

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo será disponibilizado somente a partir de 26/08/2026

At the author's request, the full text will not be available online until August 26, 2026

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

ÓLEO DE PEQUI (Caryocar brasiliense Camb.) NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE
SUBMETIDOS AO ESTRESSE PELO CALOR: ABORDAGEM NUTRICIONAL E
PROTEÔMICA

GABRIELI ANDRESSA DE LIMA

Tese apresentada ao Programa de Pós-
graduação em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção de Título de
Doutor em Zootecnia

BOTUCATU – SP
Agosto de 2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

ÓLEO DE PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.) NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE
SUBMETIDOS AO ESTRESSE PELO CALOR: ABORDAGEM NUTRICIONAL E
PROTEÔMICA

GABRIELI ANDRESSA DE LIMA
ZOOTECNISTA – M.Sc. em Ciência e Tecnologia Animal

Orientador: Prof. Ass. Dr. José Roberto Sartori
Coorientador: Dr. José Cavalcante Souza Vieira

Tese apresentada ao Programa de Pós-
graduação em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção de Título de
Doutor em Zootecnia

BOTUCATU – SP
Agosto de 2024

D353o

de Lima, Gabrieli Andressa

Óleo de Pequi (Caryocar brasiliense Camb.) na dieta de frangos de corte submetidos ao estresse pelo calor: abordagem nutricional e proteômica / Gabrieli Andressa de Lima. -- Botucatu, 2024
129 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu

Orientador: José Roberto Sartori

Coorientador: José Cavalcante Souza Vieira

1. Caryocar brasiliense. 2. Compostos bioativos. 3. Estratégias nutricionais. 4. Proteínas de choque térmico. 5. Shotgun. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



ATESTADO DE APROVAÇÃO - DEFESA

Atestamos que **GABRIELI ANDRESSA DE LIMA**, RA nº: ZNP210031, RG nº 41.134.927-2, expedido pela SSP/SP, defendeu, no dia 26/08/2024, a tese intitulada **Óleo de Pequi (Caryocar brasiliense Camb.) na dieta de frangos de corte submetidos ao estresse pelo calor: abordagem nutricional e proteômica.**, junto ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Curso de Doutorado, tendo sido 'APROVADA'.

Atestamos ainda que a obtenção do título dependerá de homologação pelo Órgão Colegiado competente.

Botucatu, 26 de agosto de 2024

Claudia Cristina Moreci

Claudia Cristina Moreci
Assistente Administrativo
Seção de Pós-Graduação / FMVZ

BIOGRAFIA DO AUTOR

GABRIELI ANDRESSA DE LIMA, nasceu em Cândido Mota/SP, em 12 de agosto de 1994, filha de Edson de Lima e Maria das Graças da Silva de Lima. Em 2012, ingressou no curso de Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Câmpus de Dracena/SP, graduando-se em 2017. Durante a graduação, foi bolsista de iniciação científica pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2016/09795-4; após concluir a graduação, foi bolsista de treinamento técnico BCO pela mesma instituição, processo nº 2017/17609-9. Em 2018, ingressou no curso de Mestrado no Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal, área de concentração “Produção Animal” na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Programa interunidades do câmpus de Dracena/SP e Ilha Solteira/SP, orientada pela Prof^a. Associada Valquíria Cação Cruz-Polycarpo. Sua dissertação de mestrado desencadeou na publicação do artigo científico intitulado “Microencapsulated sodium butyrate on the intestinal integrity of broilers challenged with *Eimeria* spp.”, no periódico *Livestock Science*. Durante seu mestrado foi bolsista pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processos nº 2018/10672-0 e 2020/01753-6. Em março de 2021, ingressou no Doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Câmpus de Botucatu/SP, sob orientação do Prof. Associado José Roberto Sartori. Durante o período, foi bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e, atualmente, é bolsista nível doutorado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2022/12698-1, atuando desde a graduação na área de avicultura com foco em nutrição de frangos de corte.

DEDICATÓRIA

“Veja: o inverno já passou! Olhe; a chuva já se foi! As flores na terra, o tempo da colheita vem vindo, e o canto da ave já se ouve em nosso campo. Despontam figos na figueira e a vinha florida exala perfume. Levante-se, minha amada, formosa minha, venha a mim!

CÂNTICO DOS CÂNTICOS 2.11-13 a

Dedico este trabalho inicialmente a Jesus, minha fortaleza nos momentos mais difíceis de minha vida, pois quando pensei que não era capaz o suficiente, ele me capacitou e honrou.

Aos meus pais, Edson de Lima e Maria das Graças da Silva de Lima, que tanto amo e que apoiam e compreendem meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de expressar minha gratidão a Deus, pois a fé tem me motivado todos os dias a lutar pelos meus sonhos, mesmo diante de todas as adversidades.

Ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, para a realização desta pesquisa.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão de bolsa de estudo nível Doutorado, processo nº 2022/12698-1.

Ao Prof. Ass. Dr. José Roberto Sartori, por aceitar ser meu orientador e conceder a oportunidade de conduzir esta pesquisa. Por toda paciência, ensinamentos, conselhos, conversas, apoio e motivação, estando sempre disposto a ajudar e incentivar; o admiro muito como pessoa, professor e profissional.

