

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

ÓLEO DE SEMENTE DE MARACUJÁ (*Passiflora edulis*) NA
ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

LEONARDO HENRIQUE ZANETTI

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

BOTUCATU - SP
Outubro - 2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

ÓLEO DE SEMENTE DE MARACUJÁ (*Passiflora edulis*) NA
ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

LEONARDO HENRIQUE ZANETTI
Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Sartori

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

BOTUCATU - SP
Outubro - 2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Z28o Zanetti, Leonardo Henrique, 1988-
Óleo de semente de maracujá (*Passiflora edulis*) na alimentação de frangos de corte / Leonardo Henrique Zanetti. - Botucatu: [s.n.], 2018
xiv, 83 f.: grafs., tabs.

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2018
Orientador: José Roberto Sartori
Inclui bibliografia

1. Frango de corte - Alimentação e rações. 2. Maracujá. 3. Antioxidantes. 4. Calor - Efeito fisiológico. 5. Fitoterapia. I. Sartori, José Roberto. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

BIOGRAFIA

LEONARDO HENRIQUE ZANETTI, filho de Neiva Aparecida Zanetti e Jair Zanetti, nasceu em 10 de novembro de 1988, na cidade de Junqueirópolis, Estado de São Paulo - Brasil.

Em dezembro de 2012, concluiu a graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista “*Júlio de Mesquita Filho*” - UNESP / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - FCAT / Dracena/SP - Brasil.

Em março de 2015, concluiu o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Produção Animal na Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR - Brasil.

Em agosto de 2015, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, nível de Doutorado, área de Melhoramento e Nutrição Animal, na Universidade Estadual Paulista “*Júlio de Mesquita Filho*” - UNESP, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - FMVZ / Botucatu/SP - Brasil.

A toda minha família, em especial meus pais,
meus irmãos e à minha noiva por servirem de
exemplo, por todo carinho e incentivo ao longo
desta trajetória.

Com amor, dedico!

AGRADECIMENTOS

A *Deus*, por permitir que eu realize meus sonhos e por me amparar, dar forças e sempre Se fazer presente em todas as etapas de minha vida.

A minha Família, em especial aos meus pais *Jair* e *Neiva Zanetti* e meus irmãos *Ivair* e *Alessandro Zanetti*, pelo apoio incondicional, confiança, educação e por nunca medirem esforços para proporcionar a mim uma ótima formação. A toda a minha família, que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação, em especial a meu querido tio e padrinho *Milton Pereira Brandani (in memoriam)* por todo incentivo aos meus estudos.

A minha noiva, *Patrícia Aparecida Cardoso da Luz*, pelo apoio, companheirismo, paciência, amizade e, principalmente, por toda ajuda nos momentos mais difíceis. Por me ensinar o verdadeiro sentido da palavra “amor” e por nunca desistir dos nossos sonhos.

Às Professoras *Dra Valquíria Cação Cruz-Polycarpo* e *Dra Alice Eiko Murakami*, minhas orientadoras de iniciação científica e mestrado, respectivamente, com as quais aprendi muito do que sei, e por nunca medirem esforços para contribuir com a minha formação.

Ao *Prof. Dr. José Roberto Sartori*, pela oportunidade concedida, pela confiança, por me orientar, ensinar, corrigir e sempre contribuir para meu crescimento profissional.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, em especial a FMVZ - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, a todos seus servidores, professores e alunos.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em especial ao *Prof. Dr. Antônio Celso Pezzato*, *Prof. Dr. Luiz Edvaldo Pezzato*, *Profa Dra Margarida Maria Barros* e *Prof. Dr. Ricardo de Oliveira Orsi*.

Às funcionárias do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia *Cláudia Cristina Moreci*, *Ellen Casseiro Guilhen* e *Seila Cristina Cassinelli Vieira*.

A todos os integrantes do Laboratório de Nutrição de Aves - *LabAves*, alunos de graduação e pós-graduação *Armando Carlos Contin Neto*, *Daniele Santos de Souza*, *Everton Moreno Muro*, *Guilherme Aguiar Mateus Pasquali*, *Gustavo De Martino Barbosa*, *Jéssica Moraes Cruvinel*, *Juliana Célia Denadai*, *Juliana Cristina Ramos Rezende*, *Julianna dos Santos Batistioli*, *Laura Granero*, *Lívia Carrasco Dornelas*, *Mariana Poletto*, *Mayara Rodrigues Santana-Eich*, *Paola Gentile Serpa*, *Priscila Michelin Groff-Urayama*, *Raimundo Gonçalves Ferreira Netto*, *Robert Guaracy Aparecido Cardoso Araujo*, *Tatiane*

Souza dos Santos, a todos vocês meu reconhecimento e gratidão! Sem vocês nada disso seria possível!

Ao funcionário do *LabAves*, *Wanderley Tiago da Silva*, pela amizade e por toda ajuda durante os experimentos.

Às minhas coorientadas de iniciação científica *Laura Granero* e *Mariana Poletto*, por abraçarem junto a mim a ideia deste projeto, por todo empenho, esforço e dedicação na execução dos experimentos e das análises laboratoriais.

Ao Laboratório de Nutrição e Saúde de Organismos Aquáticos - *AquaNutri*, em especial a *Profa Dra Margarida Maria Barros* e aos alunos de pós-graduação *Hinglidj Müller*, *Igor Simões*, *Matheus Guimarães* e *Willian Xavier*, pelo uso do laboratório e por toda ajuda na realização das análises.

Ao Laboratório de Qualidade de Carne do Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia FCA, UNESP - Botucatu, em especial ao Professor *Dr. Roberto de Oliveira Roça* e aos alunos de pós-graduação *Bruno Lala da Silva*, *Carolina Toledo dos Santos*, *Nara Laiane Casagrande Delbem*, *Nataly Chimini Sobral* e aos estagiários do laboratório.

À Fábrica de Ração da Unesp de Botucatu, em especial aos funcionários *Adriano*, *Alexandre*, “*Nico*” e *Michel*.

À *Profa Dra. Maria Márcia Pereira Sartori* do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal - FCA, pela contribuição e ajuda nas análises estatísticas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, durante o período de agosto/2015 a novembro/2016.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - *FAPESP* pela bolsa fornecida (Processo N° 2016/01280-5) durante o período de dezembro/2016 a julho/2018 e pelo auxílio a pesquisa (Processo N° 2016/18385-4), fundamentais para a execução dos experimentos e análises laboratoriais.

Aos animais, aos quais dedicamos nossa profissão, nossos conhecimentos e com os quais sempre temos o que aprender. Em especial, à *Mel* e *Nero* meus fiéis companheiros.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos vocês, muito obrigado!

“Ninguém é suficientemente perfeito, que não possa aprender com o outro e, ninguém é totalmente destituído de valores que não possa ensinar algo ao seu irmão.”

São Francisco de Assis

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	01
1. INTRODUÇÃO.....	02
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 Situação atual da avicultura no Brasil	03
2.2 Uso de subprodutos na alimentação de frangos de corte.....	04
2.3 Produção e processamento do maracujá amarelo (<i>Passiflora edulis</i>)	06
2.4 Resíduo da semente de maracujá.....	07
2.5 Óleo da semente de maracujá	08
2.6 Uso de aditivos fitogênicos na alimentação de frangos de corte	12
2.6.1 Sistema antioxidante x sistema imunológico das aves	13
2.6.2 Oxidação lipídica da carne	17
2.6.3 Estresse térmico das aves	18
3. REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO II.....	32
Resumo	33
Abstract.....	34
Introdução.....	35
Material e Métodos.....	36
Resultados	42
Discussão	43
Referências	46
CAPÍTULO III	61
Resumo	62
Abstract.....	63
Introdução.....	64
Material e Métodos.....	65
Resultados.....	68
Discussão	69
Referências	71
CAPÍTULO IV	82
Implicações.....	83

LISTA DE TABELAS

Capítulo II

- Tabela 1.** Caracterização e determinação do potencial antioxidante do óleo da semente de maracujá.....51
- Tabela 2.** Composição porcentual e nutricional calculada da ração referência.....52
- Tabela 3.** Composição porcentual e nutricional calculada das dietas experimentais (Pré-inicial e inicial)53
- Tabela 4.** Composição porcentual e nutricional calculada das dietas experimentais (Crescimento e final).....53
- Tabela 5.** Desempenho de frangos de corte machos de 1 a 21 e 1 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.....55
- Tabela 6.** Rendimento de carcaça e cortes (%) de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.....55
- Tabela 7.** Peso relativo de órgãos (%) de frangos de corte machos de 1 a 21 e 1 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.....56
- Tabela 8.** Colesterol total (mg/dL), triglicerídeos (mg/dL) e TBARS plasmáticos (μmol de MDA/L) de frangos de corte machos aos 21 e 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.....56
- Tabela 9.** Valores de títulos de anticorpos de frangos de corte vacinados contra o vírus da Doença de *Newcastle*, expresso em médias geométricas (GMT), alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá57
- Tabela 10.** Valores hematológicos (%) e relação heterófilo:linfócito (H:L) de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.....57
- Tabela 11.** Valores de superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutational peroxidase (GPx) no fígado de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá58
- Tabela 12.** Frequência (%) do comportamento de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de óleo da semente de maracujá aos 36 dias de idade no período de temperatura mínima e máxima do dia58

Tabela 13. Resistência de pele (kg) e parâmetros de qualidade de carne do peito de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.....	59
Tabela 14. Valores de TBARS (mg de MDA/kg) na carne de peito de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá em diferentes períodos de armazenamento.....	59

Capítulo III

Tabela 1. Caracterização e determinação do potencial antioxidante do óleo da semente de maracujá.....	75
Tabela 2. Temperaturas (°C) preconizadas para as câmaras termoneutra e de estresse cíclico.....	75
Tabela 3. Composição percentual e nutricional calculada das dietas experimentais pré-inicial (1 a 7), inicial (8 a 21) e crescimento (22 a 35 dias de idade)	76
Tabela 4. Desempenho de frangos de corte machos de 1 a 21 e 1 a 35 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá, criados em diferentes temperaturas	77
Tabela 5. Colesterol total (mg/dL), triglicerídeos (mg/dL) e TBARS plasmáticos (µmol de MDA/L) de frangos de corte machos aos 21 e 35 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.....	77
Tabela 6. Valores de títulos de anticorpos de frangos de corte vacinados contra o vírus da Doença de <i>Newcastle</i> , expresso em médias geométricas (GMT), alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá	78
Tabela 7. Valores hematológicos (%) e relação heterófilo:linfócito (H:L) de frangos de corte aos 35 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá	78
Tabela 8. Atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutational peroxidase (GPx) no fígado de frangos de corte aos 35 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá	79

Tabela 9. Desdobramento da interação entre temperatura e níveis de inclusão do óleo da semente de maracujá da enzima superóxido dismutase (SOD) de frangos de corte machos de aos 35 dias de idade	79
Tabela 10. Peso relativo de órgãos (%) de frangos de corte machos aos 21 e 35 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá, criados em diferentes temperaturas	80
Tabela 11. Desdobramento da interação entre temperatura e níveis de inclusão do óleo da semente de maracujá do peso relativo de bursa de Fabricius (%) de frangos de corte machos de aos 21 dias de idade	81

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

- Figura 1.** Fluxograma do processamento do maracujá (Adaptado de OLIVEIRA et al., 2002)07
- Figura 2.** Fluxograma do processamento do óleo da semente do maracujá (Adaptado de EMBRAPA, 2012).....09

Capítulo II

- Figura 1.** Desdobramento da oxidação lipídica na carne de frangos de corte alimentados com níveis de óleo da semente de maracujá.60

Óleo de semente de maracujá (*Passiflora edulis*) na alimentação de frangos de corte

