa eliminação é facilitada a depender as condições. Para entender o mecanismo pelo qual a suplementação com microalga (*Gracilaria birdiae*) não melhorou os parâmetros de desempenho das codornas japonesas de forma efetiva, observa-se que na sua composição tem elevada concentração flavonoides e antocianinas que possivelmente junto com os radicais livres presentes no perfil mineral prejudicaram o desempenho das codornas.

A absorção, desses compostos, é variável devido à diversidade de estruturas moleculares, que determinam a extensão da sua absorção intestinal e a natureza dos metabólitos circulantes no plasma (Spinola, et al., 2024). Avaliando esses compostos Elbaz et al. (2022) observaram uma porcentagem de rendimento de 72,1% com apenas 3,13 g de ingestão, indicando um rendimento de carcaça maior com níveis de

suplementação mais baixos. Possivelmente a quantidade de macroalga ingerida pelas codornas contribuíram para o menor rendimento no desempenho nessa pesquisa o que sugere pesquisas com níveis de inclusão abaixo de 3%.

Segundo Park & Kim (2018) à medida que a ingestão da macroalga espirulina aumenta, sua relação com as características da carcaça se torna cada vez mais complexa, demonstrando que existem benefícios como os relatados por Sugiharto et al. (2018), que notaram uma porcentagem de rendimento de 72,8% e um rendimento de peito de 35,6% em 28,1 g de ingestão. Isso sugere que, embora a Spirulina possa melhorar certas características da carcaça, há um limite além do qual nenhuma melhoria adicional é observada (Spinola, Costa & Prates, 2024).

Peso do coração, peso do fígado, peso da moela e peso do intestino apresentaram diferença significativa ($P < 0,0001$) em função dos níveis de inclusão de macroalgas, com uma tendência de redução do peso com o aumento da inclusão, mas não houve diferenças significativas dessas variáveis com o aumento das temperaturas ($P > 0,0001$) (Tabela 4).

A redução do peso do coração pode indicar menor capacidade cardiovascular adaptativa ou estresse metabólico em dietas com altos níveis de inclusão da *Gracilaria birdiae*. A redução do peso do fígado e da moela com o aumento da inclusão de macroalga pode ser indicativa de menor esforço metabólico e digestivo, ou de uma adaptação a uma dieta menos palatável. A ausência de efeito significativo da temperatura pode indicar maior estabilidade dessas variáveis diante de condições térmicas diferentes.

Na criação de aves de corte em ambientes com altas temperaturas é induzido o estresse oxidativo e desencadeia processos inflamatórios (em parte consequentes ao dano oxidativo de células, tecidos e órgãos) (Attia et al., 2023). Isso, por sua vez, causa alterações na integridade estrutural e funcional de muitos sistemas fisiológicos, incluindo o fígado, moela coração e o intestino, levando ao comprometimento do desempenho em comparação com aves de corte criados em condições termoneutra (Khadanga, et al., 2023).

O desenvolvimento dos órgãos e vísceras dos animais estão relacionados também com seu desenvolvimento, visto que tendem a serem proporcionais. Respostas a similares ao que comprovou essa pesquisa foram relatadas por Sharmin et al. (2020) e Ismita et al. (2022) onde os pesos dos órgãos foram proporcionais as o tamanho das aves. Porém observaram que as inclusões de macroalga até 3% foram positivas para o desempenho das aves.

Da mesma forma Mishra et al. (2023), registraram desempenho de crescimento significativamente melhorado em resposta a dietas suplementadas com espirulina a 3%, não obteve alterações nos cortes e órgãos internos. Por outro lado, Abbass et al. (2020) em associação com os efeitos de promoção do crescimento dos níveis de suplementação dietética de *Spirulina sp* de 1, 2, 3 e 4% observaram uma redução do peso com o aumento da quantidade de fibras na ração de frangos de corte.

O peso relativo de carcaça foi influenciado significativamente pela temperatura ($P=0,0052$), enquanto o peso relativo de peito foi afetado tanto pela temperatura ($P=0,0038$) quanto pela interação ($P=0,5380$). O peso relativo de carcaça foi maior a 33°C, possivelmente devido à perda proporcional de peso vivo em outras regiões. Para o peso relativo de peito, a redução observada a 33 °C pode refletir a maior vulnerabilidade desse tecido a estresses térmicos, destacando a importância de condições ideais para otimizar o rendimento muscular.

O fígado mostrou aumento proporcional, reforçando a hipótese de sobrecarga metabólica associada ao metabolismo das macroalgas. O coração e os intestinos mantiveram valores relativamente estáveis, apesar de algumas pequenas variações. Alguns autores relataram consistentemente melhorias desejáveis em um ou mais parâmetros relacionados à carcaça, que observaram aumento significativo do crescimento com níveis de suplementação de espirulina de até 0,5% (Abou-Zeid, et al., 2015; Khan, et al., 2020; El-Sharnobey, 2023; Abdelfatah, et al., 2024) aumento do peso relativo do coração, fígado e moela e redução do peso relativo da gordura abdominal.

A redução do peso do peito também foi encontrada por Fathi et al. (2018), onde, apesar de uma redução favorável do peso relativo da gordura abdominal, foi registrada uma diminuição nos pesos relativos do peito e das coxas e sobrecoxas em todos os níveis de inclusão testados (0,03 até 0,09%). Os resultados desta pesquisa foram mais evidentes devido os altos níveis de inclusão da macroalga na ração, o que pode ter ocasionado excesso de minerais e probióticos que possam ter agido de forma negativo no desenvolvimento das codornas japonesas.

Reforçando os resultados encontrados nessa pesquisa estudos que testaram níveis mais elevados de suplementação de espirulina, os parâmetros relacionados à carcaça foram relatados como melhorados ou inalterados. Mais especificamente, Park et al. (2018) e Hassan et al. (2022), que obtiveram as melhorias no desempenho com níveis de inclusão

de Spirulina de 1%, não detectou quaisquer alterações significativas, nem nos pesos relativos.

A escassez de estudos com *Gracilaria birdiae* em codornas japonesas fêmeas submetidas a estresse térmico dificulta o embasamento da discussão. Porém, em nenhum estudo foi observado os níveis aqui testados e nas mesmas condições, fazendo dessa uma pesquisa pioneira mundialmente.

4. CONCLUSÃO

A inclusão de macroalga, especialmente em níveis de 6,0 e 9,0%, pode ter efeitos positivos em ambientes de alta temperatura, auxiliando na termorregulação reduzindo a temperatura interna das aves e desempenho relativo das aves. Em contrapartida, os efeitos da dieta são mais limitados em ambientes com temperaturas elevadas, onde os fatores térmicos provocam uma redução no desempenho das aves.

Esses resultados reforçam o potencial uso de macroalga como aditivo funcional em dietas para codornas criadas em climas quentes, embora mais estudos sejam necessários para otimizar sua inclusão e verificar os mecanismos envolvidos nos efeitos observados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbass, M.S.; Bandar, L.K.; Hussein, F.M. Effect of using different levels of Spirulina algae (*Spirulina platensis*) in diet on productive performance and characteristics of the carcass of broiler. *Plant Science Archives*, 20:5755–5761, 2020. <https://doi:10.1088/1755-1315/910/1/012044>
- Abdelfatah, S.H.; Yassin, A.M.; Khattab, M.S.; Abdel-Razek, A.S.; Saad, A.H. Spirulina platensis as a growth booster for broiler; Insights into their nutritional, molecular, immunohistopathological, and microbiota modulating effects. *BMC Veterinary Research*, 20:11, 2024. <https://doi.org/10.1186/s12917-023-03858-z>
- Abou-Zeid, A.E.; El-Damarawy, S.Z.; Mariey, Y.A.; El-Mansy, M.M. Effect of Using Spirulina platensis and/or Chlorella vulgaris algae as Feed Additives on Productive Performance of Broiler Chicks. *Journal of Animal and Poultry Production*, 6:623–634, 2015. <https://doi.org/10.21608/jappmu.2015.52940>
- Attia, Y. A.; Al-Harhi, M. A.; El-Shafey, A. S.; Rehab, Y. A.; Kim, W. K. Enhancing Tolerance of Broiler Chickens to Heat Stress by Supplementation with Vitamin E, Vitamin C and/or Probiotics. *Annals of Animal Science*, 17:1155-1169, 2017. <https://doi.org/10.1515/aoas-2017-0012>
- Attia, Y.A.; Hassan, R.A.; Addeo, N.F.; Bovera, F.; Alhotan, R.A.; Al-qurashi, A.D.; Al-Baadani, H.H.; Al-Banoby, M.A.; Khafaga, A.F.; Eisenreich, W.; et al. Effects of Spirulina platensis and/or Allium sativum on Antioxidant Status, Immune Response, Gut Morphology, and Intestinal Lactobacilli and Coliforms of Heat-Stressed Broiler Chicken. *Veterinary Sciences*, 10:678, 2023. <https://doi.org/10.3390/vetsci10120678>
- Barros, H. S. S.; Oliveira, R. F.; Minafra, C. S.; Gomide, A. P. C.; Araujo Neto, F. R.; Goncalves, J. C. R.; Queiroz, F. H. S.; Nobre, G. M.; Vilarinho, B. D. S.; Lima, M. C.; Assis, S. D.; Santos, F. R. Functional oil in the feeding of heat-stressed Japanese quail. *Poultry Science*, 103:104041, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104041>
- Batool, F.; Bilal, R. M.; Ul Hassan, F.; Nasir, T. A.; Rafeeqe, M.; Elnesr, S. S.; Farag, M. R.; Mahgoub, H. A.M.; Naiel, M. A. E.; Alagawany, M. An updated review on behavior of domestic quail with reference to the negative effect of heat stress. *Animal Biotechnology*, 34:424-437, 2021. <https://doi.org/10.1080/10495398.2021.1951281>
- Bonnet S, Geraert PA, Lessire M, Carre B, Guillaumin S. Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. *Poultry Science*, v.76, p.:857-63, 1997.