Ao Laboratório de Bioanalítica e Metaloproteômica (LBM) do Departamento de Química e Bioquímica/IBB-Unesp-Botucatu, em especial ao Prof. Titular Pedro Magalhães Padilha e ao meu coorientador, Dr. José Cavalcante Souza Vieira, por toda ajuda com as análises e paciência.

À Prof^a. Ass. Dr^a. Margarida Maria Barros, por ceder o Laboratório de Nutrição e Saúde de Peixes (AquaNutri), e a toda sua equipe, pela contribuição nas análises experimentais e parceria.

Ao Laboratório de Nutrição de Aves (LabAves), todos os doutorandos, mestrados, alunos de iniciação científica e estagiários, em especial à Paola Aparecida Damázio Rodrigues, Laís Garcia Cordeiro, Elis Omar Figueroa Castillo, Joyce Andrade da Silva, Júlia de Lima Lopes, Luane Benedita Gonçalves Andrade, Vinícius Fardin, Anna Luisa Lang, Pedro Henrique Santille Testa, Yasmin Cristina Santos, Gustavo Henrique Rodrigues Peres e ao técnico Wanderley Thiago da Silva.

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, FMVZ/Unesp/Botucatu, e a todos os professores aos quais tive a oportunidade de cursar as disciplinas que foram fundamentais para o meu aprendizado.

Aos professores José Roberto Sartori, Margarida Maria Barros e ao Dr. José Cavalcante Souza Vieira por todas as contribuições no Exame Geral de Qualificação. À banca examinadora da minha defesa de Tese do Doutorado, Prof. Ass. Dr. José Roberto Sartori, Prof^a. Ass. Dr^a. Margarida Maria Barros, Prof^a. Associada Valquíria Cação Cruz-Polycarpo, Prof. Ass. Dr. Marcos Livio Panhoza Tse e Prof^a. Adj. Dr^a. Fabyola Barros de Carvalho.

Aos funcionários da Seção de Pós-graduação em Zootecnia, FMVZ/Unesp/Botucatu, em especial Cláudia Cristina Moreci.

Aos Funcionários da Supervisão de Fazendas de Ensino, Pesquisa e Produção, e da Fábrica de Ração, FMVZ/Unesp/Botucatu.

A todos que contribuíram de forma direta e indireta para a condução deste trabalho.

E a minha família e amigos.

Muito obrigada!

EPIGRAFE

“A utopia está lá no horizonte. Me aproximo dois passos, ela se afasta dois passos. Caminho dez passos e o horizonte corre dez passos. Por mais que eu caminhe, jamais alcançarei. Para que serve a utopia? Serve para isso: para que eu não deixe de caminhar”.

Fernando Birri, citado por Eduardo Galeano

“Sem uma razão forte ou um propósito, qualquer coisa na vida é difícil”.

Carlos Roberto Padovani

RESUMO

O presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão do óleo de pequi (OP) em dietas para frangos de corte submetidos ao estresse cíclico pelo calor sobre o desempenho, peso relativo e comprimento dos órgãos, atividade de enzimas antioxidantes do fígado, morfometria intestinal e o perfil diferencial de proteínas expressas no tecido hepático por meio do método *shotgun* LC-MS/MS. Foram alojados 216 pintos de corte, machos, com um dia de idade, da linhagem Cobb® 500, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×2, sendo duas câmaras climáticas: termoneutra (TN) e estresse cíclico pelo calor (EC); e duas dietas: Controle (CT) e CT + 0,60% de inclusão do óleo de pequi (OP), com nove repetições de seis aves cada, totalizando quatro tratamentos. As aves e as rações experimentais foram pesadas semanalmente para avaliação do desempenho zootécnico. Aos 42 dias de idade, uma ave por repetição foi sacrificada para a coleta de órgãos, amostras de intestino (duodeno e jejuno) e tecido hepático, para a realização das análises laboratoriais. Não foram observadas interações significativas entre temperatura e dieta para as variáveis de desempenho, peso relativo dos órgãos, atividade hepática das enzimas antioxidantes e morfometria intestinal ($P>0,05$), porém foram observadas interações significativas para a variável contagem de células caliciformes (CC) no duodeno. No período de 1 a 21 dias de idade, frangos alimentados com OP apresentaram maior peso final (PF) e ganho de peso (GP) em comparação com os frangos do CT. No período de 1-42 dias, os frangos mantidos em EC apresentaram menor PF, GP e consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e fator de eficiência produtiva (FEP), e os frangos que receberam OP apresentaram maior PF e GP em comparação aos alimentados com dieta CT. Frangos mantidos em EC apresentaram menor peso relativo do fígado e do intestino delgado, e menor largura da base da vilosidade (LB) no duodeno, e os frangos do tratamento OP apresentaram menor peso relativo do fígado e maior LB no duodeno. Foi observada maior atividade hepática das enzimas SOD e GPx em frangos submetidos ao EC. Na análise do perfil de proteínas expressas, foram encontradas um total de 668 proteínas no proteoma do fígado de frangos de corte alimentados com 0,60% de OP. Estas proteínas estão associadas ao metabolismo celular, metabolismo de proteínas e lipídios, sistema antioxidante, e choque térmico. Conclui-se que o OP demonstra ser um aditivo promissor na melhora do desempenho de frangos de corte, promovendo alterações positivas na morfometria duodenal, além de ser eficaz para diminuir os efeitos deletérios causados pelo estresse pelo calor. O EC foi capaz de induzir o estresse oxidativo, causando efeitos negativos sobre o desempenho e disfunção hepática em frangos de corte.