RESUMO: A utilização de produtos fitogênicos tem aumentado na avicultura industrial, buscando alternativas à utilização de antibióticos e, dentre os produtos utilizados, encontra-se o óleo da semente de maracujá (OSM). Dessa forma, foram realizados três estudos com objetivo de avaliar comportamento, desempenho, saúde e qualidade de carne de frangos de corte alimentados com o OSM. Estudo I - foram utilizados 70 frangos de corte machos, Cobb, com 21 dias de idade, distribuídos em gaiolas de metabolismo, em um delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos, sete repetições e cinco aves por unidade experimental. Para determinar a energia metabolizável do OSM foi utilizado o método de coleta total de excretas. Os tratamentos foram: ração referência e ração com 10% de substituição por OSM. A energia bruta do OSM foi de 9.837kcal e 9.378 kcal/kg de EMA. Estudo II - foram utilizados 1.680 frangos de corte, Cobb, machos, criados de 1 a 42 dias de idade em galpão climatizado com ventilação negativa, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos: controle positivo e negativo (com e sem antibiótico, respectivamente) e cinco níveis de inclusão de OSM (0,10; 0,20; 0,30; 0,40 e 0,50%) com oito repetições. Não foi observada diferença para o desempenho das aves no período de 1 a 21 dias, já para o período de 1 a 42 dias houve melhora linear para conversão alimentar com a inclusão do OSM. Não foi encontrada diferença para rendimento de carcaça e cortes, foi encontrado melhora na qualidade da pele das aves que receberam OSM, apresentando maior resistência. Quanto ao peso relativo de órgãos não foi observada diferença. Em relação aos parâmetros sanguíneos, houve diminuição no colesterol e oxidação lipídica. Não foi encontrado efeito nas atividades do sistema antioxidante e no comportamento das aves. A inclusão do óleo da semente do maracujá apresenta ação benéfica para saúde das aves, sendo que níveis de inclusão na ração acima de 0,3% mostram-se eficientes. Estudo III - Foram utilizados 480 pintos de 1 dia de idade, machos, da linhagem Cobb, alojadas em gaiolas de arame galvanizado, munidas com comedouros frontais tipo calha e bebedouros tipo nipple, em duas câmaras climáticas: termoneutra e estresse cíclico pelo calor, com 48 gaiolas cada, com cinco aves/gaiola. O delineamento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6 (duas temperaturas: termoneutra e estresse cíclico pelo calor, e seis dietas: controle + cinco níveis de inclusão de OSM: 0,10; 0,20; 0,30; 0,40 e 0,50%) com oito repetições com cinco aves cada. As

rações experimentais formuladas a base de milho e farelo de soja foram desprovidas de antibióticos como melhorador desempenho, sendo utilizado anticoccidiano em todos os tratamentos. Foi observado efeito da temperatura aos 21 dias de idade para o consumo de ração, ganho de peso corporal e conversão alimentar. Já aos 35 dias, somente para o ganho de peso e a conversão alimentar. Quanto ao peso relativo de órgãos, houve interação entre temperatura e inclusão de OSM para peso de bursa aos 21 dias e efeito da temperatura aos 35 dias para peso de baço e fígado. Houve efeito da temperatura para níveis plasmáticos de colesterol e triglicerídeos e efeito dos níveis de inclusão de OSM para oxidação sanguínea. Houve interação para atividade da enzima SOD, sendo que os níveis mais altos de inclusão de OSM proporcionaram maior atividade desta enzima. A inclusão do óleo da semente do maracujá apresenta ação antioxidante benéfica para saúde das aves, sendo que níveis de inclusão na ração acima de 0,3% mostram-se eficientes.

Palavras-chave: antioxidante, calor, digestibilidade, fitogênicos

Passion fruit seed oil (*Passiflora edulis*) in feed for broiler

ABSTRACT: The use of phytogetic products has increased in the poultry industry, searching for alternatives to the use of antibiotics and, among the products used, is the passion fruit seed oil (OSM). Thus, three studies were carried out to evaluate behavior, performance, health and meat quality of broiler chickens fed with OSM. Study I - 70 Cobb male broilers, 21-d old, distributed in metabolism cages were used in a completely randomized design with two treatments, seven replicates and five birds per experimental unit. To determine the metabolizable energy of the OSM, the total excreta collection method was used. The treatments were: reference diet and diet with 10% replacement of OSM. The crude energy of the OSM was 9,837 kcal and 9,378 kcal / kg of AME. Study II - 1,680 Cobb male broilers, created from 1 to 42-d old with negative ventilation, were distributed in a completely randomized design with seven treatments: positive and negative controls (with and without antibiotics, respectively) and 5 inclusion levels of OSM (0.10; 0.20; 0.30; 0.40 and 0.50%) with eight replicates. No difference was observed in the performance of the birds in the period from 1 to 21 days. for the period from 1 to 42 days, a linear improvement in feed conversion was observed as the inclusion of OSM was increased. No difference in carcass yield and cuts was observed, an improvement in the skin quality of the birds was observed, presenting better resistance. As for the relative weight of organs, no difference was found. As for the blood parameters, a decrease in cholesterol and lipid oxidation was observed. The effect on the activities of the antioxidant system and on the behavior of the birds was not observed. The inclusion of passion fruit seed oil has a beneficial effect on bird health, with levels of inclusion in the diet above 0.3% being efficient. Study III - 480 Cobb male broilers with 1-d old housed in galvanized wire cages, in two climatic chambers: thermoneutral and cyclic heat stress, with 48 cages each, with 5 birds/cage. The design was completely randomized, in a 2 x 6 factorial arrangement (two temperatures: thermoneutral and cyclic heat stress, and six diets: control + five levels of OSM: 0.10; 0.20; 0.30; 0.40 and 0.50%) with eight replicates with five birds each. The experimental diet was devoid of antibiotics as performance improver, and anticoccidial was used in all treatments, based on corn and soybean meal. It was observed a temperature effect at 21 days for feed intake, body weight gain and feed conversion. At 35 days for weight gain and feed conversion only. As for the relative weight of organs, there was interaction for bursa weight at 21 days and temperature effect at 35 days for spleen and liver weight. It was observed temperature effect for the variables cholesterol

and triglycerides serum and effect of inclusion levels of the OSM for blood oxidation. There was interaction for analysis of SOD, the higher levels of OSM inclusion had higher antioxidant activity. The inclusion of passion fruit seed oil presents a beneficial antioxidant action for bird health, with levels of inclusion in the diet above 0.3% being efficient.

Key words: antioxidant, heat, digestibility, phytochemicals

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a avicultura consolidou-se como importante atividade no setor socioeconômico nacional. O Brasil, sendo um importante produtor e maior exportador mundial de carne de frango, patamar atingido desde 2004, alcança cada vez mais status no contexto do agronegócio, principalmente devido à grande competitividade e pela conquista de mercado em relação às demais atividades (NICOLAU et al., 2011).

O dinamismo desta cadeia é devido aos avanços obtidos nas áreas da biotecnologia, controle sanitário, desenvolvimento de linhagens e, sobretudo, na necessidade do fornecimento de dietas de maior precisão que propiciam melhoria na taxa de conversão alimentar e obtenção de aves mais pesadas em menor intervalo de tempo (OLIVEIRA et al., 2012; QUEIROZ et al., 2013).

Dentro desse contexto, a principal preocupação na cadeia avícola, está quase sempre voltada à alimentação desses animais, uma vez que os custos dessa estão em cerca de 70% a 80% dos gastos produzidos (TEIXEIRA et al., 2005).

Sabe-se que os ingredientes base da alimentação nesses sistemas são o milho e o farelo de soja, utilizados como fontes principais de energia e proteína, respectivamente. No entanto, a sazonalidade desses produtos, atrelada às peculiaridades regionais, a competitividade com a alimentação humana e o amplo uso pelos vários ramos da indústria, tornam a produção susceptível a variações dos preços impostos pelo mercado e pelas diferentes regiões do país (SANTOS e GRANGEIRO, 2012).

Em função da importância que a alimentação representa nos custos de produção, cada vez mais buscam-se fontes de alimentos alternativas na alimentação animal. Esses alimentos conhecidos como subprodutos, provenientes das indústrias brasileiras de polpas de frutas, não somente possuem função de baratear o custo da ração, mas vão de encontro aos anseios das políticas públicas na luta pela preservação ambiental, se apresentando como ponto chave para uma avicultura sustentável, na qual, se utilizam resíduos que poderiam ser descartados como lixo orgânico, para a produção de proteína animal de alto valor biológico (NASCIMENTO, 2015).

O maracujá, cuja produção brasileira tem lugar de destaque mundial, tem como principais subprodutos da extração do suco, a casca e as sementes, que correspondem a 65 a 70% do peso do fruto (OLIVEIRA et al., 2002). O resíduo da casca e das sementes do maracujá avaliados na dieta de frangos de corte e poedeiras apresentaram benefícios na saúde desses animais pelas suas propriedades antioxidantes e por contribuir com a

qualidade da carne com aumento significativo de ácidos graxos insaturados nos músculos da perna. Em contrapartida, foram prejudiciais à qualidade intestinal pelo fato de apresentar alto nível de fibra, principalmente pectina (TOGASHI et al., 2007; ZANETTI et al., 2016; ZANETTI et al., 2017).

Dessa forma, uma alternativa para continuar se beneficiando das propriedades do resíduo do maracujá sem que haja prejuízos na qualidade intestinal, seria a extração do óleo da sua semente, o qual tem por finalidade a utilização deste subproduto separado das fibras que compõem a semente. Esse óleo, extraído das sementes da fruta, possui textura leve, alto teor de ácido linolênico, além de grande quantidade de carotenoides (75,63 mg de β -caroteno/100g de óleo), vitamina C, vitamina A, vitamina E e várias vitaminas do complexo B, bem como sais minerais, como fósforo, zinco e ferro (LEONEL et al., 2000; SANTANA et al., 2015).

Devido à sua ação antioxidante, a qual pode atuar na saúde e, conseqüentemente, desempenho das aves e na qualidade da carcaça e da carne pelo fato de diminuir a oxidação lipídica, o óleo da semente de maracujá pode ser considerado um aditivo fitogênico. Aditivos fitogênicos são produtos compostos por óleos essenciais e/ou extratos vegetais utilizados nas rações para melhorar o desempenho animal, sem ação de medicamento (SARTORI et al., 2009). Tendo em vista a liderança das exportações brasileiras para países que proíbem a utilização de antibióticos, a utilização desses aditivos podem ser a chave para que o setor avícola se modernize, com potencial oferta de produtos ambientalmente adequados, produzidos nos pilares da sustentabilidade animal.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a energia metabolizável aparente (EMA) e os efeitos da adição de óleo da semente de maracujá na alimentação de frangos de corte sobre as características de desempenho produtivo, estresse oxidativo, qualidade e oxidação da carne e comportamento dos animais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Situação atual da avicultura no Brasil

A avicultura brasileira tem se desenvolvido de forma consolidada nos últimos anos, chegando a produções que asseguram ao país posição de destaque no cenário mundial. Em 2017, a produção brasileira de carne de frango alcançou 13,612 milhões de toneladas, o que consolidou o país como o segundo maior produtor de carne dessa espécie do mundo,

superando a China e se mantendo como líder em exportação desse mesmo produto (AVISITE, 2018). Essa evolução tem como suporte a melhoria constante das linhagens, técnicas de manejo, sanidade, nutrição, ambiente, comercialização, entre outras (PUCCI et al., 2010), resultando em um frango de corte precoce e com grande eficiência para converter diferentes alimentos em proteína animal (BORGES et al., 2003).

Quanto ao consumo, atualmente a carne de frango é a mais consumida no Brasil, seguida pela carne bovina e suína, e a segunda mais consumida no mundo. No ano de 2016 o consumo per capita de carne de frango no Brasil foi de 46,1 kg/hab, com estimativa de aumento para 46,8 kg/hab em 2017 (ANUALPEC, 2017). Este fato pode ser atribuído à imagem saudável que o produto apresenta, aliado à sua boa aceitação na maioria das culturas e religiões, bem como seu preço acessível em comparação às outras carnes (IPARDES, 2002).

Nesse cenário, os olhares, tanto de produtores como de pesquisadores, estão quase sempre voltados à alimentação desses animais, uma vez que os custos dessa estão em cerca de 70% a 80% dos gastos produzidos (TEIXEIRA et al., 2005). Assim, a procura por alternativas capazes de priorizar a sustentabilidade da produção, aliadas ao barateamento das rações dessa espécie devem ser cada vez mais incentivadas, sobretudo com destaque à utilização dos subprodutos, os quais são pontos chave para o desenvolvimento de uma avicultura sustentável no século XXI.

2.2 Uso de subprodutos na alimentação de frangos de corte

A cadeia de produção avícola nacional constituiu-se atividade de grande importância econômica no setor agropecuário brasileiro, que mais evoluiu nas últimas três décadas, alcançando cada vez mais status no contexto do agronegócio, principalmente devido à grande competitividade e conquista de mercado em relação às demais atividades (NICOLAU et al., 2011). Essa crescente demanda no setor avícola, acrescida dos grandes avanços obtidos na área da genética dos animais, trouxe consigo a necessidade do fornecimento de dieta de maior precisão, visando atender as exigências nutricionais das atuais linhagens de frangos de corte, por meio da formulação de rações de custo mínimo (NASCIMENTO, 2015).

O milho e o farelo de soja são os ingredientes vegetais mais utilizados nas dietas das aves, devido aos seus valores nutricionais e a disponibilidade no mercado. Entretanto, esses ingredientes bases que compõe essas rações apresentam oscilações constantemente no mercado que promovem altos custos na produção. Segundo Cunha et al. (2006), os

maiores custos na nutrição avícola se devem a vários fatores, dentre eles a preocupação mundial quanto a produção e disponibilidade de alimentos, principalmente os comuns aos homens e animais.

Assim, o contexto da crescente demanda por proteína animal com qualidade e custo baixo para o mercado consumidor impulsionou as pesquisas na avicultura a buscar pela utilização de subprodutos na alimentação desses animais, as quais comprovaram que estes podem ser utilizados em não ruminantes, por não prejudicarem o desempenho dos mesmos (TRINDADE NETO et al., 2004; RAMOS et al., 2006; TOGASHI et al., 2008; VIEIRA et al., 2008; ZANETTI et al., 2014; ZANETTI, et al., 2016; ZANETTI, et al., 2017).