[doi: 10.1093/ps/76.6.857](https://doi.org/10.1093/ps/76.6.857). PMID: 9181619.

- Castro, J. O.; Yanaki Junior, T.; Ferraz, P. F. P.; Fassani, E. J. Japanese laying quail's behavior under diferente temperatures. *Energy Agriculture*, 32:141-147, 2017.
- Chaudhary,A.; Mishra, P.; Amaz, S.; Mahato, P. O.; RJha, R.; Mishra, B. Dietary supplementation of microalgae mitigates the negative effects of heat stress in broilers. *Poultry Science*, 102:e102958, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102958>
- Elbaz, A.; Ahmed, A.; Abdel-Maqsoud, A.; Badran, AMM; Abdel-Moneim, A.-ME Potencial papel de melhoria da *Spirulina platensis* em formas de pó ou extrato contra o estresse térmico cíclico em frangos de corte. *Environmental Science and Pollution Research*, 29:45578–45588, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19115-z>
- El-Hack, M. E. A.; Mahrose, K.; Arif, M.; Chaudhry, M. T.; Saadeldin, I. M.; Saeed, M.; Soomro, R. N.; Abbasi, I. H. R.; Rehman, Z. U. Alleviating the environmental heat burden on laying hens by feeding on diets enriched with certain antioxidants (vitamin E and selenium) individually or combined. *Environmental Science and Pollution Research*, 24:10708-10717, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8690-5>
- Elkhaiat, I.; El-Kassas, S.; El-Naggar, K; Abdo, S.; Shalaby, H. K.; Azzam, M. M.; Di Cerbo, A.; Alagawany, M.; Nofal, R. Y. Dietary supplementation of lysozyme can improve growth rate, laying performance, blood biochemistry, and mRNA levels of some related genes in different plumage-colored quails. *Poultry Science*, 104:104491. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104491>
- El-Sharnobey, R.R.; Atallah, S.T.; Saad, A.H.; El-Ktany, E. Comparative Appraisal of Relative Economic Efficiency of Spirulina,Cinnamon oil and Citric Acid Dietary Supplementations and Their Effect on Growth Performance and Carcass Traits in Broilerchicken. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 13:1523–1529, 2023.
- El-Tarabany, M. S. Impact of temperature-humidity index on egg-laying characteristics and related stress and immunity parameters of Japanese quails *International Journal of Biometeorology*, 60:957–964, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1088-5>
- Fathi, M.A.; Namra, M.M.M.; Ragab, M.S.; Aly, M.M.M. Effect of dietary supplementation of algae meal (*Spirulina platensis*) asgrowth promoter on performance of broiler chickens. *Egypt. Egyptian Poultry Science Journal*, 38:375–389, 2018.
- Hafsa, S. H. A., Hassan, A. A. The Effect of Sargassum siliquastrum supplementation on

- growth performance, cecal fermentation, intestine histomorphology, and immune response of Japanese quails. *Animals*, 12:432-445, 2022. <https://doi.org/10.339049/ani12040432>
- Hajati, H.; Zaghari, M.; Oliveira, H. C. *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* can be considered as a probiotic alternative to reduce heat stress in laying Japanese quails. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 22:1-8, 2020. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0977>
- Hassan, R.I.M.; Refaie, M.S.; El-Shoukary, R.D.; Rehan, I.F.; Zigo, F.; Karaffova, V.; Amer, H.Y. Effect of Dietary Microalgae(*Spirulina platensis*) on Growth Performance, Ingestive Behavior, Hemato-Biochemical Parameters, and Economic Efficiency of Fayoumi Broilers. *Life*, 12:1892, 2022. <https://doi.org/10.3390/life12111892>
- Henchion, M.; Hayes, M.; Mullen, A. M.; Fenelon, M.; Tiwari, B. Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. *Foods*, 6:1-21, 2017. <https://doi.org/10.3390/foods6070053>
- Ismita, J.; Islam, K.M.S.; Al-Mamun, M.; Debi, M.R. Comparative efficacy of citric acid, *Spirulina platensis*, and their combination as alternatives to an antibiotic growth promoter on the performances of broilers. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 9:1–7, 2022. <https://doi:10.5455/javar.2022.i562.eCollection202>
- Jamil, A.B.M.; Akanda, M.; Rahman, M.M.; Hossain, M.; Islam, M. Prebiotic competence of *Spirulina* on the production performance of broiler chickens. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 2:304–309, 2015. <https://doi.org/10.5455/javar.2015.b94>
- Jha, R. & Mishra, P. Dietary fiber in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, performance, gut health, and on the environment. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12:1–16, 2021. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00576-0>
- Karu, P.; Selvan, S.; Gopi, H. & Manobhavan, M. Effect of Macroalgae Supplementation on Growth Performance of Japanese Quails. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7:1039-1041, 2018. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.702.128>
- Khadanga, A.; Sethy, K.; Samantaray, S.M.; Ray, P.; Panda, N.; Mishra, S.K.; Naik, M.;

- Tripathy, S. Effect of Spirulina on growth, immunity, gut bacterial load and histopathology of broiler birds. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 93:815–820, 2023. <https://doi.org/10.56093/ijans.v93i8.133057>
- Khan, S.; Mobashar, M.; Mahsood, F.K.; Javaid, S.; Abdel-Wareth, A.A.; Ammanullah, H.; Mahmood, A. Spirulina inclusion levels in a broiler ration: Evaluation of growth performance, gut integrity, and immunity. *Tropical Animal Health and Production*, 52:3233–3240, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02349-9>
- Kirrella, A. A. K.; El-Kassas, S.; El-Naggar, K.; Galosi, L.; Biagini, L.; Rossi, G.; Cerbo, A. D.; Alagawany, M.; Kassab, M.; Wakeel, R. A. A. Growing and laying performance of two different-plumage color Japanese quail varieties supplemented with corn silk in their diet. *Poultry Science*, 102:102360, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102360>
- Lestingi, A.; Alagawany, M.; Di Cerbo, A.; Crescenzo, G.; Zizzadoro, C. Spirulina (*Arthrospira platensis*) Used as Functional Feed Supplement or Alternative Protein Source: A Review of the Effects of Different Dietary Inclusion Levels on Production Performance, Health Status, and Meat Quality of Broiler Chickens. *Life*, 14:1537, 2024. <https://doi.org/10.3390/life14121537>
- Lima, R. N.; Souza Junior, J. B. F.; Batista, N. V.; Andrade, A. K. S.; Soares, E. C. A.; Santos Filho, C. A.; Silva, L. A.; Coelho, W. A. C.; Costa, L. L. M.; Lima, P. O. Mitigating heat stress in dairy goats with inclusion of seaweed *Gracilaria birdiae* in diet. *Small Ruminant Research*, 171:87-91, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.11.008>
- Liu, G.; Zhu, H.; Ma, T.; Yan, Z.; Zhang, Y.; Geng, Y.; Zhu, Y.; Shi, Y. Effect of chronic cyclic heat stress on the intestinal morphology, oxidative status and cecal bacterial communities in broilers. *Journal of Thermal Biology*, 91:102619, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102619>
- Marai, I. F. M.; Ayyat, M. S.; Abd El-Monem, U. M. Desempenho de crescimento e características reprodutivas na primeira paridade de coelhas brancas da Nova Zelândia afetadas pelo estresse térmico e seu alívio sob condições egípcias. *Tropical Animal Health and Production*, 33:451–462, 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1012772311177>
- Marareni, M., Mhlongo, G., & Mnisi, C. M. The effect of incorporating dietary green