Palavras-chave: *Caryocar brasiliense*, compostos bioativos, estratégias nutricionais, proteínas de choque térmico, *shotgun*.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of including pequi oil (PO) in diets for broilers subjected to cyclic heat stress on performance, relative weight and length of organs, analysis of antioxidant enzyme activity in the liver, intestinal morphometry and the differential profile of proteins expressed in liver tissue using the LC-MS/MS shotgun strategy. A total of 216 one-day-old male Cobb® 500 broiler chicks were housed in a completely randomized design (CRD), in a 2×2 factorial scheme, with two climatic chambers: thermoneutral (TN) and cyclic heat stress (HS); and two diets: Control (CT) and CT + 0.60% inclusion of pequi oil (OP), with nine replicates of six birds each, making a total of four treatments. The birds and the experimental rations were weighed weekly to obtain the performance. At 42 days-old, one bird per repetition was sacrificed to collect organs, samples of intestine (duodenum and jejunum) and liver tissue for laboratory analysis. There were no significant interactions between temperature and diet for the variables of performance, relative organ weight and hepatic activity of antioxidant enzymes and intestinal morphometry ($P>0.05$). However, there were significant interactions for the variable goblet cell count (CC) in the duodenum. In the period from 1 to 21 days, broilers fed OP had a higher body weight (BW) and body weight gain (BWG) compared to broilers fed CT. In the period from 1-42 days, the birds kept on HS had lower BW, BWG and average feed intake (AFI) feed conversion ratio (FCR) and productive efficiency factor (PEF), and the broilers given OP had higher BW and BWG compared to those fed the CT diet. Birds kept in HS had lower relative liver and small intestine weights and lower villus base width (WV) in the duodenum, while OP chickens had lower relative liver weights and higher WV in the duodenum. Higher hepatic activity of the enzymes SOD and GPx was observed in broilers subjected to HS. In the analysis of the expressed protein profile, a total of 668 proteins were found in the liver proteome of broilers fed 0.60% OP. These proteins are associated with cell metabolism, protein and lipid metabolism, the antioxidant system and heat shock. It is concluded that OP is a promising additive for improving broiler performance, promoting positive changes in duodenal morphometry, as well as being effective in reducing the deleterious effects caused by heat stress. CE was able to induce oxidative stress, causing negative effects on performance and liver dysfunction in broilers.

Keywords: bioactive compounds, *Caryocar brasiliense*, heat shock proteins, nutritional strategies

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1. Composição e valores calculados das dietas experimentais.	54
Tabela 2. Desempenho de frangos de corte submetidos ao estresse cíclico pelo calor e alimentados com óleo de pequi no período de 1 a 21 dias de idade.	59
Tabela 3. Desempenho de frangos de corte submetidos ao estresse cíclico pelo calor e alimentados com óleo de pequi no período de 1 a 42 dias de idade.	60
Tabela 4. Peso relativo dos órgãos (%) de frangos de corte aos 42 dias de idade, submetidos ao estresse cíclico pelo calor e alimentados com óleo de pequi.	61
Tabela 5. Peso relativo (%) e comprimento (cm) do intestino delgado (ID) e grosso (IG) de frangos de corte aos 42 dias de idade, submetidos ao estresse cíclico pelo calor e alimentados com óleo de pequi.	61
Tabela 6. Atividade de enzimas antioxidantes do fígado de frangos de corte aos 42 dias de idade, submetidos ao estresse cíclico pelo calor e alimentados com óleo de pequi.	62
Tabela 7. Morfometria (μm) do duodeno e jejuno de frangos de corte aos 42 dias de idade, submetidos ao estresse cíclico pelo calor e alimentados com óleo de pequi.	63
Tabela 8. Contagem de células caliciformes no duodeno e jejuno de frangos de corte aos 42 dias de idade, submetidos ao estresse cíclico pelo calor e alimentados com óleo de pequi.	64
Tabela 9. Desdobramento da interação entre temperatura e dieta da variável contagem de células caliciformes no duodeno de frangos de corte aos 42 dias de idade, submetidos ao estresse cíclico pelo calor e alimentados com óleo de pequi.	64

Capítulo 3

Tabela 1. Composição e valores calculados das dietas experimentais.	80
Tabela 2. Regulação positiva (Up) e negativa (Down) de proteínas no proteoma hepático de frangos de corte submetidos ao estresse por calor e alimentados com óleo de pequi em comparação com o grupo alimentado com dieta controle.	89
Tabela 3. Proteínas expressas unicamente no proteoma hepático de frangos de corte alimentados com e sem óleo de pequi sob estresse pelo calor.	91