Além disso, a utilização de subprodutos agroindustriais vem ao encontro dos anseios das atuais políticas ambientais que, de forma crescente e com tendência a se fortalecer cada vez mais, vêm acompanhando de perto a eliminação de produtos potencialmente poluentes pelas indústrias (MENEGETTI e DOMINGUES, 2008). Do mesmo modo, agregar valor a esses subprodutos, diminui a competição por alimentos entre a população humana e a produção animal, pela produção de fontes de proteínas de alta qualidade a partir de resíduos não utilizáveis na alimentação humana (NASCIMENTO, 2015).

As indústrias brasileiras de polpas de frutas estão entre as que mais produzem resíduos, os quais têm contribuído para o aumento da produção de lixo orgânico, provocando vários problemas ambientais. Conhecer essas plantas e aplica-las em sistemas produtivos consolidados, como é o caso da produção animal, traz benefícios para ambas as partes (OLIVEIRA, 2015).

Os resíduos de frutas tropicais podem apresentar altos níveis de compostos bioativos (vitaminas, minerais, antioxidantes e fibras alimentares), que apresentam efeitos positivos para a saúde e podem contribuir para a prevenção de algumas doenças como: câncer, doenças cardiovasculares, diabetes, entre outras (VIUDA-MARTOS et al., 2010; AYALA-ZAVALA et al., 2011). Dependendo da disponibilidade e tecnologia adequada, estes resíduos podem ser convertidos em produtos comerciais, como matéria-prima para processos secundários, tornando-se fontes de exploração ou como novos ingredientes (SÁNCHEZ-ZAPATA et al., 2011). Soma-se ainda, a busca incessante por substitutos dos produtos sintéticos utilizados em rações e que, cada vez mais, apresentam-se restringidos pelos países importadores de produtos de origem animal, produzidos no Brasil. Os produtos naturais têm papel de destaque nesse processo (OLIVEIRA, 2015).

O maracujá, cuja produção se concentra basicamente na América do Sul, sendo o Brasil, Colômbia, Peru e Equador os maiores exportadores (IBGE, 2016), possui em sua composição quantidades de polifenóis, principalmente os flavonoides, vitamina C e carotenoides (HEIM et al., 2002). Muitos destes compostos exibem propriedade antioxidante ao combate de radicais livres, fortalecendo o sistema imunológico, auxiliando no combate as infecções, e aumentando a absorção de minerais como ferro, zinco e magnésio, impedindo a perda de ferro dos animais (SANTANA et al., 2015).

2.3 Produção e processamento do maracujá amarelo (*Passiflora edulis*)

Originário de regiões tropicais, o maracujá encontra no Brasil condições excelentes para seu cultivo. O gênero *Passiflora* possui mais de 400 espécies, sendo cerca de 120 nativas do Brasil, entretanto o maracujá-amarelo ou azedo (*Passiflora edulis*), representa mais de 95% dos pomares, devido à qualidade dos seus frutos, produtividade e rendimento (MELETTI et al., 2002).

No ano de 2014, o país produziu cerca de 823,3 mil toneladas de maracujá, que ocupou a área de 57 mil hectares, com produção média de 14,48 toneladas/hectare. A região nordeste é uma grande produtora, com mais de 71% da produção nacional, equivalente a 583,6 mil toneladas do fruto produzido, seguida pela região sudeste, com 16,31% da produção nacional (AGRIANUAL, 2018).

A principal forma de comercialização do maracujá é como suco, sendo as cascas e as sementes os principais subprodutos resultantes de seu processamento (Figura 1) e, como o volume de produção da polpa é grande, os resíduos acabam por apresentar inúmeras toneladas. Além disso, as cascas e as sementes resultantes de processamento do maracujá podem representar até 70% do peso do fruto e, na maioria das vezes, não são aproveitadas, podendo tornar-se grande problema de resíduo agroindustrial (OLIVEIRA et al., 2002). Assim, agregar valor é de interesse econômico, científico, tecnológico e ambiental (FERRARI et al., 2004).

Para aproveitar o resíduo da semente, após a separação da polpa, é realizada a secagem do material e, em seguida, é submetido ao processo de moagem, obtendo-se assim, o resíduo da semente do maracujá disponível para ser utilizado diretamente na ração (TOLENTINO e GOMES, 2009).

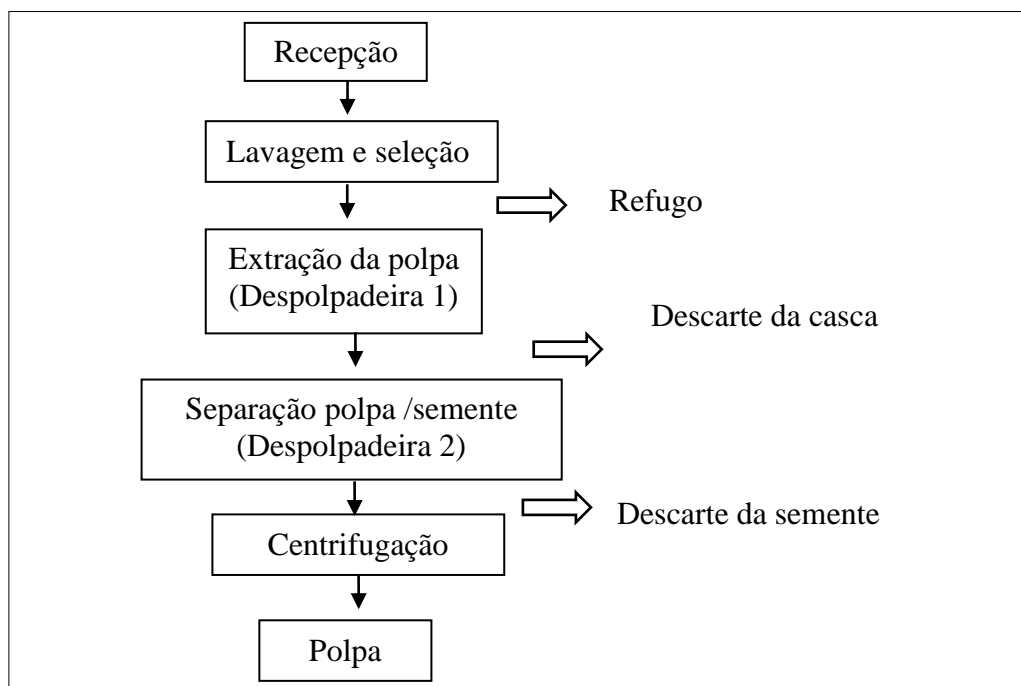


Figura 1. Fluxograma do processamento do maracujá (Adaptado de OLIVEIRA et al., 2002).

2.4 Resíduo da semente de maracujá

A semente do maracujá é considerada boa fonte de ácido graxo essencial (LOPES et al., 2010). Malacrida e Jorge (2012) encontraram valores de 87,59% de ácidos graxos insaturados e, destes, 73,14% são de linoleico, 13,83% de oleico e 0,41% de linolênico. Chau e Huang (2004) verificaram que as sementes cruas de *P. edulis* (variedade não especificada) são ricas em lipídeos, fibras dietéticas insolúveis, contendo pequena quantidade de fibras dietéticas solúveis, proteínas, cinzas e carboidratos. Muitos estudos indicaram a presença de substâncias polifenólicas (ZERAİK et al., 2010), ácidos graxos poli-insaturados (KOBORI e JORGE, 2005) e fibras (CÓRDOVA et al., 2005), entre outras classes de substâncias. A existência destas substâncias no fruto pode indicar o potencial do maracujá como alimento funcional. López-Vargas et al. (2013) destacaram que o resíduo de maracujá obtido a partir da polpa e sementes destinadas a produção de suco, pode ser utilizado como ingrediente alimentar alternativo devido à sua funcionalidade como antioxidante e antibacteriano.

Outra propriedade presente nas sementes do maracujá são os flavonoides que, nas espécies de *Passiflora*, são principalmente do tipo C-glicosídeos (DHAWAN et al., 2004). Zucolotto et al. (2006) relataram a presença de flavonoides de C-glicosídeos no pericarpo, mesocarpo e na casca dos frutos maduros do *P. edulis*. Zeraik et al. (2010)

observaram que o teor de flavonoides totais na polpa do *P. edulis* foi significativa em comparação com outras bebidas que são fontes de flavonoides, como suco de laranja e caldo de cana.

Zanetti et al. (2016; 2017) trabalhando com a inclusão do resíduo da semente de maracujá em níveis na alimentação de frangos de corte e poedeiras comerciais observaram efeito benéfico no desempenho e diminuição dos níveis séricos de triglicerídeos e colesterol, além de aumentar o tempo de vida útil da carne e ovos atuando como antioxidante natural. Entretanto, o alto nível de fibra encontrado no resíduo prejudicou a qualidade intestinal dos animais. Nessas pesquisas, como observado, o resíduo da semente do maracujá foi capaz de promover benefícios na saúde dos frangos de corte e poedeiras pelas suas propriedades antioxidantes. Em contrapartida, pode prejudicar a qualidade intestinal pelo fato de apresentar alto nível de fibra, principalmente pectina.

Dessa forma, se faz necessário buscar alternativas a este beneficiamento, para que promova aumento desses benefícios e diminuição desse inconveniente. Assim, uma opção seria a extração do óleo da semente de maracujá, o qual tem por finalidade a utilização deste subproduto separado das fibras que compõem a semente, diminuindo assim, os problemas encontrados nos trabalhos citados anteriormente.

2.5 Óleo da semente de maracujá

A utilização de promotores de crescimento à base de agentes antibacterianos na dieta é prática frequente e rotineira na avicultura por propiciar maior desempenho produtivo. No entanto, o uso desses antibióticos vem sofrendo restrições nos últimos anos, devido à possibilidade de seleção de microrganismos resistentes, desenvolvimento de resistência bacteriana cruzada em humanos e, principalmente, à exigência de produtos livres de resíduos de antibióticos pelo mercado consumidor (BUTAYE et al., 2003; SALEHA et al., 2009).

Como alternativa tem-se a substituição por metabólitos secundários de plantas como os óleos essenciais, em função do potencial antimicrobiano (FARAG et al., 1989; KAMEL, 2000; TZAKOU et al., 2001), além das funções imunomoduladoras (MELLOR, 2000), antioxidante e de conservação dos alimentos (FARAG et al., 1989; BOTSOGLU et al., 2002).

Oriundo das sementes, o óleo da semente do maracujá é desprovido da parte fibrosa da semente, sendo que após seu processamento são originados dois novos produtos, o óleo e a torta da semente de maracujá. O processamento é realizado por

prensagem a frio das sementes obtidas de empresas que produzem o suco da fruta (Figura 2) e, como é feita a frio, consegue passar para o óleo todos os ácidos graxos e as propriedades medicinais contidas nas sementes. Esse óleo, extraído das sementes da fruta, possui textura leve, alto teor de ácido linoleico (55 a 66%), oleico (18 a 20%) e ácido palmítico (10 a 14%), grande quantidade de carotenoides (75,63 mg de β -caroteno/100g de óleo), vitamina C, vitamina A, vitamina E e várias vitaminas do complexo B, bem como sais minerais, como fósforo, zinco e ferro (SANTANA et al., 2015).

O óleo das sementes de maracujá possui coloração amarela, sabor agradável e odor suave, com as seguintes características físico-químicas: baixa secatividade, médio índice de saponificação e baixa estabilidade, sendo suscetível a rancidez oxidativa devido ao conteúdo de ácido linoleico (SANTANA et al., 2015). Esse óleo, pode ainda ser utilizado para fabricação de sabonetes, tintas, vernizes e, após refinação ou hidrogenação, para fins comestíveis (MEDINA et al., 1980).

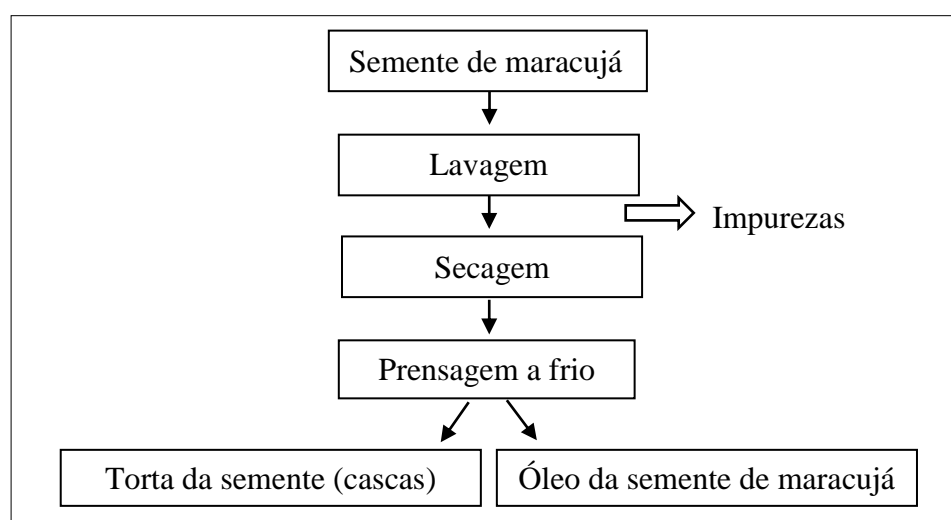


Figura 2. Fluxograma do processamento do óleo da semente do maracujá (Adaptado de EMBRAPA, 2012).