- seaweed (*Ulva* sp.) on growth performance, blood parameters, and carcass and meat quality characteristics of Jumbo quail. *Heliyon*, 9:19603, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19603>
- Matshogo, T. B., Mnisi, C. M., Mlambo, V. Dietary Green Seaweed Compromises Overall Feed Conversion Efficiency but not Blood Parameters and Meat Quality and Stability in Broiler Chickens *Agricultura*, 10:547-558, 2020. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110547>
- Mishra, P.; Das, R.; Chaudhary, A.; Mishra, B.; Jha, R. Effects of Microalgae, with or without xylanase supplementation, on growth performance, organs development, and gut health parameters of broiler chickens. *Poultry Science*, 102:103056, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103056>
- Mohamed, S. M.; Alagawany, M.; El-Kholy, M. S.; El-Mekkawy, M. M.; Salah, A. S.; Attia, Y. A.; Alhotan, R. A.; Di Cerbo, A.; Lestingi, A. Effect of dietary microalgae on growth performance and health in meat-type quails. *Poultry Science*, 104:104709, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104709>
- Moustafa, E.S.; Alsanie, W.F.; Gaber, A.; Kamel, N.N.; Alaqil, A.A.; Abbas, A.O. Blue-Green Algae (*Spirulina platensis*) Alleviates the Negative Impact of Heat Stress on Broiler Production Performance and Redox Status. *Animals*, 11:1243, 2021. <https://doi.org/10.3390/ani11051243>
- Oliveira, A. G. de; Furtado, D. A.; Ribeiro, N. L.; Marques, J. I.; Leite, P. G.; Mascarenhas, N. M. H.; Silva, R. de S.; Dornelas, K. C.; Rodrigues, R. C. M.; Brito, A. N. dos S. L. de, Lima, V. R. do N. & Chiodi, J. E. Marine macroalgae as an alternative in the feeding of broiler quails in an environment of thermal stress. *Food Science and Technology*, 43:116122, 2023. <https://doi.org/10.5327/fst.116122>
- Park, J.H.; Lee, S.I.; Kim, I.H. Effect of dietary *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis* on the growth performance, antioxidant enzyme activity, nutrient digestibility, cecal microflora, excreta noxious gas emission, and breast meat quality of broiler chickens. *Poultry Science*, 97:2451–2459, 2018. <https://doi.org/10.3382/ps/pey093>
- Schaffer, S., Kim, H. W. Effects and mechanisms of taurine as a therapeutic agent. *Biomolecules & Therapeutics* (Seoul), 26:225–241, 2018. <https://doi.org/10.4062/biomolther.2017.251>
- Sharmin, F.; Sarker, N.; Sarker, M. Effect of Using *Moringa oleifera* and *Spirulina*

- platensis as Feed Additives on Performance, Meat Composition and Oxidative Stability and Fatty Acid Profiles in Broiler Chicken. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 10:772, 2020. <https://doi:10.35248/2155-9600.20.10.772>
- Spínola M. P.; Costa M. M.; Prates, J. A. M.; Analysing the Impact of Spirulina Intake Levels on Performance Parameters, Blood Health Markers and Carcass Traits of Broiler Chickens. *Animals*, 14:1964, 2024. <https://doi10.3390/ani14131964>
- Sugiharto, S.; Yudiarti, T.; Isroli, I.; Widiastuti, E. Effect of feeding duration of Spirulina platensis on growth performance, haematological parameters, intestinal microbial population and carcass traits of broiler chicks. *South African Journal of Animal Science*, 48:98-107, 2018. <https://doi.org/10.4314/sajas.v48i1.12>
- Zayed, A.; Al-Saedi, D.A.; Mensah, E.O.; Kanwugu, O.N.; Adadi, P.; Ulber, R. Fucoidan's Molecular Targets: A Comprehensive Review of Its Unique and Multiple Targets Accounting for Promising Bioactivities Supported by In Silico Studies. *Marine Drugs*, v.22, p.29, 2024. <https://doi.org/10.3390/md22010029>
- Wasti, S.; Sah, N.; Singh, A. K.; Lee, C.N.; Jha, R.; Mishra B. Mishra Dietary supplementation of dried plum: a novel strategy to mitigate heat stress in broiler chickens. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12:1258, 2021. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00571-5>

CAPÍTULO III

DIETAS A BASE DE *Grasilaria birdiae* PARA *Coturnix coturnix* japônica NA FASE DE POSTURA EM DIFERENTES AMBIENTES: PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E QUALIDADE DE CARCAÇA

Dietas a base de *Gracilaria birdiae* para *Coturnix coturnix japonica* na fase de postura em diferentes ambientes: Parâmetros fisiológicos e qualidade de carcaça

RESUMO: Objetivou-se com essa pesquisa avaliar os parâmetros fisiológicos e qualidade da carcaça de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase de postura com idade de 49-112 dias, recebendo dietas com a inclusão da macroalga *Gracilaria birdiae* em ambientes de diferentes condições térmicas. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 4×3 , testando quatro níveis de inclusão da macroalga (0, 3, 6 e 9%) e três temperaturas (25, 29 e 33 °C). Foram avaliados os parâmetros fisiológicos: temperatura cloacal (TC), frequência respiratória (FR) e temperatura superficial (TS) das codornas. O peso vivo, consumo de ração, temperatura cloacal, temperatura superficial e frequência respiratória foram influenciadas pela temperatura do ambiente ($P < 0,05$), sendo que as variáveis fisiológicas apresentaram valores mais altos na temperatura de 33 °C. O desempenho produtivo, rendimento de carcaça ou órgãos como fígado e coração não apresentaram diferença significativa em função da inclusão da macroalga ($P > 0,05$) mesmo nos níveis mais elevados (9%) o peso relativo da carcaça foi maior sob condições de estresse térmico, sugerindo um ajuste metabólico das aves. Além disso, a macroalga contribuiu para a redução da temperatura superficial, possivelmente devido às suas propriedades bioativas, que auxiliam na dissipação de calor. Conclui-se que a inclusão de até 9% de *Gracilaria birdiae* na dieta de codornas japonesas é uma alternativa viável e sustentável, sem impactos negativos no desempenho produtivo, mesmo em condições de estresse térmico.

Palavras-chaves: Câmara climática, fígado, macroalga, temperatura retal.

**Diets based on *Gracilaria birdiae* for *Coturnix coturnix japonica* in the laying phase
in different environments: Physiological parameters and carcass quality**

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the physiological parameters and carcass quality of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) fed diets containing the macroalga *Gracilaria birdiae* under different thermal conditions. The experiment was conducted in a completely randomized design with a 4×3 factorial arrangement, testing four levels of macroalga inclusion (0, 3, 6, and 9%) and three temperatures (25, 29, and 33 °C). Physiological parameters such the rectal temperature (RT), respiratory rate (RR), and surface temperature (ST) of the quails were assessed. Body weight, feed intake, cloacal temperature, surface temperature, and respiratory rate were significantly influenced by ambient temperature ($P < 0.05$), with higher values observed at 33°C. Productive performance, carcass yield, and organ weights (e.g., liver and heart) did not show significant differences due to macroalga inclusion ($P > 0.05$). Even at the highest inclusion level (9%), relative carcass weight was greater under heat stress conditions, suggesting a metabolic adjustment by the birds. Additionally, the macroalga contributed to a reduction in surface temperature, likely due to its bioactive properties that assist in heat dissipation. It is concluded that including up to 9% of *Gracilaria birdiae* in the diet of Japanese quails is a viable and sustainable alternative without negative impacts on productive performance, even under thermal stress conditions.

Keywords: Climate chamber, liver, macroalga, cloacal temperature.

1. INTRODUÇÃO

A coturnicultura é uma atividade que se encontra em expansão tendo como principais características, o fácil manejo de criação, o rápido crescimento, o baixo custo de produção e consumo de alimentos, isto devido à alta capacidade de conversão alimentar das aves, além de apresentar elevada produtividade, seja de carcaça ou na produção de ovos (Ferronato et al., 2020; Valentim et al., 2022), o que torna a atividade uma excelente alternativa na geração de emprego e renda para pequenos, médios ou grandes produtores.

A criação de codornas em regiões de climas tropicais e subtropicais, é desafiada por fatores como intensa radiação solar, altas temperaturas e elevada umidade relativa do ar durante boa parte do ano. Essas condições frequentemente resultam em desconforto térmico para os animais, prejudicando seu desempenho produtivo e representando um dos principais obstáculos para a coturnicultura (Porto & Fontenele-Neto, 2020). Além disso um outro problema enfrentado na avicultura de forma geral é o aproveitamento das aves após o período de postura, pois perdem a qualidade da carcaça e seus rendimentos caem dificultando a comercialização, visto que as aves já se encontram debilitadas pelo período da postura e em caso de regiões quentes o estresse pelo calor.

Em ambientes onde as temperaturas ultrapassam a zona de termoneutralidade, as aves podem enfrentar graves distúrbios fisiológicos. Isso ocorre devido ao aumento do gasto energético necessário para manter a homeostase térmica e à diminuição da eficiência alimentar, resultante da redução no consumo de ração (Onagbesan et al., 2023). Com isto, a redução na ingestão de alimentos, provocada pelo estresse térmico, pode impedir as aves de suprirem suas necessidades nutricionais (He et al., 2018), especialmente minerais como cálcio e fósforo (Ribeiro et al., 2025).