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

- Figura 1.** Pequi cortado transversalmente. EP, epicarpo; ME, mesocarpo externo; MI, mesocarpo interno; ED, endocarpo; CS, castanha ou amêndoa) (Fonte: Garcia et al., 2021)...19
- Figura 2.** Ativação da resposta imune ao estresse térmico (Fonte: adaptado de Cantet et al., 2021). 24
- Figura 3.** Efeitos do estresse por calor em frangos de corte (Fonte: adaptado de Salem et al., 2022; Khan et al., 2023; Mangan & Siew, 2023). 25
- Figura 4.** . Produção de EROs e sistemas antioxidantes (Fonte: adaptado de Nolfi-Donagan et al., 2020).....26
- Figura 5.** Abordagens proteômicas (Fonte: adaptado de Almeida et al., 2015). 30

Capítulo 2

- Figura 1.** Temperaturas média, máxima e mínima, e umidade relativa do ar por fase utilizadas nas câmaras termoneutra e estresse cíclico pelo calor.....56

Capítulo 3

- Figura 1.** Temperaturas média, máxima e mínima, e umidade relativa do ar por fase utilizadas nas câmaras termoneutra e estresse cíclico pelo calor..... 82
- Figura 2.** Rede de interação das proteínas do grupo CT e OP caracterizadas no proteoma hepático de frangos de corte submetidos ao estresse por calor utilizando o software String....86
- Figura 3.** Classificação das proteínas no grupo CT e OP caracterizadas no proteoma hepático de frangos de corte utilizando o software Blast2GO.....88
- Figura 4.** Rede de interação proteína-proteína agrupadas em clusters do proteoma hepático de frangos de corte submetidos ao estresse térmico e alimentados com óleo de pequi utilizando o software String..... 90

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

FMVZ	Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
µg	Micrograma
µm	Micrômetro
CR	Consumo de ração
CT	Controle
OP	Óleo de pequi
EC	Estresse cíclico pelo calor
TN	Termoneutra
PF	Peso final
GP	Ganho de peso
CA	Conversão alimentar
VB	Viabilidade
FEP	Fator de eficiência produtiva
ID	Intestino delgado
IG	Intestino grosso
DIC	Delineamento inteiramente casualizado
UR	Umidade relativa
SAM	Sistema nervoso simpático
HHA	Eixo hipotálamo-hipófise-adrenal
SOD	Superóxido dismutase
CAT	Catalase
GPx	Glutathione peroxidase
T	Temperatura
D	Dieta
EPM	Erro padrão da média
PUFAs	Ácidos graxos poli-insaturados
CO ₂	Gás carbônico
EROs	Espécies reativas ao oxigênio
ERN	Espécies reativas ao nitrogênio
NO ₂	Dióxido de nitrogênio
NO	Óxido nítrico

ONOO ⁻	Peroxinitrito
OH	Radical hidroxila
BHA	Butil hidroxianisol
BHT	Butil hidroxitolueno
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
O ₂	Oxigênio
GSH	Glutationa
NADPH	Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Fosfato
NNT	Nicotinamida-nucleotídeo-transidrogenase
MDA	Malonaldeído

Sumário

Capítulo 1	
Considerações Iniciais.....	17
1. Revisão de Literatura.....	18
1.1 Pequi (<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.).....	18
Óleo de pequi.....	19
1.2 Estresse cíclico pelo calor.....	21
1.3 Estresse oxidativo induzido pelo estresse térmico.....	25
1.4 Proteômica.....	29
Aplicação da proteômica na nutrição e saúde de frangos de corte.....	31
2. Objetivo Geral.....	34
3. Referências Bibliográficas.....	35
Capítulo 2	
INTRODUÇÃO.....	51
MATERIAL E MÉTODOS.....	52
<i>Aves e delineamento experimental.....</i>	<i>52</i>
<i>Desempenho Zootécnico.....</i>	<i>56</i>
<i>Peso relativo dos órgãos e mensuração do comprimento do intestino delgado e intestino grosso.....</i>	<i>57</i>
<i>Atividade de enzimas antioxidantes do fígado.....</i>	<i>57</i>
<i>Morfometria intestinal.....</i>	<i>58</i>
<i>Contagem de células caliciformes intestinais.....</i>	<i>58</i>
<i>Análise dos dados.....</i>	<i>59</i>
RESULTADOS.....	59
<i>Desempenho.....</i>	<i>59</i>
<i>Peso relativo dos órgãos e mensuração do comprimento do intestino delgado e intestino grosso.....</i>	<i>60</i>
<i>Atividade hepática de enzimas antioxidantes.....</i>	<i>61</i>
<i>Morfometria intestinal.....</i>	<i>62</i>
<i>Contagem de células caliciformes intestinais.....</i>	<i>63</i>
DISCUSSÃO.....	65
CONCLUSÃO.....	68
AGRADECIMENTOS.....	68
REFERÊNCIAS.....	68
Capítulo 3	
Introdução.....	78
Material e Métodos.....	79
<i>Aves, delineamento e dietas experimentais.....</i>	<i>79</i>
<i>Proteômica do tecido hepático por shotgun LC-MS/MS.....</i>	<i>82</i>
Resultados.....	85
Discussão.....	92
Conclusão.....	95
Agradecimentos.....	95
Referências Bibliográficas.....	96
Capítulo 4	
IMPLICAÇÕES.....	102

CAPÍTULO 1

Considerações Iniciais

O setor avícola configura papel importante na economia mundial, sendo segmento notável do agronegócio brasileiro, gerando empregos e renda, e produzindo carne de qualidade, rica em aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais, com menores níveis de ácido graxo saturado, e altamente digerível para a nutrição e saúde dos seres humanos (Marangoni et al., 2015; Bordoni & Danesi, 2017; Khan et al., 2019; Souza et al., 2021).