Ácidos graxos ômega 3, 6 e 9 são encontrados em grande quantidade no óleo da semente de maracujá. Os ácidos graxos, principalmente os ômega-3 e ômega-6 estão presentes tanto em espécies vegetais como animais empregadas na alimentação humana e animal. Nas hortaliças, o ômega-6 é encontrado em maior quantidade em espécies com folhas de coloração verde-escura, por ser importante componente da fração dos lipídios

polares contidos nos cloroplastos. Também ocorre em alguns cereais e leguminosas, sendo a sua concentração dependente da espécie e de fatores sazonais. No reino vegetal, os ácidos graxos ômega-3 são encontrados em plantas inferiores, que se desenvolvem principalmente em ambientes aquáticos marinhos (SIMOPOULOS, 2002).

A essencialidade dos ácidos graxos ômega-3 demorou a ser caracterizada pela dificuldade em estudar seus efeitos nos modelos animais e pelo fato de somente ter sido evidenciada em humanos quando começaram a administrar dietas parenterais suplementadas com AG ômega-6.

Os principais ácidos graxos ômega-3 são o ácido linolênico 18:3, o ácido eicosapentaenoico (EPA) 20:5 e o ácido docosahexaenóico (DHA) 22:6, enquanto os principais n-6 são o ácido linoléico 18:2 e o ácido araquidônico 20:4 (KINSELLA, 1990; MAYSER et al., 1998).

O ômega-9 (ácido oleico 18:1) confere proteção contra a peroxidação lipídica diferente dos ácidos graxos poliinsaturados como linolênico, EPA, DHA que contêm 4, 5 e 6 duplas ligações, respectivamente, e são menos estáveis (CURI et al., 2002). O uso de formulações ricas em lipídios na forma monoinsaturada, comparado ao uso de poliinsaturados evidenciou menor resposta inflamatória e menor produção de radicais livres com fórmula rica em monoinsaturados (CURI et al., 2002).

Tanto o ômega 9, como o ômega-3, são capazes de estimular a proliferação de células epiteliais *in vitro* (RUTHIG e MECKLING-GILL, 1999). Também há relatos na literatura mostrando o envolvimento desses ácidos graxos em funções cruciais do processo inflamatório, como a contração vascular, quimiotaxia, adesão, migração e ativação celular (Cardoso et al., 2004). Além disso, o ômega 3 é o principal ácido graxo na epiderme, e tem função importante na manutenção da barreira de permeabilidade, maturação, diferenciação da camada córnea, formação e secreção de corpos lamelares (PEREIRA et al., 2008).

Os efeitos benéficos dos ômega 3 e 6 na pele após ingestão na dieta, ou como suplementação, já estão bem definidos, entretanto poucos trabalhos relatam os efeitos da utilização tópica dos ácidos graxos essenciais. Alguns trabalhos têm apontado que estes ácidos, podem ser utilizados topicamente tanto na cicatrização de feridas como na profilaxia de úlceras de pressão, formando uma película protetora sobre a pele (CARDOSO et al., 2004).

Também são encontrados princípios antioxidantes, que evitam o envelhecimento precoce das células e combatem o estresse oxidativo. A peroxidação lipídica pode ser

induzida pela formação de radicais livres e/ou espécies reativas de oxigênio, processo denominado estresse oxidativo (HALLIWELL e CHIRICO, 1993). A utilização de antioxidantes para tratar e controlar processos de oxidação de lipídios e proteínas vem sendo preconizada na alimentação de frangos, principalmente o uso de antioxidantes naturais (LAGOURI e BOSKOU, 1995), como os óleos essenciais, pois o uso de antioxidantes sintéticos na nutrição animal vem sofrendo restrições (VALENZUELA et al., 2003).

Além disso, muitas espécies do gênero *Passiflora* são usadas com fins terapêuticos na medicina, em que são recomendadas para ansiedade, insônia, epilepsias, febre, cefaleia, nevralgia, tosse, asma, bronquite, palpitação, taquicardia, diarreia, disenteria e dor abdominal. Loções e cataplasmas são indicados para infecções e inflamações cutâneas (CORRÊA, 1984; CRUZ, 1995). Com relação à espécie *Passiflora edulis* foram constatadas atividades farmacológicas referentes ao sistema nervoso: sedativa, hipnótica, analgésica, antipirética e parassimpácolítica (MALUF et al., 1991; SILVA e FREIRE, 2000).

No Brasil, a referida espécie, conhecida como “maracujá” tem sido utilizada como ansiolítico, sedativo, diurético e analgésico. *Passiflora edulis* foi usado como sedativo, diurético, anti-helmínticos, antidiarreico, estimulante, tônico e também no tratamento de hipertensão, sintomas da menopausa e cólica de bebês na América do Sul (KIRTIKAR e BASU, 1975).

Atualmente, o óleo da semente de maracujá tem sido explorado no campo dos cosméticos, entretanto, com tantas propriedades benéficas relacionadas à pele, calmante natural e antioxidante, ainda não foi utilizado na alimentação animal, a fim de buscar respostas tanto no comportamento das aves, devido sua ação tranquilizante, quanto na qualidade da carcaça, com ênfase nos escores de lesão, e qualidade na carne, com foco na ação antioxidante. É válido ressaltar, ainda, que na literatura existem apenas trabalhos com o resíduo da casca e das sementes de maracujá ligados à alimentação animal, mas não há pesquisas com o óleo da semente de maracujá, oriundo do processo de beneficiamento das sementes.

Dessa forma, acredita-se que com essa pesquisa seja possível comprovar que o óleo da semente de maracujá possa ser classificado como alimento funcional e/ou fitogênico, uma vez que esses são substâncias ou componentes que proporcionam benefícios para a saúde, inclusive a prevenção e o tratamento de doenças. Esses produtos podem variar de nutrientes isolados, produtos de biotecnologia, suplementos dietéticos, alimentos

geneticamente construídos até alimentos processados e derivados de plantas (POLLONIO, 2000).

2.6 Uso de aditivos fitogênicos na alimentação de frangos de corte

A utilização da fitoterapia na medicina visando à cura de doenças é antiga, sendo o uso de ervas e especiarias conhecido há milhares de anos. Até hoje, a medicação fitoterápica apresenta propriedades medicinais benéficas e exploradas pela medicina humana tradicional (GONZALES, 2008). No entanto, o interesse em adicionar compostos de plantas em rações de animais é mais recente. O termo mais adequado e utilizado para a nutrição animal é aditivo fitogênico, que são produtos compostos por óleos essenciais e/ou extratos vegetais utilizados nas rações para melhorar o desempenho animal, sem ação de medicamento (SARTORI et al., 2009).

A maior parte dos estudos com aditivos fitogênicos para uso em animais é de países europeus, como a França e Alemanha, por exemplo, por sua experiência anterior na extração de óleos essenciais destinados à indústria perfumista e farmacêutica. As ervas aromáticas são conhecidas pelos ingleses, portugueses e franceses desde a época de colonização da África, Américas e Índia (GONZALES, 2008).

Os aditivos fitogênicos de uso animal podem ser classificados como ervas (a planta toda ou suas partes) e botânicos (extratos e óleos essenciais) e, quando adicionados em rações, podem proporcionar melhor aproveitamento da ração, devido ao aumento das secreções digestivas, atividades antioxidativas e a eubiose (condição de equilíbrio da flora saudável) do trato gastrintestinal dos animais (GONZALES, 2008).

Os extratos vegetais podem ser obtidos de qualquer parte da planta e, geralmente, são desidratados e submetidos ao processo de trituração/moagem. Os princípios ativos funcionais de origem fitogênica são destacados por melhorar a digestão dos alimentos e como estimuladores da produção de secreções gástricas e enzimas digestivas (LEE et al., 2004; JANG et al., 2007). Esses compostos são produzidos como mecanismo de defesa da planta contra predadores e patógenos.

Dentre essas classificações, o OSM pode se enquadrar como aditivo fitogênico devido, principalmente, à sua ação antioxidante, e espera-se que atue no desempenho e saúde das aves por fortalecer o sistema imunológico; na qualidade da carcaça em função do desempenho; e qualidade da carne pelo fato de diminuir a oxidação lipídica.

Além disso, em se tratando de uma espécie sensível ao calor e sendo esse estresse um dos principais fatores que promovem efeitos adversos na fisiologia das aves e afetam o desempenho dos frangos de corte devido à diminuição no consumo de ração e ao custo energético associado à dissipação do calor (CAFÉ e MARCHINI, 2010), espera-se que esse aditivo fitogênico possa promover benefícios à saúde dos mesmos frente aos desafios pelos quais são submetidos nas condições climáticas brasileiras.

2.6.1 Sistema antioxidante x sistema imunológico das aves

Um aspecto relevante na relação entre nutrição e sistema imunológico diz respeito à complexa interação entre a ingestão inadequada de nutrientes, a exacerbação do estresse oxidativo e a ocorrência de processos infecciosos (LEITE e SARNI, 2003). Os novos conceitos advindos da literatura, com respeito a essa tríade, têm trazido novas e intrigantes indagações. Para se começar a entendê-las, devem ser compreendidos os conceitos de radicais livres (RL), estresse oxidativo e defesas antioxidantes (SARNI et al., 2010).

Os radicais livres de oxigênio (RLO) são produzidos naturalmente em nosso organismo através de processos metabólicos oxidativo e, muitas vezes, são de extrema utilidade, como nas situações em que há necessidade de ativação do sistema imunológico (como exemplo, os macrófagos utilizam o peróxido de hidrogênio para destruir bactérias e outros elementos estranhos); na desintoxicação de drogas; e na produção do fator relaxante derivado do endotélio, o óxido nítrico, extremamente importante nos processos que desencadeiam o relaxamento dos vasos sanguíneos (MONCADA e HIGGS, 2001).

Além disso, estão envolvidos na produção de energia, fagocitose, regulação do crescimento celular, sinalização intercelular, imunidade e defesa celular e síntese de substâncias biológicas. Nesse sentido, a oxidação é parte fundamental da vida aeróbica e do metabolismo celular, produzindo radicais livres de forma natural ou por uma disfunção biológica. Esses radicais livres, cujo elétron desemparelhado encontra-se centrado nos átomos de oxigênio ou nitrogênio são denominados de ERO (espécies reativas de oxigênio) e ERN (espécies reativas de nitrogênio).

Os mecanismos de geração de radicais livres ocorrem, normalmente, nas mitocôndrias, membranas celulares e no citoplasma e esses mecanismos podem ser favorecidos pelos íons ferro e cobre. A mitocôndria é a principal fonte geradora de radicais livres, por meio da cadeia transportadora de elétrons, durante a produção de energia a partir da glicose e do oxigênio. Dentre as EROs, o peróxido de hidrogênio

(H₂O₂) é a mais estável e a menos reativa. A hidroxila (OH) é a mais reativa, menos estável e a mais perigosa do ponto de vista biológico, pois reage imediatamente após sua formação com qualquer molécula biológica ao seu redor. Outra importante fonte geradora de radicais livres são as enzimas NADPH oxidases, que são proteínas de membrana que tem a função de transferir elétrons através das membranas celulares (BARBOSA et al., 2010).

Entretanto, quando estão em excesso apresentam efeitos prejudiciais, como a peroxidação dos lipídios de membrana e agressão às proteínas dos tecidos e das membranas às enzimas, carboidratos e DNA (BARREIROS et al., 2006; CELI, 2010; OLIVEIRA e SCHOFFEN, 2010). Outros autores indicam ainda que seu excesso no organismo pode causar a oxidação de biomoléculas com consequente perda de suas funções biológicas e/ou desequilíbrio homeostático, cuja manifestação é o dano oxidativo potencial contra células e tecidos (HALLIWELL e WHITEMAN, 2004). A cronicidade do processo em questão tem relevantes implicações sobre o processo etiológico de numerosas enfermidades crônicas não transmissíveis, entre elas a aterosclerose, diabetes, obesidade, transtornos neurodegenerativos e câncer (GREEN et al., 2004).

O organismo possui um complexo sistema de proteção antioxidante como mecanismo de defesa contra os radicais livres, que são formados constantemente no metabolismo celular normal e em vários eventos patológicos e, quando em excesso, podem ocasionar a oxidação de moléculas biológicas. O desequilíbrio entre o desafio oxidativo e a capacidade de defesa antioxidante do organismo é denominado de estresse oxidativo (MACHADO et al., 2009). O termo estresse oxidativo é utilizado em circunstâncias nas quais o “desafio” por radicais livres resulta em dano tecidual ou na produção de compostos tóxicos ou danosos aos tecidos. Pode-se dizer que um organismo encontra-se sob estresse oxidativo (EO) quando ocorre um desequilíbrio entre os sistemas prooxidantes e antioxidantes, de maneira que os primeiros sejam predominantes (SEIS, 1986).

São conhecidos três sistemas enzimáticos antioxidantes, o primeiro é composto por dois tipos de enzimas SOD (superóxido dismutase), que catalisam a desmutação do radical ânion superóxido O₂⁻, convertendo-o em oxigênio e peróxido de hidrogênio (BABIOR, 1997). O segundo sistema antioxidante é mais simples, sendo formado pela enzima catalase que atua na dismutação do peróxido de hidrogênio em oxigênio e água.