Neste contexto, os aditivos na dieta de codornas japonesas que possuem potencial antioxidante ou que diminuem a produção de calor metabólico, pode mitigar os efeitos adversos de ambientes quentes nas variáveis fisiológicas e metabólicas dos animais, servindo como uma alternativa para melhorar o bem-estar e, consequentemente, influenciar positivamente o desempenho produtivo e qualidade de carcaça (Renaudeau et al., 2010; El-Hack et al., 2017).

Dentre as possibilidades de uso de matérias-primas alternativas na formulação de ração para a criação de aves, têm-se a adição de macroalgas marinhas das mais

diversificadas espécies. Macroalgas são microrganismos fotossintéticos com requerimentos nutricionais relativamente simples cuja biomassa pode ser utilizada para obtenção de biocompostos, como suplemento alimentar humano e animal (Andrade & Costa, 2008). Com potencial uso nas dietas de aves, a *Gracilaria birdiae* se destaca por sua composição mineralógica e de bioativos, que podem trazer efeitos positivos para cadeia produtiva de codornas. Constituem uma importante fonte de compostos ativos com numerosas aplicações farmacológicas, sendo que os principais estudos permeiam sua ação anti-inflamatória, antioxidante, anticoagulante e antimicrobiana (Fidelis et al., 2014).

O uso de alimentos alternativos vem sendo muito estudado na alimentação de codornas, os quais vem apresentando resultados satisfatórios quanto aos parâmetros de eficiência alimentar, desenvolvimento e produção de ovos (Ferronato et al., 2020). Algumas pesquisas já foram realizadas com o intuito de avaliar o desempenho da suplementação alimentar com uso de macroalgas na produção de codornas, entretanto são escassos ou inexistentes estudos que avaliaram o efeito da macroalga *Gracilaria birdiae* na dieta de codorna japonesa (*Coturnix japonica*).

Objetivou-se com essa pesquisa avaliar os parâmetros fisiológicos e qualidade da carcaça de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase de postura com idade de 49-112 dias recebendo dietas com a inclusão da macroalga *Gracilaria birdiae* com níveis crescentes (0, 3, 6, 9%) em ambientes de diferentes condições térmicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos realizados neste estudo foram aprovados pela Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, Protocolo CEP Nº 11/2024.

A pesquisa foi realizada nas instalações do Laboratório de Construções Rurais e Ambiência – LaCRA da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, em três ambientes controlados, sendo estas, câmaras climáticas com dimensões de 3,07 × 2,77 × 2,50 m de largura, comprimento e altura, respectivamente, que permaneceram fechadas no período (7 às 19 h) com as temperaturas programadas para pesquisa (25, 29 e 33 °C).

Foram utilizadas no total 576 codornas japonesas fêmeas com idade de 7 semanas (*Coturnix coturnix japonica*), e peso médio de 140 ± 0,50 g, adquiridas da granja FUJIKURA (Suzano, São Paulo), com garantia de uma espécie pura sem mistura com outras codornas. Na primeira semana as aves foram vacinadas, vermifugadas e separadas em 4 grupos experimentais, pesadas e distribuídas de forma uniforme em círculos de proteção com cama de serragem (maravalha) e aquecimento artificialmente com lâmpadas incandescentes de 60W durante 24 h por 12 dias consecutivos. Recebendo água e ração à vontade e, na ração já com os níveis crescentes (0, 3, 6 e 9%) de inclusão do farelo de *Gracilaria birdiae*.

A origem da macroalga foi do litoral catarinense brasileiro obtidas secas, e trituradas. A composição mineralógica e os bioativos da macroalga foram realizadas no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) e Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), todas as amostras analisadas foram feitas em triplicatas e o resultado final foi obtido pela média (Tabela 1).

Tabela 1. Perfil de minerais e bioativos da macroalga *Gracilaria birdiae* usada na pesquisa.

Minerais	mg/100g	Minerais	mg/100g	Bioativos	mg/100g	Minerais	%
Na	128,14	Ca	4211,39	CF	170,16	Proteínas	14,47
Mg	335,43	Mn	3,85	FLV	44,46	Umidade	3,47
Al	207,01	Fe	126,06	ATCN	14,21	Lipídio total	5,49
Si	519,55	Cu	0,47	CRF	1,98	Cinzas totais	45,8
K	38,00	Zn	0,10	CTN	51,54	CT	49,3

Na- Sódio, Mg- Magnésio, Al- alumínio, Si- silício, K- potássio, Ca- Calcio, Mn- Manganês, Fe- Ferro, Cu- Cobre, Zn-

Zinco, CF- Compostos fenólicos, FLV- Flavonoides, ATCN- Antocianinas, CRF- Clorofilas totais, CTR- Carotenoides totais, Carboidratos totais.

Na terceira semana as codornas foram distribuídas de forma uniforme nos três ambientes programados para desenvolvimento da pesquisa (temperaturas 25, 29 e 33 °C). As avaliações deram início a partir da sétima semana com coleta de variáveis fisiológicas e dados microclimáticos.

A composição e os valores nutricionais dos ingredientes utilizados na formulação das rações foram definidos segundo Rostagno et al. (2011) e pela NCR (2007) (Tabela 2) sendo o fornecimento de água e ração realizado diariamente, duas vezes ao dia as 08 e 16 h, distribuída de forma manual e *ad libitum*, de forma que os comedouros e bebedouros estivessem sempre abastecidos.

Tabela 2. Ingredientes e composição nutricional utilizados na formulação de ração para codornas japonesas.

Ingredientes (%)	Níveis de inclusão da <i>Gracilaria birdiae</i> (%)			
	0	3	6	9
Milho	58,37	57,34	56,31	55,28
Farelo de soja	30,50	29,50	29,50	29,20
<i>Gracilaria birdiae</i>	0,00	3,00	6,00	9,00
Fosfato bicálcico	1,48	1,19	1,19	1,19
óleo de soja	4,65	4,33	4,00	3,33
Premix mineral	5,00	5,00	3,00	2,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada				
Energia met. Aves (Kcal/kg)	2850	2800	2780	2730
Proteína bruta (%)	19,20	19,10	18,30	17,20
Calcário total (%)	3,04	3,19	3,35	3,51
Fósforo disponível (%)	0,34	0,34	0,34	0,34
Sódio (%)	50,3	55,31	65,12	90,5
Arginina (%)	1,30	1,29	1,27	1,25
Treonina (%)	0,70	0,69	0,68	0,67
Isoleucina (%)	0,81	0,80	0,79	0,78
Triptofano (%)	0,24	0,24	0,23	0,23
Valina (%)	0,89	0,87	0,86	0,84
Leucina (%)	1,66	1,62	1,58	1,54
Lisina (%)	1,14	1,14	1,13	1,12
Metionina (%)	0,34	0,34	0,33	0,32
Metionina+cistina (%)	0,64	0,63	0,62	0,60

Premix mineral por kg de ração: Mn, 60 g; Fe, 80 g; Zn, 50 g; Cu, 10 g; Co, 2 g; I, 1 g; e veículo q.s.p., 500 g.2 Premix vitamínico

(Concentração/kg): Vit. A - 15.000.000 UI, Vit. D3 - 1.500.000 UI, Vit. E - 15.000 UI, Vit.B1 - 2,0 g, it.B2-4,0 g, Vit B6 - 3,0 g, Vit.B12 - 0,015 g. Acrescento na ração a composição da *Gracilaria birdiae* tabela 2.

Nos ambientes as variáveis climatológicas umidade relativa do ar (UR), temperatura do ar (TA), foram coletadas e armazenados a cada 30 minutos por meio de um datalogger, do tipo HOBO U12-012 ONSET Comp®. Posteriormente foram calculados os índices de temperatura e umidade (ITU) pela formula proposta por Lallo et al. (2018) para aves de postura (Figura 1, 2 e 3).

$$ITU_{Postura} = 0,60 T_{max} + 0,40 T_{min} \dots \dots \dots \text{Eq. 01}$$

Onde,

ITU = Índice de temperatura e umidade

T_{máx} = Temperatura do ar máxima (°C) e,

T_{mín} = Temperatura do ar mínima (°C).

As codornas foram submetidas aos tratamentos com estresse térmico e níveis de inclusão de macroalga *Gracilaria birdiae* e das 8 aves foram identificadas 4 aves de cada repetição para serem usadas como amostragem do grupo. A coleta das variáveis fisiológicas foi feita sempre no mesmo intervalo de horário 11-13 horas, sendo estas, a temperatura cloacal (TC), temperatura superficial (TS) e frequência respiratória (FR).

Na medição da temperatura cloacal, foi utilizado o termômetro digital com haste rígida bioland® modelo T102, com $\pm 0,1$ °C de precisão, com o sensor (sonda 400) inserido na cloaca das aves, até a estabilização ser indicada por um sinal sonora. A coleta da frequência respiratória foi realizada, capturando uma ave por vez e aguardando a estabilização da respiração, em seguida realizada a contagem dos movimentos peitorais, por um período médio de 15 segundos, e o resultado multiplicado por quatro, totalizando os movimentos obtidos em 1 minuto (mov. min⁻¹).