No ano de 2024, o relatório publicado pela Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) demonstrou que a produção de carne de frango no Brasil em 2023 foi de 14,833 milhões de toneladas, e o total exportado foi de 5,139 milhões de toneladas, colocando o país como o segundo maior produtor e líder na exportação mundial, posição que ocupa desde 2004 (ABPA, 2024). Projeções indicam que a carne de frango representará 41% da proteína consumida dentre todas as fontes de carne em 2032, e o Brasil terá produção estimada de 16,566 milhões de toneladas (OECD-FAO, 2023).

Este cenário impõe ao setor evoluir constantemente para que possa atender a demanda, combinando a qualidade dos produtos, padrões de sustentabilidade, aumento da produtividade, inovação e tecnologia industrial, exigências do mercado, nutrição e saúde das aves (Caldas et al., 2020; Mores et al., 2022; Tona et al., 2022). Porém, o caso iminente das alterações climáticas, relacionadas ao aquecimento global, tem gerado debates sobre até que ponto a variabilidade das condições climáticas afetaria direta e/ou indiretamente a produção animal.

Vale ressaltar que os efeitos do estresse térmico na avicultura estão relacionados a questões de segurança alimentar (Oke et al., 2021; Uyanga et al., 2023), pois, afetam a qualidade da carne e prejudicam a saúde das aves, tornando-as mais susceptíveis a doenças, por reduzir a capacidade do sistema imunológico de combater patógenos como *Salmonella* e *Campylobacter*, que são importantes causas de doenças transmitidas por alimentos (Zaboli et al., 2019; Rostagno, 2020). Um dos fatores que cada vez mais impactará a produção avícola é o estresse térmico, em razão da exposição ao calor ser mais frequente e prolongada. Portanto, é importante compreender os efeitos deste estresse e estratégias que possam mitigar impactos negativos sobre o desempenho, índices de produção, saúde, comportamento, metabolismo, respostas fisiológicas e bem-estar das aves. As pesquisas que investigam o estresse térmico têm ganhado notoriedade, com aumento anual do número de publicações em diversas linhas de pesquisa, e as pesquisas mais citadas globalmente evidenciam os efeitos deletérios e a associação entre

estresse térmico e oxidativo em aves (Meteyake et al., 2020; Chowdhury et al., 2021; Uyanga et al., 2023).

Uma das estratégias para diminuir os efeitos do estresse por calor é a inclusão de aditivos funcionais na dieta das aves, que é prática comum e aceitável. Dentre esses aditivos, encontram-se os fitogênicos, como o óleo de pequi, um óleo vegetal extraído da polpa do fruto produzido pela árvore *Caryocar brasiliense* distribuídas nas regiões nordeste, centro-oeste e norte do Brasil. O óleo de pequi contém compostos bioativos, como carotenoides, vitamina E e polifenóis, capazes de atenuar o estresse oxidativo, estes compostos ao se ligarem a proteínas e estruturas de lipoproteínas nas membranas celulares atuam como protetores estimulados por meio de mecanismos que removem os oxidantes. Também atua na regeneração de biomoléculas contribuindo para proteção e suspensão da cascata de peroxidação lipídica (Miranda-Vilela et al., 2016; Rodriguez-Concepcion et al., 2018; Saeed et al., 2019; Olgun et al., 2021; Cruvinel et al., 2023).

1. Revisão de Literatura

1.1 Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)

Dentre as espécies frutíferas típicas das regiões do Cerrado brasileiro encontra-se o pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.), cujo fruto é conhecido por nome de pequi, originado da cultura indígena Tupi. Pertencente ao gênero *Caryocar* e à família *Caryocaraceae*. Seu fruto de odor peculiar com coloração amarelo-alaranjado contém compostos antioxidantes naturais, que têm despertado o interesse dos pesquisadores (Oliveira et al., 2006; 2010; Amaral et al., 2014).

Considerado uma planta arbórea perene, quando adulto, o pequizeiro pode ultrapassar 10 m de altura, com safra entre os meses de novembro e fevereiro, e produção aproximada de 6.000 frutos por ano, dependendo das condições climáticas e tipo de solo. A planta é classificada como frutífera ou oleaginosa, em razão das suas características e formas de utilização, e sua produção é fonte de renda para a agricultura de subsistência devido a contribuição comercial, nutricional e gastronômica, possuindo aceitabilidade em várias regiões do Brasil (Oliveira et al., 2008; Rodrigues et al., 2009; Peres et al., 2017).