O terceiro sistema é composto pela glutatona (GSH) em conjunto com duas enzimas, a glutatona peroxidase (GPx ou GSH-Px) e a glutatona redutase (GR ou GSH-

Rd), e a presença de selênio na enzima (seleno-cisteína) denota a importância desse metal e sua atuação como antioxidante no organismo. Esse sistema também catalisa a dismutação do peróxido de hidrogênio em água e oxigênio, sendo que a glutatona opera em ciclos entre a sua forma oxidada e a sua forma reduzida (BARREIROS et al., 2006).

As enzimas superóxido dismutase, juntamente com a catalase e glutatona peroxidase são as principais defesas antioxidantes que atuam nos organismos superiores (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 2015). A enzima superóxido dismutase (SOD) possui efeitos antienvhecimento reais, uma vez que pode atuar positivamente sobre todos os processos degenerativos (HENDLER, 1990), além de ter papel fundamental na defesa do organismo contra as espécies reativas de oxigênio, pois atua na remoção do radical superóxido. Antes da sua descoberta, a SOD já havia sido descrita por alguns autores como uma proteína que contém cobre, mas nenhuma atividade catalítica lhe havia sido atribuída (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 2015).

A enzima catalase está presente na maioria das células aeróbicas, sendo que em animais se encontra principalmente no fígado, rins e eritrócitos. Órgãos como cérebro, coração e músculo esquelético contém, no entanto, pequenas quantidades da enzima (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 2015). Os nutrientes mais importantes coadjuvantes da catalase são o ferro e os tocoferóis (vitamina E), que se acham distribuídos na membrana celular, na fase hidrofóbica. A catalase evita o acúmulo de metahemoglobina e decompõe o peróxido de hidrogênio, um produto tóxico do metabolismo, em água e oxigênio molecular (GAETANI et al., 1989). Além de seu papel como espécie reativa de oxigênio, e, portanto, causador de estresse oxidativo, o peróxido de hidrogênio em excesso causa oxidação da hemoglobina e, conseqüentemente, diminuição das concentrações de oxigênio, o que pode acarretar infecções, formação de úlceras e até necrose (WIEACKER et al., 1980).

Quanto a enzima glutatona peroxidase (GPx), esta foi descoberta por Mills em 1959, em tecidos de mamíferos. Não se observa sua presença em plantas ou bactérias, embora possa ser encontrada em algumas algas e fungos (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 2015). As células animais contém dois tipos de glutatona peroxidase, sendo um deles selênio dependente, enquanto o outro não.

A GPx apresenta alta atividade no fígado, moderada atividade no coração, pulmão e cérebro, e baixa atividade nos músculos (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 2015). Na maioria dos animais, a enzima dependente de selênio é responsável pela maior parte da

atividade da GPx, mas a proporção entre as duas formas varia muito entre as diferentes espécies, bem como entre os tecidos em uma mesma espécie.

A atividade das enzimas em questão muitas vezes depende da participação de cofatores enzimáticos, especialmente antioxidantes de origem dietética para combater os radicais livres (BARBOSA et al., 2010).

Além deste sistema enzimático, existe o sistema de defesa não-enzimático que inclui, especialmente, os compostos antioxidantes de origem dietética, entre os quais se destacam: vitaminas, minerais e compostos fenólicos. O ácido ascórbico (vitamina C), o α -tocoferol e β -caroteno, precursores das vitaminas E e A, respectivamente, são compostos vitamínicos potencialmente antioxidantes. Entre os minerais destacam-se o zinco, cobre, selênio e magnésio (PRASAD et al., 2007).

O óleo da semente de maracujá, como citado anteriormente, possui em sua composição grande quantidade de carotenoides (75,63 mg de β -caroteno/100g de óleo), vitamina C, vitamina A, vitamina E e várias vitaminas do complexo B, bem como sais minerais, como fósforo, zinco e ferro (LEONEL et al., 2000; SANTANA et al., 2015). Muitos destes compostos exibem propriedade antioxidante ao combate de radicais livres, destacando entre eles o β -caroteno, considerado pró-vitamina A, porque o corpo pode transformá-lo na forma dessa vitamina (McDOWELL, 1989) e presente em grande quantidade nesse óleo comparado ao óleo de soja (28,65 mg de β -caroteno/100g de óleo), comumente utilizado como ingrediente na ração de frangos de corte (FERREIRA et al., 2018).

A vitamina A pré-formada (retinol) é encontrada naturalmente em alimentos de origem animal, enquanto os carotenoides, são presentes em óleos, frutas e vegetais, traduzindo algumas das principais fontes de antioxidantes exógenas. A vitamina A desempenha várias funções, sendo importante para a visão normal, expressão gênica, reprodução, desenvolvimento embrionário, diferenciação tissular, defesa antioxidante e função imunológica (SOUZA e VILAS BOAS, 2002).

Em relação ao sistema imunológico, a vitamina A modula a resposta de células fagocitárias, estimulando a fagocitose, a ativação da citotoxicidade mediada por células e o aumento na resposta de linfócitos T, aparentemente por aumentar a expressão de receptores em suas células precursoras (SARNI et al., 2010).

Alguns parâmetros comumente utilizados para estimar a imunidade de aves são o peso de órgãos linfoides (POPE, 1991), a resposta de anticorpos a antígenos estranhos (MONTGOMERY et al., 1991; SCOTT et al., 1994; PATTERSON e SIEGEL, 1998), a

relação heterófilo:linfócito (H:L) (AL-MURRANI et al., 1997; PATTERSON e SIEGEL, 1998) e os ensaios de blastogênese de linfócitos (TALEBI et al., 1995; GOGAL et al., 1997). Dentre esses parâmetros, o peso de órgãos linfoides é facilmente medido e reflete a capacidade do organismo de produzir células linfoides durante uma resposta imune. Isso ocorre pela liberação de corticosterona em situações de estresse térmico, por exemplo, que pode ocasionar a involução do tecido linfoide (timo, bursa de Fabricius e baço) (ROSALES et al., 1989).

Dessa forma, as características da dieta podem modular a resposta imune das aves e pequenas alterações nos níveis nutricionais ou no de ingredientes usados podem tornar a ave mais ou menos susceptível a doenças (KLASING, 1998). Os aditivos fitogênicos, oriundo de fontes vegetais, vêm chamando a atenção dos pesquisadores, pois agem impedindo doenças comuns nos animais e também na manutenção da saúde, além de serem de interesse dos consumidores, pois são considerados alternativas naturais aos compostos sintéticos (PEARCE e JIN, 2010).

2.6.2 Oxidação lipídica da carne

A oxidação lipídica é um processo indesejável dentro das indústrias produtoras de alimentos, pois a decomposição de lipídeos e produção de compostos voláteis causam alterações sensoriais e reduzem o valor nutricional dos alimentos (KARPINSKA et al., 2001; MELO e GUERRA, 2002). As alterações na qualidade da carne observadas incluem mudanças no sabor, cor, textura e valor nutricional além da produção de compostos potencialmente tóxicos (MARIUTTI e BRAGAGNOLO, 2009).

A oxidação lipídica, também conhecida por rancidez, é a mais importante deterioração que ocorre em produtos cárneos, pois define a vida útil de prateleira do produto à medida que destrói vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais e gera produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial (CECCHI, 1999).

A carne de frango é susceptível a oxidação lipídica em função do elevado teor de ácidos graxos insaturados na sua composição. A formação de óxidos de colesterol, as alterações na composição de ácidos graxos e a consequente formação de compostos voláteis provenientes da oxidação lipídica possuem papel de destaque dentre os fatores responsáveis pela perda de qualidade e das características nutricionais durante o processamento e o armazenamento da carne de frango (MARIUTTI e BRAGAGNOLO, 2009).

O controle da oxidação em carne, bem como os benefícios dos antioxidantes na fase de estocagem estão em constante estudo (AHN et al., 2007). Devido às exigências do consumidor quanto aos ingredientes adicionados ao alimento, como antioxidantes sintéticos, é crescente a busca por produtos naturais para substituí-los (TANG et al., 2001; MELO e GUERRA, 2002; VELAZCO, 2005).

Uma alternativa para tal questão é o uso de antioxidantes na dieta de frangos de corte, sobretudo os de origem vegetal que não tragam riscos à saúde do consumidor e permitam a manutenção da qualidade, podendo ainda, agregar valor ao produto final.

JANG et al. (2008) realizaram estudo com frangos de corte alimentados com folhas de amoreira (*Morus celsa*), madressilva japonesa (*Lonicera japonica*) e *Coptis trifolia*, observaram que a carne de peito oriunda de animais que receberam a mistura de folhas apresentou maior potencial antioxidante, além de melhor palatibilidade em testes sensoriais realizados.

Zanetti et al. (2017) trabalhando com a adição do resíduo da semente de maracujá na alimentação de frangos de corte, também observou que os tratamentos com adição deste produto promoveram menor oxidação na carne, devido ao potencial antioxidante que o produto possui. Dessa forma, faz-se necessários estudos com a ação antioxidante do óleo da semente de maracujá na qualidade do produto final.

2.6.3 Estresse térmico das aves

A avicultura brasileira é umas das atividades em constante desenvolvimento, destacando-se das demais criações pelos resultados alcançados não só em produtividade e volume de abate, como também no desempenho econômico, contribuindo de forma significativa para a economia do país (FERNANDES, 2017).

Embora com esse crescimento, alguns avanços têm sido limitados, por fatores ambientais, principalmente pelas variáveis climáticas que os animais são submetidos. Associado a esse fator, ainda tem o frango moderno, que possui pouca capacidade de termorregulação, sendo bem mais sensível ao calor que ao frio, necessitando, nessas condições, realizar alterações fisiológicas, comportamentais e bioquímicas para sua sobrevivência, podendo comprometer ainda, seu sistema imunológico (MILLER e QURESHI, 1991; RIBEIRO et al., 2008; NAZARENO et al., 2009).

O estresse causado pelo ambiente térmico influencia a fisiologia e o comportamento alimentar dos animais e, conseqüentemente, a produtividade dos mesmos por alterar sua troca de calor com o ambiente e modificar a taxa de consumo de alimentos, a taxa de

ganho de peso corporal e as exigências nutricionais. Nesse processo, os fatores externos do ambiente (temperatura, umidade relativa, vento, radiação, entre outros) tendem a produzir variações internas nas aves, influenciando a quantidade de energia trocada entre ave e ambiente, havendo, muitas vezes, a necessidade de ajustes fisiológicos para a ocorrência do balanço de calor (OLIVEIRA et al., 2006).

Quando a temperatura se eleva acima da zona de termoneutralidade, o frango inicia um processo de hiperventilação, com o objetivo de aumentar a perda de calor pelos mecanismos evaporativos nas vias aéreas superiores. Ocorre, simultaneamente, vasodilatação periférica com maior fluxo de sangue nas extremidades e consequente perda de calor evaporativa cutânea. Além disso, sua temperatura corporal aumenta, ocorrendo elevação na taxa de respiração, o que conduz a uma redução pressão arterial de gás carbônico e de bicarbonato (HCO_3) devido ao aumento de sua excreção, com consequente redução de excreção de hidrogênio (H^+) pelos rins, para que se mantenha o balanço ácido-básico no sangue, e aumentando, dessa forma, o pH sanguíneo, o que caracteriza como alcalose metabólica (BLAS, 2015)

Além do desempenho, a temperatura ambiente modifica a retenção de energia, proteína e gordura no corpo do animal e provoca diversas mudanças adaptativas fisiológicas, entre elas a modificação no tamanho dos órgãos, o que também contribui para alterar a exigência nutricional das aves, visto que o gasto de energia pelos tecidos metabolicamente ativos, como fígado, intestino e rins são maiores que aquele associado à carcaça (BLAS, 2015).

As alterações vão além da fisiologia e comportamento das aves, as quais também podem sofrer prejuízos o sistema antioxidante das aves, uma vez que a peroxidação lipídica nos tecidos se eleva e gera acumulação de radicais livres. Quando esta acumulação excede a capacidade antioxidativa, conceito esse definido como estresse oxidativo, ocorre disfunção da célula e, portanto, queda no desempenho produtivo (MAINI et al., 2007).

Além disso, apresentam função imune reduzida nessas condições (MILLER e QURESHI, 1991), devido a liberação de corticosterona nessas situações, que pode ocasionar a involução do tecido linfóide (timo, bursa de Fabricius e baço), responsável pelo sistema imunológico do animal (ROSALES et al., 1989).

Busca-se cada vez mais encontrar se o efeito prejudicial do estresse por calor na função imune de aves pode ser superado com o fornecimento de alguns nutrientes. Ferket e Qureshi (1992) observaram que a suplementação vitamínica (vitaminas A, D, E e

complexo B) durante estresse por calor foi benéfica nos estágios de indução e maturação da resposta de síntese de anticorpos.