A determinação da temperatura superficial média (TSM) das aves foi feita a coleta das temperaturas de diferentes pontos do corpo (cabeça, dorso, pé e asa), obtidas com auxílio de termômetro digital com infravermelho termal com precisão de 0,5°C colocados a uma distância de aproximadamente 10 cm da codorna. Para calcular a TSM foi utilizado a equação (Eq. 02) proposta por Richards (1971).

$$TSM = (0,12 * TAs) + (0,03 * TC) + (0,70 * TP) \dots \dots \dots \text{Eq.02}$$

Onde,

TSM: temperatura superficial média (°C);

TAs: temperatura da asa (°C);

TC: temperatura da cabeça (°C);

TP: temperatura da pata (°C).

Antes do abate, as aves foram submetidas a um período de jejum de 12 horas, com livre acesso à água. Após esse período, o abate foi realizado seguindo as etapas de insensibilização, sangria, escaldagem em água fervente e remoção das penas, pés, cabeça e vísceras, obtendo-se o peso da carcaça limpa e eviscerada (PC).

O rendimento de carcaça (RC%) foi calculado pela relação entre o peso da carcaça (PC) e o peso vivo (PV), multiplicando-se o resultado por cem. Para a separação das partes da carcaça, foram realizados cortes com facas apropriadas, isolando coxas, peito, asa e dorso. O rendimento dos órgãos foi avaliado pela pesagem do coração, fígado e moela em uma balança analítica com precisão de $\pm 0,1$ g.

O experimento foi arranjado em delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 4×3 , sendo quatro tratamentos (quatro níveis de inclusão de alga: 0; 3; 6 e 9 %) em três tipos de condições microclimáticas (25, 29 e 33 °C) com 6 repetições em cada parcela experimental.

Os dados foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do procedimento GLM (General Linear Model) e os dados foram submetidos à regressão pelo PROC REG do SAS Ondemand (2024).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os registrados de temperatura do ar, umidade relativa do ar média e índice de temperatura e umidade figuras 1, 2 e 3, quando as câmaras climáticas estavam fechadas ficaram dentro da média programada $25, 29$ e $33^{\circ}\text{C} \pm 0,8$. As médias, máximas e mínimas do índice de temperatura e umidade no período em que a câmara climática estava ligada, demonstrou que as codornas estavam em estresse térmico nas temperaturas programadas para 29°C e 33°C , já, quando a câmara climática foi desligada as aves ficaram em temperatura próxima ao conforto térmico. Na câmara climática programa para 25°C as codornas ficaram em conforto térmico durante toda a fase experimental. A classificação usada para conforto e estresse térmico foi baseada em Marai et al (2001).

Temperaturas entre $25,6$ e $26,7^{\circ}\text{C}$ caracterizam-se como conforto térmico e temperaturas entre $30,4$ e $33,2^{\circ}\text{C}$ é considerado calor moderado/severo para codornas 59 (Sousa et al., 2014). Santos et al. (2019) não encontraram diferenças significativas no desempenho de codornas de corte na temperatura de 29°C , demonstrando a alta adaptabilidade destas aves a temperaturas elevadas.

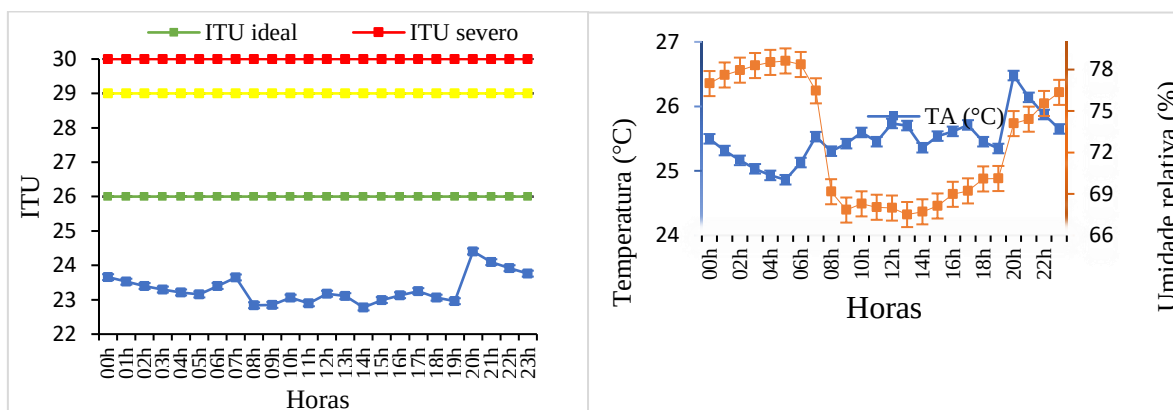


Figura 1. Condições microclimáticas da câmara climática com conforto térmico (25°C).

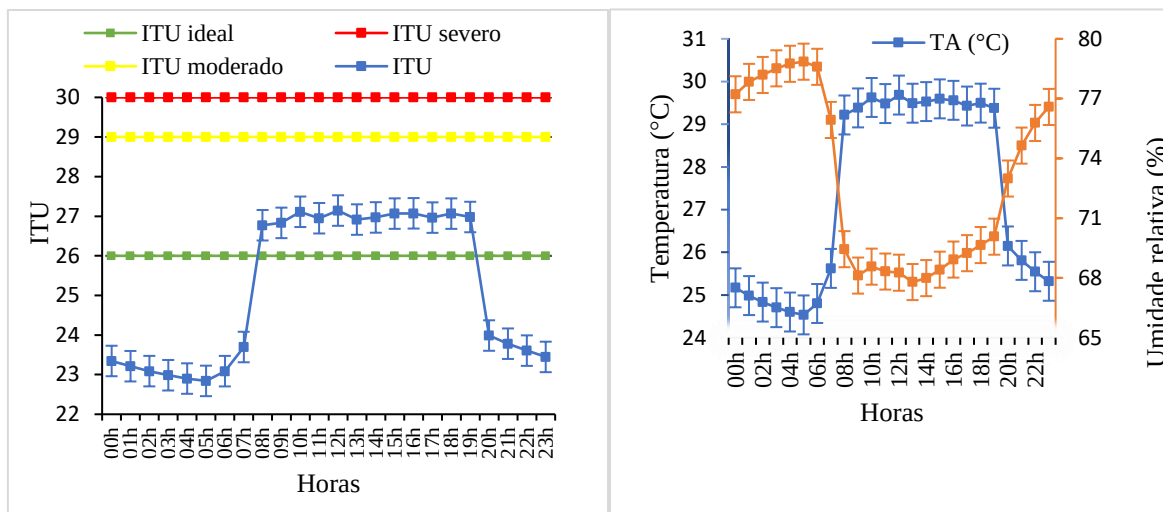


Figura 2. Condições microclimáticas da câmara climática com estresse moderado (29°C).

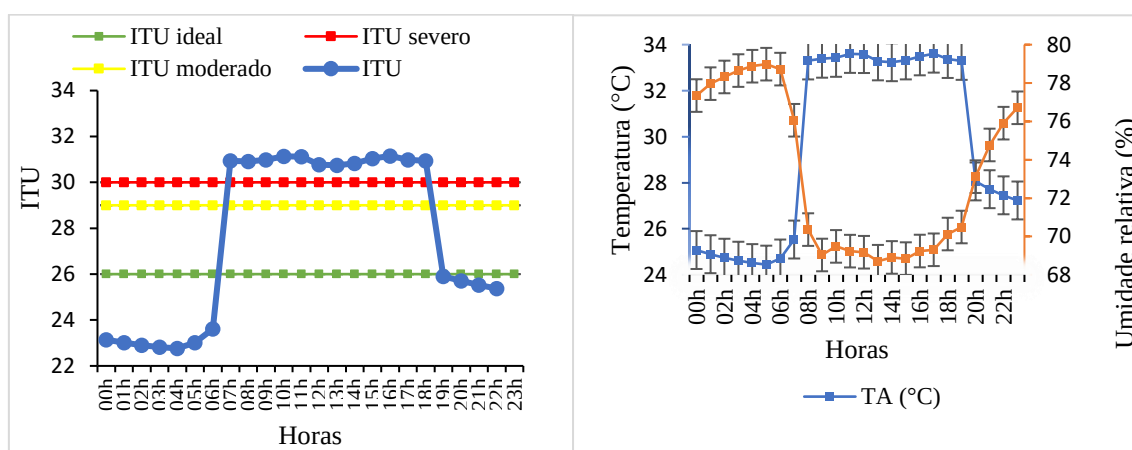


Figura 3. Condições microclimáticas da câmara climática com estresse severo (33 °C).

A frequência respiratória ($P=0,1413$) e a temperatura retal ($P=0,9616$) não apresentaram diferença significativa em função da inclusão da alga na dieta das codornas (Tabela 3). Já a temperatura superficial apresentou diferença significativa ($P=0,0002$) em função da inclusão da macroalga, ou seja, o alimento auxiliou na diminuição do valor da TS das codornas.