O pequi é explorado de forma extrativista por cooperativas, sendo fonte de renda nas comunidades, que se beneficiam da comercialização do fruto *in natura*, destinado ao preparo de sucos, sorvetes, licores, geleias e pratos tradicionais, sendo o óleo

fabricado por técnica manual como a fervura e maceração. A comercialização e o valor de venda do fruto vêm aumentando ao longo dos anos, com preço mínimo de R\$ 0,53/kg fixado pela Portaria MDA N° 41, de 02 de janeiro de 2024 (Machado et al., 2013; Silva et al., 2020; CONAB, 2024).

Em 2022, conforme informado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a produção do fruto pequi foi de 47.698 toneladas, sendo o Estado de Minas Gerais o maior produtor (IBGE, 2023). O fruto é composto por exocarpo marrom-esverdeado, mesocarpo externo formado por polpa branca e mesocarpo interno de cor amarela a laranja escuro, e endocarpo espinhoso que protege a semente comestível chamada de amêndoa (Figura 1). O fruto possui teor lipídico superior a 40%, além de proteínas, carboidratos, fibras, cinzas e vitamina C, e geralmente é comercializado na forma de polpa, sendo o restante descartado. A casca externa e o mesocarpo externo representam cerca de 80% do fruto (De Oliveira Sousa et al., 2011; Barroso et al., 2020).

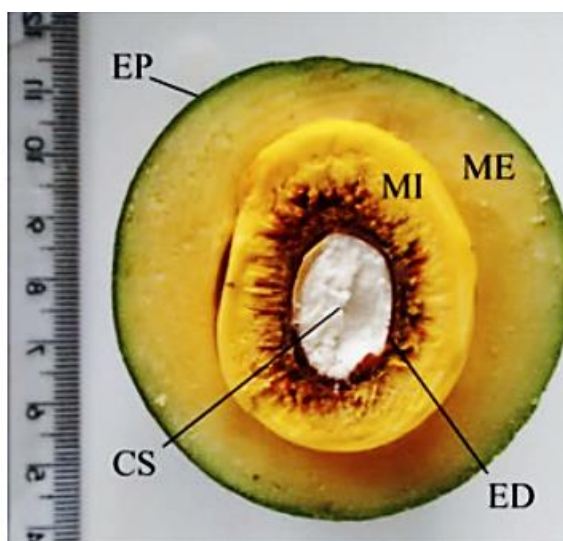


Figura 1. Pequi cortado transversalmente. EP, epicarpo; ME, mesocarpo externo; MI, mesocarpo interno; ED, endocarpo; CS, castanha ou amêndoa) (Fonte: Garcia et al., 2021).

Óleo de pequi

O óleo de pequi pode ser obtido da polpa ou da amêndoa, que apresenta 33,4% e 51,5% de óleo, respectivamente. Além de apresentar aroma, sabor e cor característico da fruta, o óleo de pequi possui alto teor de antioxidantes naturais, como carotenoides, polifenólicos, tocoferóis, ácidos graxos, vitamina C, zinco, magnésio e cálcio (De Lima et al., 2007; Miranda-Vilela et al., 2014; Torres et al., 2016; Traesel et al., 2017; Geöcze et al., 2021; Paula et al., 2022).

Referências Bibliográficas

- Aebersold, R., & Mann, M. (2003). Mass spectrometry-based proteomics. *Nature*, 422, 198-207.
- Almeida, E. C., Faria, V. D., Cirinêu, F. D., Santiago, M. G. A., Miotto, B., Vieira, J. C. S., Braga, C. P., Adamec, J., Fernandes, A. A. H., Buzalaf, M. A. R., & Padilha, P. M., (2024). Metalloproteomic investigation of hg-binding proteins in renal tissue of rats exposed to mercury chloride. *International Journal Molecular Science*, 25, 164.
- Amaral, L. F. B., Moriel, P., Foglio, M. A., & Mazzola, P. G (2014) *Caryocar brasiliense* supercritical CO₂ extract possesses antimicrobial and antioxidant properties useful for personal care products. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 14, 1-7.
- Assunção, A. S.; R. A. Martins, J. C. S. Vieira, L. C. Rocha, F. K. Lima-Krenchinski, M. A. R. Buzalaf, & P. M. Padilha. 2023. *Shotgun* proteomics reveals changes in the pectoralis major muscle of broilers supplemented with passion fruit seed oil under cyclic heat stress conditions. *Food Res. Int.* 167:112731.
- Bittencourt, L. O., Chemelo, V. S., Aragão, W. A. B., Puty, B., Dionizio, A., Teixeira, F. B., Fernandes, M. S., Silva, M. C. F., Fernandes, L. M. P., de Oliveira, E. H. C., Buzalaf, M. A. R., Crespo-Lopez, M. E., Maia, C. do S. F., & Lima, R. R. (2021). From molecules to behavior in long-term inorganic mercury intoxication: unraveling proteomic features in cerebellar neurodegeneration of rats. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(1), 111.
- Bradford, M. M. (1976). A rapid method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248–254.
- Cruvinel, J. M., Groff-Urayama, P. M., Oura, C. Y., Lima-Krenchinski, F. K., Santos, T. S., Souza, B. A., Kadri, S. M., Correa, C.R., Sartori, J. R., & Pezzato, A. C. (2023). Pequi oil (*Caryocar brasiliense* Camb.) attenuates the adverse effects of cyclical heat stress and modulates the oxidative stress-related genes in broiler chickens. *Animals*, 13(2), 1896.
- Frasao, B., Costa, M., Silva, F., Rodrigues, B., Baltar, J., Araujo, J., Moreira, D., Torrezan, R., & Conte-Junior, C. (2018). Effect of pequi (*Caryocar brasiliense*) and

juçara (*Euterpe edulis*) waste extract on oxidation process stability in broiler meat treated by 5 UV-C. *PloS one*, 13, e0208306.