Assim, sendo o óleo da semente de maracujá rico em β -caroteno, considerado pró-vitamina A, a qual tem relação com o sistema imunológico dos animais, modulando a resposta de células fagocitárias e estimulando a fagocitose, a ativação da citotoxicidade mediada por células e o aumento na resposta de linfócitos T (SARNI et al., 2010), faz se necessário seu estudo na saúde das aves, principalmente frente aos estresses impostos durante sua criação.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da adição de óleo da semente de maracujá na alimentação de frangos de corte, sobre as características de desempenho produtivo, saúde, qualidade, oxidação da carne e comportamento dos animais e desempenho e estresse oxidativo de frangos de corte submetidos a estresse térmico.

O capítulo II denominado “Efeito antioxidante do óleo da semente do maracujá na dieta de frangos de corte sobre o desempenho, saúde, qualidade de carne e comportamento”, elaborado de acordo com as normas para publicação da revista *British Poultry Science*, disponível em: <https://www.tandfonline.com/action/authorSubmission?journalCode=cbps20&page=instructions>.

O capítulo III denominado “Desempenho, saúde e estresse oxidativo de frangos de corte alimentados com óleo da semente de maracujá em condições de estresse térmico”, apresenta-se de acordo com as normas para publicação da revista *British Poultry Science*, disponível em: <https://www.tandfonline.com/action/authorSubmission?journalCode=cbps20&page=instructions>.

3. REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. FNP Consultoria/Agros Comunicação, São Paulo, SP. 2017, 440p.
- AHN, J.; GRÜN, I. U.; MUSTAPHA, A. Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef. **Food Microbiology**, v. 24, n. 1, p. 7-14, 2007.
- AL-MURRANI, W. K.; KASSAB, A.; AL-SAM, H. Z. et al. Heterophil/lymphocyte ratio as a selection criterion for heat resistance in domestic fowls. **British Poultry Science**, v. 38, p. 159-163, 1997.
- ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. FNP Consultoria/Agros Comunicação, São Paulo, SP. 2017, 288p.
- AVISITE - **O Portal da Avicultura na Internet**. Estatísticas e preços. Available at: <<http://www.avisite.com.br>> Accessed on: Apr, 2018.
- AYALA-ZAVALA, J. F.; VEGA-VEGA, V.; ROSAS-DOMÍNGUEZ, C. et al. Gozález-Aguilar, G. A. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, v. 44, p. 1866-1874, 2011.
- BABIOR, B. M. Superoxide: a two-edged sword. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 30, p. 141-155, 1997.
- BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. C. G. et al. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 4, p. 629-643, 2010.
- BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre gerações de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 113-123, 2006.
- BLASS, J. Stress in birds. SCANES, C. G. **Sturkie's avian physiology**. 6. ed. New York: Academic Press, 2015. cap. 33, p. 769-810
- BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; SILVA, A. V. F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 975-981, set- out. 2003.
- BOTSOGLOU, N. A.; FLOROU-PANERI, P.; CHRISTAKI, E. et al. Effect of dietary oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast, thigh and abdominal fat tissues. **British Poultry Science**, v. 43, n. 2, p. 223-230, 2002.

- BUTAYE, P.; DEVRIESE, L. A.; HAESBROUCK, F. Antimicrobial growth promoters used in animal feed: effects of less well know antibiotics on gram-positive bacteria. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 16, n. 2, p. 175-188, 2003.
- CAFÉ, M. B.; MARCHINI, C. F. P. Estratégias nutricionais de manejo para minimizar problemas de estresse por calor em frango de corte. In: **Anais... XX Congresso Brasileiro de Zootecnia – Palmas-TO- Escola de Veterinária – Universidade Federal do Goiás- UFG**, 2010.
- CARDOSO, C.R.; SOUZA, M.A.; FERRO, E.A.; FAVORETO JR, S.; PENA, J.D. Influence of topical administration of n-3 and n-6 essential and n-9 nonessential fatty acids on the healing of cutaneous wounds. **Wound Repair and Regeneration**, v. 12, p.235-243, 2004.
- CECCHI, H. M. 1999. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas, Editora da Unicamp, 211p.
- CELI, P. O papel do estresse oxidativo na saúde e produção de pequenos ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 348-363, 2010.
- CHAU, C. F.; HUANG, Y. L. Characterization of passion fruit seed fibres: a potential fibre source. **Food Chemistry**, v. 85, p. 189-194, 2004.
- CHEN, H. L.; LI, D. F.; CHANG, B. Y. et al. Effects of chinese herbal polysaccharides on the immunity and growth performance of young broilers. **Poultry Science**, v. 82, n. 3, p. 364–370, 2003.
- CÓRDOVA, K. V.; GAMA, T. M. M. T. B.; WINTER, C. M. G. et al. Características físico-químicas da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa degener*) obtida por secagem. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 23, p. 221-230, 2005.
- CORRÊA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Cultura, v. 5, 1984. 687p.
- CURI, R.; POMPEIA, C.; MIYASAKA, C. K. et al. **Entendendo a gordura - os ácidos graxos**. 1.ed., Editora Manole, São Paulo.
- CRUZ, G. L. **Dicionário das plantas úteis do Brasil**. 5.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. 900p.
- DHAWAN, K.; DHAWAN, S.; SHARMA, A. *Passiflora*: a review update. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 94, p. 1-23, 2004.
- EMBRAPA (2012) Relatório de avaliação dos impactos das tecnologias geradas pela EMBRAPA: **Extração do óleo da semente de maracujá**. In:

http://bs.sede.embrapa.br/2012/relatorios/agroindustriadealimentos_2012_oleomaracuja.pdf Accessed on: Apr, 2018.

- FARAG, R. S.; DAW, Z. Y.; HEWEDI, F. M. et al. Antimicrobial activity of some Egyptian spice essential oils. **Journal of Food Protection**, v. 52, n. 9, p. 665-667, 1989.
- FERNANDES, M. L. **Complexo enzimático com diferentes tipos de óleo de soja em dietas para frangos de corte criados em região de clima quente**. 2017. 60f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.
- FERRARI, R. A.; COLUSSI, F.; AYUB, R. A. Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá - Aproveitamento das Sementes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 101-102, 2004.
- FERREIRA, C.D.; ZIEGLER, V.; LINDEMANN, I.S.; HOFFMANN, J.F.; VANIER, N.L.; OLIVEIRA, M. Quality of black beans as a function of long-term storage and moldy development: chemical and functional properties of flour and isolated protein. **Food Chemistry**, v. 246, p.473-480, 2018.
- GAETANI, G. F.; GALIANO, S.; CANEPA, L. et al. Catalase and glutathione peroxidase are equally active in detoxification of hydrogen peroxide in human erythrocytes. **Blood**, v. 73, p. 334-339, 1989.
- GOGAL, R. M. J.; AHMED, S. A.; LARSEN, C. T. Analysis of avian lymphocyte proliferation by a new, simple, nonradioactive assay (Lympho-Pro). **Avian Disease**, v. 41, p. 714-721, 1997.
- GONZALES, E. Uso de extratos vegetais e óleos essenciais na alimentação de frangos de corte. In: **Anais...** Seminário Internacional de Aves e Suínos - AVESUI, 7. Florianópolis, 2008.
- GREEN, K.; BRAND, M. D.; MURPHY, M. P. Prevention of mitochondrial oxidative damage as a therapeutic strategy in diabetes. **Diabetes**, v. 53, p. 110-118, 2004
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in Biology and Medicine**. Oxford: University Press, 905 p., 2015.
- HALLIWELL, B.; WHITEMAN, M. Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: how should you do it and what do the results mean? **British Journal of Pharmacology**. v. 142, p. 231-55, 2004.

- HALLIWELL, B.; CHIRICO, S. Lipid peroxidation: its mechanism, measurement, and significance. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 57, n. 5, (Suppl.), p. 715S-725S, 1993.
- HEIM, K. E., TAGLIAFERRO, A. R., BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure activity relationships. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 13, p. 572-584, 2002.
- HENDLER, S. S. **Vitamin and mineral encyclopedia**. San Diego: Simon e Schuski, 1990. 576 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Anuário estatístico do Brasil**. 2016, v. 76, 457p. IBGE, Rio de Janeiro, 2016.
- IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. 2002. **Análise da Competitividade da Cadeia Agroindustrial de Carne de Frango no Estado do Paraná**. 230p. IPARDES, Curitiba.
- JANG, A.; LIU, X. D.; SHIN, M. H. et al. Antioxidative potential of raw breast meat from broiler chicks fed a dietary medicinal herb extract mix. **Poultry Science**, v. 87, n. 11, p. 2382-2389, 2008.
- JANG, I. S.; KO, Y.H.; KANG, S. Y. et al. Effect of a commercial essential oil on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 134, p. 304-315, 2007.
- KAMEL, C. A novel look at a classic approach of plant extracts (special number). **Feed Mix - The International Journal on Feed, Nutrition and Technology**, v. 9, n. 6, p. 19-24, 2000.
- KARPINSKA, M.; BOROWSKI, J.; DANOWSKA-OZIEWICZ, M. The use of natural antioxidants in ready-to-serve food. **Food Chemistry**, v. 72, n. 1, p. 5-9, 2001.
- KINSELLA, J. E. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 52, p. 1-28, 1990.
- KIRTIKAR, K.R.; BASU, B.D. Indian Medicinal Plants. **Periodical Experts**, p. 1103, 1975.
- KLASING, K.C. Nutritional modulation of resistance to infectious diseases. **Poultry Science**, v. 77, n. 8, p. 1119-1125, 1998.
- KOBORI, C. N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 9, p. 1008-1014, 2005.

- LAGOURI, V.; BOSKOU, D. Screening for antioxidant activity of essential oils obtained from spices. **Developments in Food Science**, v. 37, n. 1, p. 869-879, 1995.
- LEE, K. W.; EVERTS, H.; BEYNEN, A. C. Essential Oils in Broiler Nutrition. **International Journal of Poultry Science**, v. 3, n. 12, p. 738-752, 2004.
- LEITE, H. P.; SARNI, R. S. Radicais livres, antioxidantes e nutrição. **Revista brasileira de nutrição clínica**, v. 18, p. 87-94, 2003.
- LEONEL, S.; LEONEL, M.; DUARTE-FILHO, J. Principais produtos e subprodutos obtidos do maracujazeiro. **Informe Agropecuário**, v. 21, p. 86-88, 2000.
- LOPES, R. M.; SEVILHA, A. C.; FALEIRO, F. G. et al. Estudo comparativo do perfil de ácidos graxos em semente de passifloras nativas do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 498-506, 2010.
- LÓPEZ-VARGAS, J. H.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. et al. Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber poder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis var. flavicarpa*) co-products. **Food Research International**, v. 51, p. 756-763, 2013.
- MACHADO, L. P.; KOHAYAGAWA, A.; SAITO, M. E. et al. Lesão oxidativa eritrocitária e mecanismos antioxidantes de interesse em Medicina Veterinária. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 8, n. 1, p. 84-94, 2009.
- MALACRIDA, C. R.; JORGE, N. Yellow passion fruit seed oil (*Passiflora edulis f. flavicarpa*): physical and chemical characteristics. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 55, p. 127-134, 2012.
- MALUF, E.; BARROS, H. M. T.; FROCHTENGARTEN, M. L. et al. Assessment of the hypnotic/sedative effects and toxicity of *Passiflora edulis* aqueous extract in rodents and humans. **Phytotherapy Research**, v. 5, p. 262-266, 1991.
- MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis, L.*) e de alho (*Allium sativum, L.*) como antioxidantes naturais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 68, n. 1, p. 1-11, 2009.
- MAYSER, P.; MROWIETZ, U.; ARENBERGER, P. et al. Omega-3 fatty acid-based lipid infusion in patients with chronic plaque psoriasis: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled, multicenter trial. **Journal of the American Academy of Dermatology**, v. 38, p. 539-547, 1998.
- MCDOWELL, L. R. **Vitamins in Animal Nutrition**. San Diego: Academic Press, 1989. 486p.

- MEDINA, J. C.; GARCIA, J. L. M.; LARA, J. C. C. et al. **Maracujá: da cultura ao processamento e comercialização**. São Paulo: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1980. cap. 3.
- MELETTI, L. M. M.; SOARES, S. M. D.; BERNACCI, L. C. et al. Desempenho das cultivares IAC-273 e IAC-277 de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa Deg.*) em pomares comerciais. In: **Anais...** da 3ª Reunião Técnica De Pesquisa Em Maracujazeiro, p. 196-197, 2002.
- MELLOR, S. Herbs and spices promote health and growth. **Pig Progress**, v. 16, n. 4, p. 18-21, 2000.
- MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.
- MENEGHETTI, C. C.; DOMINGUES, J. L. Características nutricionais e uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 2, p. 512-536, 2008.
- MILLER, L.; QURESHI, M.A. Induction of heat shock proteins and phagocytic function of chicken macrophage following in vitro heat exposure. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 37, n. 1, p. 34-42, 1991.
- MONCADA, S.; HIGGS, A. Nitric oxide: role in human disease. **Encyclopedia of Life Sciences**, 2001. Disponível em www.els.net em 20 dez 2001.
- MONTGOMERY, R. D.; BOYLE, C. R.; MASLIN, W. R. Influence of antigen concentration, inoculation interval, number of exposures, type of housing, and placement concentration on the tear antibody response to *Brucella abortus* in chickens. **Avian Disease**, v. 35, p. 606-614, 1991.
- MURAKAMI, K. T. T.; PINTO, M. F.; PONSANO, E. H. G. et al. Desempenho produtivo e qualidade da carne de frangos alimentados com ração contendo óleo de linhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 4, p. 401-407, 2010.
- NASCIMENTO, E. V. A. **Farelo residual de milho na alimentação de frangos de corte**. 2015. 59f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.
- NAZARENO, A. C. PANDORF, H; ALMEIDA, G. L. P. et al. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 802-808, 2009.