Tabela 3. Efeito dos ambientes e níveis de inclusão da macroalga nos parâmetros fisiológicos.

N. I. M (%)	Variáveis fisiológicas		
	FR (mov./min. ⁻¹)	TR (°C)	TSM (C°)
0	87,34a	41,35a	34,29a
3	87,64a	41,35a	34,19ab
6	88,07a	41,33 ^a	33,99bc
9	88,73a	41,35a	33,83c

Temperaturas - TA(°C)			
25	84,17c	41,01c	32,38c
29	87,58b	41,43b	34,21b
33	92,07a	41,59a	35,64a
EPM	1,86	0,16	0,31
Valor de P			
N.I.M	0,1413	0,9616	0,0002
TA	<.0001	<.0001	<.0001
N.IM*TA	0,0062	0,0125	0,7229

Letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey; EPM= erro padrão da média; FR=frequência respiratória; TR = temperatura retal; TS=temperatura superficial.

Os parâmetros fisiológicos das codornas foram significativamente influenciados ($P < 0,05$) pelas diferentes temperaturas ambientais (Tabela 3). Conforme esperado, observou-se um aumento de 8,58% na frequência respiratória (FR) com o aumento da temperatura, uma resposta típica ao estresse térmico. As aves, ao acelerarem a ventilação pulmonar, buscam otimizar a troca de calor e minimizar os efeitos deletérios do calor excessivo sobre o organismo. A interação entre os níveis de inclusão da alga e a temperatura ambiente sobre a FR e a temperatura retal (TR) foi significativa ($P < 0,05$).

A inclusão da alga na dieta atenuou o aumento da FR induzido pelo calor, sugerindo um efeito protetor contra o estresse térmico. Essa resposta pode estar relacionada à capacidade das macroalgas em fornecer nutrientes e antioxidantes que auxiliam na modulação das respostas fisiológicas das aves ao calor (Wang et al., 2020; Lee et al., 2019). Estudos prévios, como o de Oliveira et al. (2023), corroboram nossos achados ao demonstrarem que a suplementação com *Sargassum sp* em dietas de codornas não comprometeu a frequência respiratória. Adicionalmente, a literatura científica aponta para os efeitos positivos das macroalgas na modulação da resposta imune, no status antioxidante e na integridade intestinal das aves, contribuindo para uma melhor adaptação ao estresse térmico e, conseqüentemente, para um melhor desempenho produtivo.

A temperatura retal (TR) das codornas variou entre 41,33 °C e 41,35 °C, permanecendo dentro da faixa considerada normal para a espécie, que se situa entre 41 e 41,5 °C em condições termoneutras (Marchini et al., 2007). Apesar da pequena variação, a tendência de aumento da TR com o aumento da temperatura ambiente, ainda que dentro da faixa de normalidade, confirma o impacto do estresse térmico. As aves, ao elevarem ligeiramente a temperatura corporal, demonstram a ativação de mecanismos de

termorregulação para manter a homeotermia em condições de maior calor. A TR é um importante indicador do estado térmico das aves, essa resposta é um mecanismo de defesa para manter a homeotermia em condições desafiadoras.

Os valores encontrados nessa pesquisa para temperatura retal estão dentro da faixa estimada para a espécie mesmo na temperatura mais elevada, o que implica que os efeitos da inclusão de alga dependem da temperatura ambiental. Esses resultados podem estar associados a variações na capacidade de dissipação de calor com diferentes composições dietéticas. De acordo com Castilho et al. (2015) esses valores indicam que as aves não apresentaram sinais de desconforto térmico, permanecendo dentro dos limites fisiológicos determinados para a espécie.

A TS reduziu com a inclusão da alga, essa redução pode ser atribuída a possíveis alterações metabólicas induzidas pela alga, que podem ter contribuído para uma menor dissipação de calor pela superfície corporal. A TS aumentou significativamente com o a elevação da temperatura do, isso reflete a maior necessidade de dissipação de calor nas aves sob estresse térmico visto que, condições de calor extremo, aumenta o fluxo sanguíneo para eliminação do calor por meio das janelas térmicas da superfície corporal. Não houve interação significativa ($P=0,7229$), sugerindo que os efeitos dos níveis de inclusão na TS foram consistentes independentemente da temperatura.

De acordo com Hu et al. (2023), em temperaturas elevadas, a atividade enzimática é muito afetada em aves. Há uma mudança significativa na atividade das enzimas metabólicas no corpo, aumentando assim a taxa metabólica e a produção de radicais livres quando estão sob estresse térmico (Ribeiro et al., 2024). Os compostos fenólicos encontrados na composição da *Gracilaria birdiae* utilizada nessa pesquisa, podem ter influenciado na eliminação desses radicais livres diminuindo o esforço das aves para manter o equilíbrio ácido base, o que fez reduzir a temperatura superficial das codornas nos níveis de inclusão mais altos.

Não houve diferença significativa nos pesos absoluto e relativos vivos, carcaças, cortes de coxa, peito, dorso e asa entre os níveis de inclusão ou temperaturas ($P>0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito da macroalga no desempenho, qualidade de carcaça e órgãos de codornas japonesas em diferentes temperaturas do ar.

Variáveis	Níveis de inclusão – Ni (%)				Temperaturas -T (°C)			EPM	Valor de P		
	0	3	6	9	25	29	33		T	Ni	T*Ni
Peso (gramas)											
Vivo	155,33a	156,89a	153,19a	157,53a	153,81a	157,31a	156,08a	13,19	0,6497	0,7646	0,9060
Carcaça	94,18a	92,77a	95,22a	94,00a	93,46a	94,87a	93,81a	8,26	0,8272	0,8478	0,9087
Coxa	20,34a	19,48a	19,82a	22,04a	20,07a	19,55a	21,65a	3,15	0,0623	0,0815	0,5468
Peito	32,23a	31,35a	31,73a	32,34a	30,84a	31,99a	32,92a	3,64	0,1484	0,8353	0,5284
Dorso	33,95a	34,17a	35,80a	31,89a	34,87a	35,69a	31,30a	6,83	0,0687	0,4021	0,6997
Asa	7,28a	7,46a	7,47a	7,48a	7,31a	7,23a	7,73a	0,96	0,1662	0,9072	0,6089
Coração	1,18a	1,28a	1,18a	1,16a	1,32a	1,13a	1,16a	0,43	0,2739	0,8239	0,3729
Fígado	6,56a	6,36a	6,32a	6,96a	6,11b	6,31b	7,24a	1,18	0,0038	0,3543	0,1435
Moela	3,33a	3,32a	3,25a	3,47a	3,48a	3,32ab	3,23b	0,33	0,0370	0,2483	0,2778
Intestinos	7,79a	6,93a	7,46a	7,81a	7,08a	7,52a	7,90a	1,81	0,2985	0,4267	0,1488
Peso Relativo (%)											
Carcaça	60,77a	59,28a	62,38a	59,74a	60,92a	60,48a	60,20a	4,38	0,8493	0,1634	0,8997
Coxa	21,67a	21,03a	20,89a	23,51a	21,57ab	20,63b	23,13a	3,13	0,0260	0,0561	0,4390
Peito	34,28a	33,77a	33,36a	34,40a	33,04b	33,73ab	35,10a	2,87	0,0478	0,6792	0,4666
Dorso	35,87a	36,79a	37,44a	33,80a	37,10ab	37,54a	33,28b	5,56	0,0184	0,2331	0,5829
Asa	7,77a	8,06a	7,87a	8,00a	7,86a	7,65a	8,26a	1,10	0,1645	0,8612	0,7136
Coração	1,25a	1,37a	1,24a	1,23a	1,41a	1,18a	1,23a	0,43	0,1837	0,7610	0,3921
Fígado	7,06a	6,84a	6,66a	7,45a	6,60b	6,66b	7,75a	20,33	0,0102	0,3870	0,3160
Moela	3,55a	3,60a	3,70a	3,43a	3,74a	3,51ab	3,45b	0,39	0,0346	0,2183	0,6096
Intestinos	8,33a	7,45a	7,89 a	8,34a	7,65a	7,94a	8,42a	2,06	0,4285	0,5127	0,2411

Letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey; EPM= erro padrão da média;

Os resultados demonstraram que a inclusão de diferentes níveis de *Gracilaria birdiae* na dieta de codornas japonesas, em diferentes temperaturas ambientais, não afetou significativamente o desempenho produtivo das aves, incluindo peso vivo, peso de carcaça e peso de cortes (Tabela 4). Essa constatação indica que a macroalga pode ser utilizada como ingrediente na alimentação de codornas sem comprometer seu crescimento e desenvolvimento, mesmo em condições de estresse térmico.