Fu, Y., Ye, T., Liu, Y. X., Wang, J., & Ye, F. (2020). Based on the virtual screening of multiple pharmacophores, docking and molecular dynamics simulation approaches toward the discovery of novel HPPD inhibitors. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(15), 5546.

Gu, Z.; Li, L.; Wu, F.; Zhao, P.; Yang, H.; Liu, Y.; Geng, Y.; Zhao, M.; & Su, L. (2015). Heat stress induced apoptosis is triggered by transcription-independent p53, Ca²⁺ dyshomeostasis and the subsequent Bax mitochondrial translocation. *Scientific Reports*, 5(1), 11497.

He, S., Yu, Q., He, Y., Hu, R., Xia, S., & He, J. (2019). Dietary resveratrol supplementation inhibits heat stress-induced high-activated innate immunity and inflammatory response in spleen of yellow-feather broilers. *Poultry Science*, 98, 6378-6387.

Herrera-Sánchez, M. P., Rodríguez-Hernández, R., & Rondón-Barragán, I. S. (2014). Stress-Related Gene Expression in Liver Tissues from Laying Hens Housed in Conventional Cage and Cage-Free Systems in the Tropics. *Veterinary Medicine International*, 2024(1), 4107326.

Iida, H., & Yahara, I. (1985). Yeast heat-shock protein of M_r 48,000 is an isoprotein of enolase. *Nature*, 315(6021), 688-690.

Ji, X., Li, X., Ma, Y., & Li, D. (2017). Differences in proteomic profiles of milk fat globule membrane in yak and cow milk. *Food Chemistry*, 221, 1822-1827.

Karmakar, A., Das, A. K., Ghosh, N., & Sil, P. C. (2022). Superoxide dismutase. In: *Antioxidants Effects in Health*. Elsevier, pp. 139-166.

Lara, L., & Rostagno, M. (2013). Impact of heat stress on poultry production. *Animals*, 3, 356–369.

Liu, H., Li, N., Zhao, Y., Kang, G. Z., Zhao, Y. H., & Xu, H. W. (2022). Serine hydroxymethyltransferase (SHMT) gene family in wheat (*Triticum aestivum* L.): Identification, evolution, and expression analysis. *Agronomy*, 12(6), 1346.

- Liu, L., He, J., Xie, H., Yang, Y., Li, J., & Zou, Y. (2013) Resveratrol induces antioxidant and heat shock protein mRNA expression in response to heat stress in black-boned chickens. *Poultry Science*, 93, 54-62.
- Livingston, M. L., Pokoo-Aikins, A., Frost, T., Laprade, L., Hoang, V., Nogal, B., Phillips, C., & Cowieson, A. J. (2022). Effect of heat stress, dietary electrolytes, and vitamins E and C on growth performance and blood biochemistry of the broiler chicken. *Frontiers in Animal Science*, 3, 807267.
- Loor, J. J., Lopreiato, V., Palombo, V., & D'Andrea, M. (2023). Physiological impact of amino acids during heat stress in ruminants. *Animal Frontiers*, 13(5), 69-80.
- Luo, Q., Jiang, L., Chen, G., Feng, Y., Lv, Q., Zhang, C., Qu, C., Zu, H., Zhou, B., & Xiao, X. (2011). Constitutive heat shock protein 70 interacts with α -enolase and protects cardiomyocytes against oxidative stress. *Free radical research*, 45(11-12), 1355-1365.
- Ma, B., Zhang, L., Li, J., Xing, T., Jiang, Y., & Gao, F. (2021). Heat stress alters muscle protein and amino acid metabolism and accelerates liver gluconeogenesis for energy supply in broilers. *Poultry science*, 100(1), 215-223.
- Martindale, J. L., & Holbrook, N. J. (2002). Cellular response to oxidative stress: signaling for suicide and survival. *Journal of cellular physiology*, 192(1), 1–15.
- Moran, G. R. (2005). 4-Hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 433(1), 117-128.
- Moscатели, N., Lunetti, P., Braccia, C., Armirotti, A., Pisanello, F., De Vittorio, M., & Ferramosca, A. (2019). Comparative proteomic analysis of proteins involved in bioenergetics pathways associated with human sperm motility. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(12), 3000.
- Oeckl, P., Steinacker, P., Feneberg, E., & Otto, M. (2015). Cerebrospinal fluid proteomics and protein biomarkers in frontotemporal lobar degeneration: Current status and future perspectives. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Proteins and Proteomics*, 1854(7), 757-768.
- Pandey, A., & Mann, M. (2000) Proteomics to study genes and genomes. *Nature*, 405(6788), 837-846.