- NICOLAU, Q. C.; BORGES, A. C. G.; SOUZA, J. G. Cadeia produtiva avícola de corte de Moçambique: caracterização e competitividade. **Revista de Ciências Agrárias**. Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Veterinária, Maputo – Moçambique, 2011.
- OLIVEIRA, M. D. **Efeito antioxidante do subproduto da goiaba na dieta de frangos sobre o desempenho e qualidade de carne**. 2015. 47f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) – Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.
- OLIVEIRA, D. R. M. S.; NÃAS, I. A.; MOLLO NETO, M. et al. **Issues of sustainability on the Brazilian broiler meat production chain**. In: International Conference Advances In Production Management Systems, Rhodes, 2012.
- OLIVEIRA, M. C. DE; SCHOFFEN, J. P. F. Oxidative stress action in cellular aging. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 53, n. 6, p. 1333-1342, 2010.
- OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T. et al. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 797-803, 2006.
- OLIVEIRA, L. F.; NASCIMENTO, M. R. F.; BORGES, S. V. et al. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa Deg.*) para produção de doce em calda. **Food Science and Technology**, v. 22, p. 259-262, 2002.
- PATTERSON, P. H.; SIEGEL, H. S. Impact of cage density on pullet performance and blood parameters of stress. **Poultry Science**, v. 77, p. 32-40, 1998.
- PEARCE, M.; JIN, G. L. Z. Aditivos Fitogênicos. **Porkworld**, v. 58, p. 128-136, 2010.
- PEREIRA, L.M.; HATANAKA, E.; MARTINS, E.F.; OLIVEIRA, F.; LIBERTI, E.A.; FARSKY, S.H.; CURI R.; PITHON-CURI, T.C. Effect of oleic and linoleic acids on the inflammatory phase of wound healing in rats. **Cell Biochemistry & Function**, v. 26, p.197-204, 2008.
- POLLONIO, M. A. R. Alimentos funcionais: as recentes tendências e os envolvidos no consumo. **Higiene Alimentar**, v. 14, p. 26-31, 2000.
- POPE, C. R. Pathology of lymphoid organs with emphasis on immunosuppression. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 30, p. 31-44, 1991.
- PRASAD, A. S.; BECK, F. W. J.; BAO, B. et al. Zinc supplementation decreases incidence of infections in the elderly: effect of zinc on generation of cytokines and

- oxidative stress. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 85, n. 3, p. 837-844, 2007.
- PUCCI, L. E. A. RODRIGUES, P. B.; BERTECHINI, A. G. et al. Forma física, suplementação enzimática e nível nutricional de rações para frangos de corte na fase inicial: desempenho e digestibilidade dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1272-1279, 2010.
- QUEIROZ, A. M.; CAMPOS, F. R.; SILVA, D. M. **As transformações na avicultura de corte e uso da ECT no sistema de integração goiano na ótica da empresa.** SEGPLAN – IMB – Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. Conjuntura Econômica Goiana n. 26, 2013. 11 p.
- RAMOS, L. S. N.; LOPES, J. B.; FIGUERÊDO, A. V. et al. Polpa de caju em rações para frangos de corte na fase final: desempenho e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 804-810, 2006.
- RIBEIRO, A. M. L.; VOGT, L. K.; CANAL, C. W. et al. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 636-644, 2008.
- ROSALES, A. G.; VILLEGAS, P.; LUKERT, P. D. et al. Isolation, identification and pathogenicity of two strains of infectious bursal virus. **Avian Disease**, v. 33, p. 35-41, 1989.
- RUTHIG, D.J.; MECKLING-GILL, K.A. Both (n-3) and (n-6) fatty acids stimulate wound healing in the rat intestinal epithelial cell line IEC-6. **Journal of Nutrition**, v. 129, p. 1791-1798, 1999.
- SALEHA, A. A; MVAING, T. T.; GANAPATHY, K. K. et al. Possible effect of antibiotic-supplemented feed and environment on the occurrence of multiple antibiotic resistant *Escherichia coli* in chickens. **International Journal of Poultry Science**, v. 8, n. 1, p. 28-31, 2009.
- SÁNCHEZ-ZAPATA, E.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PEÑARANDA, M. et al. Technological properties of date paste obtained from date by-products and its effect on the quality of a cooked meat product. **Food Research International**, v. 44, p. 2401-2407, 2011.
- SANTANA, F. C.; SHINAGAWA, F. B.; ARAUJO, E. S. et al. Chemical composition and antioxidant capacity of brazilian passiflora seed oils. **Journal of Food Science**, v. 80, n. 12, p.2647- 2654, 2015.

- SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I. T. Desempenho de aves caipiras de corte alimentadas com mandioca e palma forrageira enriquecidas com levedura. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 6, n. 2, p. 49-54, 2012
- SARNI, R. O. S.; SOUZA, F. I. S.; COCCO, R. R. Micronutrientes e sistema imunológico. **Revista Brasileira de Alergia e Imunopatologia**, v. 33, p. 8-13, 2010.
- SARTORI, J. R.; FASCINA, V. B.; CARVALHO, F. B. et al. Atualidade sem aditivos: óleos essenciais, prebióticos e probióticos. In: IX SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, **Anais...** Goiânia, 2009.
- SCOTT, T. R.; DUNNINGTON, E. A.; SIEGEL, P. B. Brucella abortus antibody response of White Leghorn chickens selected for high and low antibody responsiveness to sheep erythrocytes. **Poultry Science**, v. 73, p. 346-349, 1994.
- SIES, H. Biochemistry of oxidative stress. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 25, p. 1058- 71, 1986.
- SILVA, B. T. F.; FREIRE, S. M. F. Estudos farmacológicos do extrato etanólico de folhas de *Passiflora edulis* (maracujá amarelo) em ratos e camundongos. **Revista de Ciências da Saúde**, v. 2, n. 2, p. 21-24, 2000.
- SIMOPOULOS, A. P. Omega-3 fatty acids in wild plants, nuts and seeds. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v. 11(S6), p. S163-S173, 2002.
- SOUZA, W.A.; VILAS BOAS, O. M. C. Vitamin A deficiency in Brazil: an overview. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v.12, p. 173-179, 2002.
- TALEBI, A.; TORGERSON, P. R.; MULCAHY, G. Optimal conditions for measurement of blastogenic responses of chickens to concanavalin a in whole blood assays. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 46, p. 293-301, 1995.
- TANG, S.; KERRY, J. P.; SHEEHAN, D. et al. Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility of cooked red meat, poultry and fish patties to lipid oxidation. **Food Research International**, v. 34, n. 8, p. 651-657, 2001.
- TEIXEIRA, C. A.; OLIVEIRA FILHO, D; LACERDA FILHO, A. F. et al. Racionalização do uso de força motriz em fábrica de ração. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 330-340, 2005.
- TOGASHI, C. K.; FONSECA, J. B.; SOARES, R. T. R. N. et al. Composição em ácidos graxos dos tecidos de frangos de corte alimentados com subprodutos de maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 2063-2068, 2007.

- TOGASHI, C. K.; FONSECA J. B.; SOARES R. T. R. N. et al. Subprodutos do maracujá em dietas para frangos de corte. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, p. 395-400, 2008.
- TOLENTINO, V. R.; GOMES, A. **Processamento de vegetais - Frutas - Polpa congelada**. Manual técnico, Niterói, 2009.
- TRINDADE NETO, M. A.; PETELINCAR, I. M.; BERTO, D. A. Resíduo de polpas de frutas desidratadas na alimentação de leitões em fase de creche. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1254-1262, 2004.
- TZAKOU, O.; PITAROKILI, D.; CHINO, I. B. et al. Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Salvia ringens*. **Planta Medica**, v. 67, n. 1, p. 81-83, 2001.
- VALENZUELA, A. B.; SANHUEZA, J.; NIETO, S. Natural antioxidants in functional foods: from food safety to health benefits. **Grasas y Aceites**, v. 54, n. 3, p. 295-303, 2003.
- VELAZCO, J. Aplicación de antioxidantes naturales em produtos cárnicos. **Carnetec**, v. 12, n. 1, p. 35-37, 2005.
- VIEIRA, P. A. F.; QUEIROZ, J. H. D.; ALBINO, L. F. T. et al. Efeitos da inclusão de farelo do resíduo de manga no desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 2173-2178, 2008.
- VIUDA-MARTOS, M.; LÓPEZ-MARCOS, M.C.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. et al. Role of fibre in cardiovascular diseases: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, p. 240-258, 2010.
- WIEACKER, P.; MUELLER, C. R.; MAYEROVA, A. Assignment of the gene coding for human catalase to the short arm of chromosome 11. **Annales De Genetique**, v. 23, p. 73-77, 1980.
- ZANETTI, L. H.; MURAKAMI, A. E.; DIAZ-VARGAS, M. et al. By-product of passion fruit seed (*Passiflora edulis*) in the diet of commercial laying hens. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 96, p. 488-494, 2016.
- ZANETTI, L. H.; MURAKAMI, A. E.; DIAZ-VARGAS, M. et al. By-product of passion fruit seed (*Passiflora edulis*) in the diet of broilers. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 98, p. 109-118, 2017.
- ZANETTI, L. H.; POLYCARPO, G. V.; BRICHI, A. L. C. et al. Performance and economic analysis of broilers fed diets containing acerola meal in replacement of

corn. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 51, p. 224-232, 2014.

ZERAIK, M. L.; PEREIRA, C. A. M.; YARIWAKE, J. H. Maracujá: um alimento funcional? **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20 p. 459-471, 2010.

ZUCOLOTTO, S. M.; PALERMO, J. A.; SCHENKEL, E. P. Estudo fitoquímico das raízes de *Passiflora edulis* forma *flavicarpa* Degener. **Acta Farmacéutica Bonaerense**, v. 25, p. 5-9, 2006.

CAPÍTULO II

Desempenho, saúde e qualidade de carne de frangos de corte suplementados na dieta com óleo da semente do maracujá

Resumo:

1. Foram realizados dois estudos para avaliar comportamento, desempenho, saúde e qualidade de carne de frangos de corte alimentados com o óleo da semente do maracujá (OSM).
2. Estudo I - foram utilizados 70 frangos de corte machos, Cobb, com 21 dias de idade, distribuídos em gaiolas de metabolismo, em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos, sete repetições e cinco aves por unidade experimental. Para determinar a energia metabolizável do OSM foi utilizado o método de coleta total de excretas. Os tratamentos foram: ração referência e ração com 10% de substituição de OSM. A energia bruta do óleo foi de 9.837kcal e 9.378 kcal/kg de EMA.
3. Estudo II - foram utilizados 1.680 frangos de corte, Cobb, machos, criados de 1 a 42 dias de idade em galpão climatizado com ventilação negativa, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos: controle positivo e negativo (com e sem antibiótico, respectivamente) e cinco níveis de inclusão de OSM (0,10; 0,20; 0,30; 0,40 e 0,50%) com oito repetições.
4. Não foi observada diferença para o desempenho das aves no período de 1 a 21 dias, já para o período de 1 a 42 dias houve melhora linear para conversão alimentar com a inclusão do OSM. Não foi encontrada diferença para rendimento de carcaça e cortes; observou-se melhora na qualidade da pele das aves que receberam OSM, apresentando maior resistência. Quanto ao peso relativo de órgãos não foi observada diferença. Em relação aos parâmetros sanguíneos, houve diminuição no colesterol e oxidação lipídica para aves que receberam OSM. Não foi encontrado efeito nas atividades do sistema antioxidante e no comportamento das aves.
5. A inclusão do OSM apresenta ação benéfica para saúde das aves, sendo que níveis de inclusão na ração acima de 0,3% mostram-se eficientes.