A estabilidade no desempenho, independentemente da temperatura e do nível de inclusão da alga, é um resultado promissor. A ausência de efeitos negativos sobre o peso de órgãos como fígado, coração, moela e intestinos sugere que a *Gracilaria birdiae* não causou desequilíbrios metabólicos ou prejuízos à saúde das aves. Essa observação corrobora estudos anteriores (Maraleni et al., 2023; Abu Hafsa et al., 2019), que também

não encontraram efeitos adversos da inclusão de macroalgas em dietas de aves.

A manutenção do desempenho produtivo em condições de estresse térmico pode ser atribuída, em parte, aos compostos bioativos presentes na *Gracilaria birdiae*. Esses compostos, como antioxidantes e vitaminas, podem ter auxiliado as aves a lidar com o estresse oxidativo e a manter a homeostase, garantindo um melhor desempenho. Além disso, a fibra presente na alga pode ter contribuído para a saúde intestinal das aves, favorecendo o desenvolvimento de uma microbiota benéfica e melhorando a utilização dos nutrientes da dieta.

É importante destacar que o aumento do peso do fígado em temperaturas mais elevadas (33°C) pode estar relacionado a mecanismos de adaptação ao estresse térmico. O fígado é um órgão central no metabolismo e na desintoxicação, e sua função pode ser intensificada em condições de estresse. A ausência de efeito do nível de inclusão da alga sobre o peso do fígado sugere que a macroalga não interferiu nesses processos metabólicos.

A discrepância entre os resultados encontrados neste estudo e aqueles relatados por Su-bakir et al. (2020), que observaram redução no peso vivo de frangos alimentados com *Sargassum polycystum*, pode ser explicada por diferenças nas espécies de macroalgas utilizadas, nos níveis de inclusão e nas condições experimentais. A composição química e o perfil de compostos bioativos variam entre as diferentes espécies de macroalgas, o que pode influenciar seus efeitos sobre o desempenho animal.

Os resultados deste estudo demonstram o potencial da *Gracilaria birdiae* como um ingrediente funcional na alimentação de codornas japonesas. A inclusão da alga na dieta não comprometeu o desempenho produtivo das aves, mesmo em condições de estresse térmico. Os compostos bioativos presentes na alga podem ter contribuído para a manutenção da saúde e do bem-estar das aves, oferecendo benefícios adicionais como a melhoria da função intestinal e a proteção contra o estresse oxidativo.

No entanto, são necessários mais estudos para elucidar os mecanismos de ação dos compostos bioativos presentes nas macroalgas e para avaliar o impacto da inclusão de diferentes espécies de algas em diferentes fases de desenvolvimento das aves.

Outro fator que chama atenção nos resultados dessa pesquisa é com relação ao bom desempenho das codornas mesmo em condições de estresse térmico severo, manterem-se em seu pleno desenvolvimento e mesmo que não foi de forma significativa

o peso vivo na temperatura mais elevada foi maior. Esse resultado pode ser atribuído os benefícios da macroalga utilizada nessa pesquisa e também as aves podem ter feito uma compensação alimentar no período em que câmara climática estava desligada.

A estabilidade no desempenho, independentemente do nível de inclusão, reforça o potencial das algas como uma alternativa sustentável para a avicultura, permitindo o uso de ingredientes que podem contribuir para a saúde das aves e para uma produção com incremento de fonte sustentável contribuindo para evolução da cadeia produtiva de codornas junto a marcos de desenvolvimento.

Foram relatados por Subakir et al. (2020) uma redução do peso vivo em frangos de corte criados com uma dieta contendo 100 g kg⁻¹ de algas marrons (*Sargassum polycystum*). Essa redução pode ser atribuída a espécie de macroalga que foi utilizada na pesquisa, reforçando ainda mais os resultados positivos da *Gracilaria birdiae* no desempenho de codornas de postura.

Os valores para o peso do coração não apresentaram diferença significativa entre os níveis de inclusão da macroalga tanto no peso absoluto como no peso relativo ($P>0,05$). Isso sugere que a inclusão de *Gracilaria birdiae* na dieta não interferiu no desenvolvimento desse órgão. A estabilidade nesse parâmetro indica que o metabolismo cardíaco das aves não foi influenciado pelos compostos bioativos da alga, mostrando que ela pode ser usada na dieta sem causar alterações estruturais ou funcionais no coração.

O peso absoluto e relativo do fígado foi maior na câmara climática com temperatura média de 33 °C (7,24 g) em comparação a câmara climática com temperatura média de 25°C (6,11 g) ($P=0,0038$) e ($P=0,0102$) respectivamente (Tabela 4). Esse aumento pode estar relacionado ao maior esforço metabólico e ao acúmulo de glicogênio como resposta ao estresse térmico. Não houve efeito significativo dos níveis de inclusão da alga ($P=0,3543$). O fígado é um órgão essencial no metabolismo de nutrientes e na detoxificação de compostos. A ausência de impacto no peso do fígado indica que a inclusão da macroalga não gerou sobrecarga metabólica ou efeitos tóxicos que pudessem alterar sua morfologia ou função

O peso absoluto e relativo da moela foi maior a 25 °C (3,48 g) e menor a 33 °C (3,23 g) ($P=0,0370$) e peso relativo na 25 °C (3,74) e menor na temperatura de 33 °C (3,5) ($P=0,0346$). Esse efeito pode estar relacionado a alterações no consumo alimentar induzidas pelo estresse térmico. Os níveis de inclusão da alga não influenciaram

significativamente ($P=0,2483$). A moela também desempenha um papel importante no processamento mecânico do alimento, e sua estabilidade em peso entre os níveis de inclusão sugere que a macroalga não alterou o padrão de consumo ou a digestibilidade dos alimentos.

O peso dos intestinos também não apresentou diferença significativa entre os níveis ($P>0,05$), o que pode indicar que a macroalga *Gracilaria birdiae* não afetou negativamente o desenvolvimento ou a funcionalidade do trato intestinal, um ponto positivo em relação à sua inclusão, considerando que esse órgão é essencial para a absorção de nutrientes e para a saúde geral das aves.

De maneira semelhante, El-Deek e Brikaa (2009) observaram que a inclusão de 150 g kg^{-1} de algas vermelhas na dieta não influenciou o peso relativo da alimentação, coxa, músculos do peito, fígado e moela em patos na fase final. Essas conclusões são corroboradas pelos resultados de Abu Hafsa et al. (2019), que também não identificaram efeitos dietéticos nos pesos relativos dos órgãos internos em codornas japonesas poedeiras alimentadas com dietas contendo 30 g kg^{-1} de algas marrons e 15 g kg^{-1} de algas verdes.

Abu Hafsa & Hassan (2022) relataram um aumento significativo nos pesos do intestino delgado e grosso, em codornas japonesas alimentadas com dietas contendo alga marrom (*Sargassum siliquastrum*). Por isso, a ausência de efeitos no peso dos intestinos neste estudo foi surpreendente, já que se esperava que aves alimentadas com maiores níveis de inclusão de macroalgas apresentassem intestinos mais desenvolvidos, como uma adaptação natural para lidar com o maior teor de fibra na dieta. Resultados semelhantes foram relatados por Marareni et al. (2023) trabalhando com macroalgas verdes (*Ulva sp*) na dieta de codornas e não encontraram diferenças significativas para o tamanho do intestino.

A inclusão de até 9% de *Gracilaria birdiae* na dieta das aves não afetou significativamente o peso relativo das partes avaliadas. Esse resultado é positivo, pois sugere que a macroalga pode ser usada como ingrediente alternativo na dieta sem comprometer o desempenho produtivo, mesmo em condições de estresse térmico.

4. CONCLUSÕES

A inclusão de *Gracilaria birdiae* até 9% na dieta de codornas japonesas fêmeas é recomendada a inclusão a ração, sem impactos negativos no peso vivo e carcaça de partes nobres ou órgãos, mesmo em condições de estresse térmico.

Contudo, as temperaturas elevadas (29°C e 33°C) prejudicaram significativamente o rendimento de partes importantes como o peito, destacando a necessidade de estratégias de manejo para mitigar os efeitos do estresse térmico, como ventilação, sombreamento e outros aditivos.