- Park, J. S., Kang, D. R., & Shim, K. S. (2022). Proteomic changes in broiler liver by body weight differences under chronic heat stress. *Poultry Science*, 101, 01794.
- Paula, D., Da Capela, A., Martins, A. F., Costa, N., Lelis, C. (2022). Biological activities of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) pulp oil. In *Multiple Biological Activities of Unconventional Seed Oils*. Academic Press, 257-267.
- Peng, T., Thinon, E., & Hang, H. C. (2016). Proteomic analysis of fatty-acylated proteins. *Current opinion in chemical biology*, 30, 77-86.
- Pinheiro, A. C., Ombredane, A. S., Pinheiro, W. O., Andrade, L. R., Silva, V. R., Felice, G. J., Alves, D. S., Albernaz, A. F., Silveira, A. P., Lima, M. C. F., Veiga-Junior, V. F., Gomes, T. F. S., Damasceno, E. A. M., Veiga-Souza, F. H., Souza, P. E. N., Bão, S. N., Duarte, E. C. B., Carneiro, M. L. B., Azevedo, R. B., Funez, M. I., & Joanitti, G. A. (2022). Evaluation of Biocompatibility, Anti-Inflammatory, and Antinociceptive Activities of Pequi Oil-Based Nanoemulsions in In Vitro and In Vivo Models. *Nanomaterials*, 12(23), 4260.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R. F., Lopes, D. C., Ferreira, A. S., & Barreto, S. L. T. (2017). *Tabelas Brasileiras Para Aves e suínos: Composição De Alimentos e Exigências Nutricionais*, 4th ed. UFV, Viçosa, p. 488.
- Schneider, K., Nelson, G. M., Watson, J. L., Morf, J., Dalglisch, M., Luh, L. M., & Bertolotti, A. (2020). Protein stability buffers the cost of translation attenuation following eIF2 α phosphorylation. *Cell Reports*, 32(11).
- Shehata, A. M., Saadeldin, I. M., Tukur, H. A., & Habashy, W. S. (2020). Modulation of heat-shock proteins mediates chicken cell survival against thermal stress. *Animals*, 10(12), 2407.
- urai, P. F. (2020). Antioxidants in poultry nutrition and reproduction: An update. *Antioxidants*, 9(2), 105.
- Suraj, J., Kurpińska, A., Sternak, M., Smolik, M., Niedzielska-Andres, E., Zakrzewska, A., Sacha, T., Kania, A., Chlopicki, S., & Walczak, M. (2019). Quantitative measurement of selected protein biomarkers of endothelial dysfunction in plasma by micro-liquid chromatography-tandem mass spectrometry based on stable isotope dilution method. *Talanta*, 194, 1005-1016.

Terrier, B., Degand, N., Guilpain, P., Servettaz, A., Guillevin, L., & Mouthon, L. (2007). Alpha-enolase: a target of antibodies in infectious and autoimmune diseases. *Autoimmunity reviews*, 6(3), 176-182.

Wan, X.; Jiang, L., Zhong, H., Lu, Y.; Zhang, L., & Wang, T. (2017). Effects of enzymatically treated *Artemisia annua* L. on growth performance and some blood parameters of broilers exposed to heat stress. *Animal Science Journal*, 88, 1239-1246.

Wilhelm, M., Schlegl, J., Hahne, H., Gholami, A. M., Lieberenz, M., Savitski, M. M., Ziegler, E., Butzmann, L., Gessulat, S., Marx, H., Mathieson, T., Lemeer, S., Schnatbaum, K., Reimer, U., Wenschuh, H., Mollenhauer, M., Slotta-Huspenina Boese, J., Bantscheff, M., Gerstmair, A., Faeber, F., Kuster, B. (2014). Mass-spectrometry-based draft of the human proteome. *Nature*, 509(7502), 582-587.

Yeo, B. K., & Yu, S. W. (2016). Valosin-containing protein (VCP): structure, functions, and implications in neurodegenerative diseases. *Animal Cells and Systems*, 20(6), 303-309.

Zeferino, C. P., Komiyama C. M., Pelícia, V. C., Fascina, V. B., Aoyagi, M. M., Coutinho, L. L., Sartori, J. R., & Moura, A. S. A. M. T. (2016). Carcass and meat quality traits of chickens fed diets concurrently supplemented with vitamins C and E under constant heat stress. *Animal*, 10, 163-171.

Zeng T., Jiang X., Li J., Wang D., Li G., Lu L., Wang G. (2013). Comparative proteomic analysis of the hepatic response to heat stress in Muscovy and Pekin ducks: insight into thermal tolerance related to energy metabolism. *PloS one*, 8, e76917.

Zeng, T., Cao, Y., Gu, T., Chen, L., Tian, Y., Li, G., & Lu, L. (2021). Alpha-enolase protects hepatocyte against heat stress through focal adhesion kinase-mediated phosphatidylinositol 3-kinase/akt pathway. *Frontiers in Genetics*, 12, 693780.

Zhang, L., Wang, E., Peng, G., Wang, Y., & Huang, F. (2023). Comprehensive proteome and acetyl-proteome atlas reveals hepatic lipid metabolism in layer hens with fatty liver hemorrhagic syndrome. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(10), 8491.