As respostas fisiológicas foram afetadas pelas temperaturas, mas não foram afetadas pelos níveis de inclusão da macroalga.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu Hafsa, S. H.; Hassan, A. A. The Effect of *Sargassum siliquastrum* Supplementation on Growth Performance, Cecal Fermentation, Intestine Histomorphology, and Immune Response of Japanese Quails. *Animals*, v.12, p.432, 2022. <https://doi.org/doi:10.3390/ani12040432>.
- Andrade, M. da R.; Costa, J. A. V. Cultivo da microalga *Spirulina platensis* em fontes alternativas de nutrientes. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, p. 1551-1556, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000500029>
- Castilho, V. A. R.; Garcia, R. G.; Lima, N. D. S.; Nunes, K. C.; Caldara, F. R.; Nääs, I. A.; Barreto, B.; Jacob, F. G. Welfare of laying hens in different densities of housing. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, v.9, p.122-131, 2015. <https://doi.org/10.18011/bioeng2015v9n2p122-131>
- Costa, E. M. da S.; Dourado, L. R. B.; Merval, R. R. Medidas para avaliar o conforto térmico em aves. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.6, p.1-20, 2012. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v6n31.1452>
- El-Deek A. A.; Brikaa A. M. Effect of Different Levels of Seaweed in Starter and Finisher Diets in Pellet and Mash Form on Performance and Carcass Quality of Ducks. *International Journal of Poultry Science*, v.8, p.1014–1021, 2009. <https://doi.org/doi:10.3923/ijps.2009.1014.1021>
- El-Hack, M. E. A.; Mahrose, K.; Arif, M.; Chaudhry, M. T.; Saadeldin, I. M.; Saeed, M.; Soomro, R. N.; Abbasi, I. H. R.; Rehman, Z. U. Alleviating the environmental heat burden on laying hens by feeding on diets enriched with certain antioxidants (vitamin E and selenium) individually or combined. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 24, p.10708-10717, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8690-5>
- Ferronato, C.; Bittencourt, T. M.; Lima, H. J. D.; Valentim, J. K.; Martins, A. C. da S.; Silva, N. E. M. Farelo de algodão na dieta de codornas japonesas. *Boletim de Indústria Animal*, v. 77, p. 1-8, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17523/bia.2020.v77.e1468>
- Fidelis G. P.; Camara, R. B.; Queiroz, M. F.; Santos, M. S.; Santos P. C, Rocha H. A.; Costa, L. S. Proteolysis, NaOH and ultrasound-enhanced extraction of anticoagulant and antioxidant sulfated polysaccharides from the edible seaweed, *Gracilaria birdiae*.

- Molecules, v.19, p.1851-1862, 2014. <https://doi.org/0.3390/molecules191118511>. PMID:25401396;PMCID:PMC6271000.
- Guimarães, M. C. C.; Furtado, D. A.; Nascimento, J. W. B.; Tota, L. C. A.; Silva, C. M.; Lopes, K. B. P. Efeito da estação do ano sobre o desempenho produtivo de codornas no semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola. Ambiental*, v.18, p.231–237, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000200015>
- He, S. P.; Arowolo, M. A.; Medrano, R. F.; Li, S.; Yu, Q. F.; Chen, J. Y.; He, J. H. Impact of heat stress and nutritional interventions on poultry production. *World's Poultry Science Journal*, v. 74, p. 647-664, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933918000727>
- Hu P.; Li K.; Peng X.; Yao T.; Zhu C.; Gu H.; Liu H.-Y.; Sun M.; Hu Y.; Ennab W.; Luo, X.; Cai, D. A Zinc intake ameliorates intestinal morphology and oxidative stress of broiler chickens under heat stress. *Fronts Immunology*, v.14, p.1308907, 2023. <https://doi.org/110.3389/fimmu.2023.1308907>.
- Lallo, C.H.O.; Cohen, J.; Rankine, D.; Taylor M.; Cambell, J. Characterizing heat stress on livestock using the temperature humidity index (THI)—prospects for a warmer Caribbean. *Regional Environmental Change*, v.18, p.2329–2340, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1359-x>
- Marareni, M.; Mhlongo, G.; & Mnisi, C. M. The effect of incorporating dietary green seaweed (*Ulva* sp.) on growth performance, blood parameters, and carcass and meat quality characteristics of Jumbo quail. *Heliyon*, v.9, p.19603, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19603>
- Marchini, C. F. P.; Silva, P. L.; Nascimento M. R. B. M.; Tavares, M. Frequência respiratória e temperatura cloacal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. *Archives of Veterinary Science*, v.12, p.41-46, 2007. <https://doi.org/10.5380/avs.v12i1.9227>
- Matshogo, T. B.; Mnisi, C. M.; Mlambo, V. Dietary Green Seaweed Compromises Overall Feed Conversion Efficiency but not Blood Parameters and Meat Quality and Stability in Broiler Chickens. *Agriculture*, v.10, p.547-558, 2020. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110547>
- Michalak I., Tiwari R., Dhawan M., Alagawany M., Farag MR, Sharun K., Bin Emran T., Dhama K. Antioxidant effects of seaweeds and their active compounds on animal

- health and production – a review. *Veterinary Quarterly*, v.42, p.48–67, 2022. <https://doi.org/10.1080/01652176.2022.2061744>.
- Moraleco, D. A.; Alexander, V., Jean, M.; Brasil, M.; Arruda, C.; Lira, D.; Araújo, G.; Pinheiro, D.; Lima, S. H. Alga marinha calcária na dieta de poedeiras semipesadas nas fases de recria e pré-postura. *Ciência Animal Brasileira*, v.25, p.77723, 2024. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v25e-77723p>.
- Nazareno, A. C.; Pandorfi, H.; Almeida, G. L. P.; Giongo, P. R.; Pedrosa, E. M. R.; Guiselini, C. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v.13, p.802-808, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000600020>
- Oliveira, A. G. de; Furtado, D. A.; Ribeiro, N. L.; Marques, J. I.; Leite, P. G.; Mascarenhas, N. M. H.; Silva, R. de S.; Dornelas, K. C.; Rodrigues, R. C. M.; Brito, A. N. dos S. L. de, Lima, V. R. do N. & Chiodi, J. E. Marine macroalgae as an alternative in the feeding of broiler quails in an environment of thermal stress. *Food Science and Technology*, 43:116122, 2023. <https://doi.org/10.5327/fst.116122>
- Onagbesan, O. M.; Uyanga, V. A.; Oso, O.; Tona, K.; Oke, O. E. Alleviating heat stress effects in poultry: updates on methods and mechanisms of actions. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 10, p. 1-12, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1255520>
- Porto, M. L.; Fontenele-Neto, J. D. Efeito da manipulação térmica durante a incubação sobre as variáveis hematológicas, bioquímica sérica e morfometria da bolsa cloacal de codornas japonesas submetidas ao estresse crônico por calor. *Arquivo Brasileiro de Medicina. Veterinária e Zootecnia*, v. 72, p. 505-516, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11132>
- Renaudeau, D.; Collin, A.; Yahav, S.; de Basilio, V.; Gourdine, J.L.; Collier, R.J. Adaptation to tropical climate and research strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Advances in Animal Biosciences*, v. 1, p. 378–379, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1017/S2040470010000075>
- Ribeiro, A. G.; Silva, R. D. S.; Silva, D. A. D.; Nascimento, J. C. D. S.; Souza, L. F. A.; Silva, E. G. D.; Ribeiro, J. E. S.; Campos, D. B.; Alves, C. V. B. V.; Saraiva, E. P.; Costa, F. G. P.; Guerra, R. R. Heat Stress in Japanese Quails (*Coturnix japonica*): Benefits of Phytase Supplementation. *Animals (Basel)*, v.14, p.3599, 2024.

<https://doi.org/doi:10.3390/ani14243599>. PMID: 39765504; PMCID: PMC11672450.

- Ribeiro, A. G.; Silva, R. dos S.; Silva, D. A.; Nascimento, J. C. dos S.; Souza, L. F. A. de; Silva, E. G. da; Campos, D. B.; Alves, C. V. B. de V.; Ribeiro, J. E. S.; Albuquerque, P. V. de; Andrade, G. P. de; Saraiva, E. P.; Costa, F. G. P.; Guerra, R. R. Adverse effects of heat stress and the benefits of using phytase in Japanese quail (*Coturnix japonica*) diets—A review. *Revista Observatorio de La Economia Latinoamericana*, v.23, n.1, p. 01-51, 2025. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/387763445>
- Rodrigues, L. R.; Furtado, D. A.; Costa, F. G. P.; Nascimento, J. W. B.; Cardoso, E. A. Thermal confort index, physiological variables and performance of quails fed with protein reduction. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, p.378-384, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n4p378-384>
- Rostagno, H. S. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais, 3ª ed. – Viçosa - MG, 2011.
- Subakir, F. N. M.; Ishak, N. I.; Samah, A. N.; Aziz, K. A. A.; Zaharudin N. The effects of seaweed-based pellet binders on growth performance, feed efficiency and carcass characteristics in broilers. *Animal Feed Science and Technolog*, v.272, p.114786, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114786>.
- Valentim, J. K.; Garcia, R. G.; Burbarelli, M. F. de C.; Komiyama, C. M.; Serpa, F. C.; Caldara, F. R.; Mendes, J. P.; Pietramale, R. T. R.; Barbosa, D. K.; Albino, L. F. R. Fontes lipídicas vegetais na alimentação de codornas japonesas em fase de recria e sua repercussão na fase inicial de produção. *Ciência Animal Brasileira*, v. 24, p. 1-7, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-6891v24e-73851P>
- Zewei, S.; abu hafsa, S.; Zahran, S.; Ahmed, M.; Abdel-Rahman, N. Effects of dietary supplementation with green and brown seaweeds on laying performance, egg quality, and blood lipid profile and antioxidant capacity in laying japanese quail. *Egyptian Poultry Science Journal*, v.39, p.41-59, 2019. <https://doi.org/10.21608/epsj.2019.28828>