Palavras-chave: co-produtos, digestibilidade, fitogênicos, frutas

Performance, health and meat quality of broilers supplemented in the diet with passion fruit seed oil

Abstract:

1. Two studies were conducted to evaluate behavior, performance, health and meat quality of broiler chickens fed with passion fruit seed oil.
2. Study I - 70 Cobb male broilers, 21-d old, distributed in metabolism cages were used in a completely randomized design with two treatments, seven replicates and five birds per experimental unit. To determine the metabolizable energy of the oil, the total excreta collection method was used. The treatments were: reference diet and diet with 10% replacement of passion fruit seed oil. The crude energy of the oil was 9,837 kcal and 9,378 kcal / kg of AME.
3. Study II - 1,680 Cobb male broilers, created from 1 to 42-d old with negative ventilation, were distributed in a completely randomized design with seven treatments: positive and negative controls (with and without antibiotics, respectively) and 5 inclusion levels of passion fruit seed oil (0.10, 0.20, 0.30, 0.40 and 0.50%) with eight replicates.
4. No difference was observed in the performance of the birds in the period from 1 to 21 days. For the period from 1 to 42 days, a linear improvement in feed conversion was observed as the inclusion of OSM was increased. No difference in carcass yield and cuts was observed, an improvement in the skin quality of the birds was observed, presenting better resistance. As for the relative weight of organs, no difference was found. As for the blood parameters, a decrease in cholesterol and lipid oxidation was observed. The effect on the activities of the antioxidant system and on the behavior of the birds was not observed.
5. The inclusion of passion fruit seed oil has a beneficial effect on bird health, with levels of inclusion in the diet above 0.3% being efficient.

Key words: by-products, digestibility, phytochemicals, fruits

INTRODUÇÃO

Originário de regiões tropicais, o maracujá (*Passiflora edulis*) encontra no Brasil condições excelentes para seu cultivo, estando, o país, em posição de destaque no cenário mundial de produção desse fruto (FAO, 2017). Durante seu processamento para fabricação do suco, principal forma de comercialização do maracujá, os resíduos resultantes do seu processamento, que podem representar 70% do peso do fruto são descartadas para o ambiente, tornando-se grande problema de resíduo agroindustrial (Oliveira et al., 2002).

O resíduo da casca e sementes do maracujá avaliados na dieta de frangos de corte e poedeiras já demonstraram benefícios no desempenho e qualidade da carne com aumento significativo de ácidos graxos insaturados nos músculos da perna e diminuição da oxidação lipídica pelas suas propriedades antioxidantes. Em contrapartida, foram prejudiciais à qualidade intestinal pelo fato de apresentar alto nível de fibra, principalmente pectina (Togashi et al., 2007, Zanetti et al., 2016 e Zanetti et al., 2017).

Assim, uma nova proposta para continuar se beneficiando das propriedades do resíduo do maracujá, sem que haja prejuízos na qualidade intestinal dos animais, seria a extração do óleo da sua semente, que tem por finalidade a utilização deste subproduto separado das fibras que compõem a semente.

Esse óleo, extraído das sementes da fruta, possui textura leve, alto teor de ácido linoleico (55 a 66%), oleico (18 a 20%) e ácido palmítico (10 a 14%), além de grande quantidade de carotenoides (75,63 mg de β -caroteno/100g de óleo), vitamina C, vitamina A, vitamina E e várias vitaminas do complexo B, bem como sais minerais, como fósforo, zinco e ferro (Leonel et al., 2000; Santana et al., 2015). Muitos destes compostos exibem propriedade antioxidante, destacando entre eles o β -caroteno, considerado pró-vitamina A, uma vez que o corpo pode transformá-lo na forma dessa vitamina (McDowell, 1989) e presente em grande quantidade nesse óleo comparado ao óleo de soja (28,65 mg de β -caroteno/100g de óleo), comumente utilizado como ingrediente na ração de frangos de corte (Ferreira et al., 2018).

A ação antioxidante, sobretudo pela grande quantidade de β -caroteno, é a característica mais importante do óleo e, está envolvida na saúde das aves atuando no combate de radicais livres pelo sistema de defesa enzimático e não-enzimático (Prasad et al., 2007; Barbosa et al., 2010); na imunidade dos animais modulando a resposta de células fagocitárias, estimulando a fagocitose e o aumento na resposta de linfócitos T

(Sarni et al., 2010) e na qualidade da carne atuando na oxidação lipídica (Ahn et al., 2007) e melhorando a qualidade de pele.

O óleo da semente de maracujá, pode ser ainda considerado um aditivo fitogênico, os quais são produtos compostos por óleos essenciais e/ou extratos vegetais utilizados nas rações para melhorar o desempenho animal, sem ação de medicamento (Catalan et al., 2012). Com a atual posição do Brasil nas exportações mundiais e impulsionado pelas exigências da demanda externa em relação ao uso de antibióticos, a utilização desses aditivos de origem vegetal podem ser um passo para que o setor avícola se modernize, com potencial oferta de produtos ambientalmente adequados, produzidos nos pilares de uma avicultura sustentável.

Neste contexto, a utilização desse subproduto gerado pelas agroindústrias de polpas de fruta no arraçamento animal, apresenta-se como estratégia alimentar que visa diminuir os custos despendidos com a alimentação, além de ir ao encontro com os anseios das políticas públicas na luta pela preservação ambiental aliada à sustentabilidade na produção animal e, por meio da qual, ocorre a transformação de resíduos que poderiam ser descartados, em produção de proteína de alto valor biológico para o consumidor (Meneghetti e Domingues, 2008).

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a energia metabolizável aparente (EMA) e os efeitos da adição de óleo da semente de maracujá na alimentação de frangos de corte sobre as características de desempenho produtivo, saúde, qualidade e oxidação da carne e comportamento dos animais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de acordo com os princípios éticos na experimentação animal (Protocolo N° 03/2016 - CEUA) determinados pela Comissão de Ética em Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu.

O OSM foi adquirido de empresa comercial e, posteriormente, foram realizadas análises para caracterização do produto (Tabela 1). No presente artigo, foram realizados dois estudos, o primeiro para avaliar a energia metabolizável aparente do OSM e o segundo para avaliar comportamento, desempenho, saúde e qualidade de carne dos frangos de corte.

No primeiro estudo, foram utilizados 70 frangos de corte machos, da linhagem Cobb, com 21 dias de idade, alojados em gaiolas de metabolismo (0,4 x 0,5 x 0,6m) e

distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos, sendo eles: ração referência (RR) à base de milho e farelo de soja (Tabela 2), segundo Rostagno et al. (2011), e ração-teste (ração referência com 10% de substituição pelo OSM) com sete repetições e cinco aves por unidade experimental.

O período experimental foi de dez dias, sendo cinco dias de adaptação e cinco dias de coleta de excretas, com água e ração à vontade. Para marcar o início e final do período de coleta, foi utilizado 1% de óxido férrico na ração. O ensaio foi conduzido conforme metodologia descrita por Sakomura e Rostagno (2007). As excretas foram recolhidas duas vezes ao dia (8h e 16h), acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em freezer (-20 °C). Ao final do período experimental foi determinada a quantidade de ração consumida, bem como a quantidade total das excretas produzidas que, posteriormente foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e, uma amostra foi retirada, sendo colocada em estufa de ventilação forçada a 65 °C, a fim de se proceder a pré-secagem.

Posteriormente, as amostras foram expostas ao ar para o equilíbrio com a temperatura e umidade ambiente. Em seguida foram pesadas, moídas e acondicionadas em recipientes para as análises laboratoriais. Das excretas e rações foram determinados os teores de matéria seca, segundo metodologia AOAC (1995) e energia bruta utilizando-se bomba calorimétrica (C-2000 Basic, IKA[®], Werke, BW, Alemanha). O valor de energia metabolizável aparente (EMA) foi calculado utilizando as equações propostas por Matterson et al. (1965) e expresso em kcal/kg com base na matéria natural.

No segundo estudo, foram utilizados 1.680 pintos de 1 dia de idade, machos, da linhagem Cobb, alojados em galpão climatizado com ventilação negativa, em 56 boxes de 2,0 m² com 30 aves cada, equipados com bebedouros tipo *nipple*, comedouro tubular e com cama reutilizada de maravalha.

O delineamento foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos: controle positivo (0,0% - com adição de antibiótico como melhorador de desempenho – AMD/Enramicina - 10 ppm); e negativo (0,0% - sem AMD) e cinco níveis de inclusão de óleo da semente de maracujá (0,10; 0,20; 0,30; 0,40 e 0,50%) e oito repetições por tratamento. As rações experimentais foram desprovidas de antibióticos como melhorador desempenho, com exceção do controle positivo, sendo utilizado anticoccidiano (Salinomocina - 66 ppm) em todos os tratamentos.

As dietas foram formuladas a base de milho e farelo de soja, segundo Rostagno et al. (2011) para frangos de corte machos de desempenho médio (Tabela 2 e 3). O programa de alimentação foi dividido em quatro fases: pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8 a 21 dias) (Tabela 3), crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 42 dias) (Tabela 4). Água e ração foram fornecidas à vontade durante o período de criação e o programa de luz foi de acordo com o manual da linhagem. As aves foram vacinadas no incubatório contra as doenças de Marek, Gumboro e Bouda aviária. Aos 10 dias, as aves foram vacinadas individualmente, por via ocular, contra o vírus da Doença de *Newcastle* (Vírus HB1 - Liofilizada - BioVet®).

Variáveis avaliadas:

- *Desempenho e rendimento de carcaça*: As pesagens das aves e das rações experimentais foram realizadas aos 7, 21, 35 e 42 dias, para calcular consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA). A mortalidade das aves foi registrada diariamente possibilitando a determinação da viabilidade do lote. Aos 42 dias de idade foram retiradas aleatoriamente três aves por unidade experimental, as quais permaneceram em jejum alimentar de oito horas, sendo pesadas individualmente e, posteriormente, insensibilizadas por eletronarcose e abatidas no abatedouro experimental da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Em seguida foram evisceradas para determinação de rendimento de carcaça, cortes e percentual de gordura abdominal.

- *Peso relativo de órgãos*: Foi retirada uma ave por repetição e sacrificada, após jejum de duas horas aos 21 e 42 dias de idade. Posteriormente foram coletados e pesados o baço, timo, bursa de Fabricius e fígado para o cálculo dos pesos relativos em relação ao peso corporal das aves em jejum, por meio da fórmula: $(\text{peso órgão}/\text{peso vivo da ave}) \times 100$.

- *Triglicerídeos e colesterol séricos*: Aos 21 e 42 dias de idade, uma ave por repetição foi selecionada e colheu-se 5,0 ml de sangue da veia jugular, sendo utilizado heparina como anticoagulante, em seguida foi centrifugado em centrífuga (model 5804, Hamburg, Germany) a 3.000 RPM. O plasma obtido foi transferido para tubos identificados e armazenados em freezer (-18 °C) para posteriores análises. A determinação dos níveis séricos de colesterol total e triglicerídeos foram realizadas utilizando-se o método enzimático-colorimétrico (LaborLab) com leitura em espectrofotômetro (FEMTO® 600, SP, Brasil). Os resultados foram expressos em mg/dL.

- *Oxidação no sangue*: Aos 42 dias de idade das aves, foram coletados 5 mL de sangue da veia braquial de uma ave por unidade experimental, em tubos de ensaio

heparinizados, para análises de estado oxidativo via determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). A lipoperoxidação foi determinada pelo método espectrofotométrico descrito por Buege e Aust (1978) e para os cálculos, foi utilizada curva padrão de malonaldeído ($y = 0,0017x + 0,023$; $R^2 = 0,993$), os resultados foram expressos em $\mu\text{mol/L}$.

- *Títulos de anticorpos contra Doença de Newcastle*: Aos 10 (antes da vacinação) 21, 35 e 42 dias de idade foram coletados de uma ave por unidade experimental, 5 mL de sangue por meio da punção da veia braquial, para avaliar os títulos séricos de anticorpos contra o vírus da Doença de *Newcastle*. As amostras de sangue foram acondicionadas em tubos de ensaio, deixadas em descanso para formação de coágulo e, posteriormente, foram centrifugadas para obtenção do soro que foi acondicionado em microtubos. A mensuração da produção de anticorpos foi avaliada por meio do ensaio imunoenzimático - Kit ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) produzido pela empresa Idexx Laboratórios® e utilizando metodologia descrita por Purchase et al. (1989).

- *Contagem diferencial de leucócitos e relação heterófilo/linfócito*: Aos 42 dias de idade foram coletados 2 mL de sangue de uma ave por unidade experimental, por meio de punção da veia braquial com seringa heparinizada, para contagem diferencial de leucócitos e determinação da relação heterófilo:linfócito (H:L), de acordo com metodologia proposta por Charles Noriega (2000). A contagem diferencial foi realizada em microscópio utilizando-se aumento de 100x. Foram contadas 100 células leucocitárias para determinar a relação H:L.

- *Atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutational peroxidase (GPx) no fígado*: Foi coletado uma amostra do fígado (metade do lóbulo esquerdo no sentido longitudinal) de uma ave por unidade experimental aos 42 dias de idade, imediatamente imersa em nitrogênio líquido, mantidos em ultrafreezer a $-80\text{ }^\circ\text{C}$ até o momento da análise. Após este procedimento, um grama de fígado foi homogeneizado com 5ml de tampão fosfato a 0,05 M (pH 7,0). Posteriormente foram centrifugados a 5.000 rpm por 20 minutos a $4\text{ }^\circ\text{C}$, e o sobrenadante foi coletado e usado para as análises enzimáticas e de proteína. A proteína total foi determinada pelo método de Bradford (1976).

A atividade da superóxido dismutase (SOD; EC 1.15.1.1) foi realizada de acordo com o método de Beauchamp e Fridovich (1971) que mede uma unidade de SOD necessária para inibir 50% do nitroazul de tetrazólio (NBT). A reação contendo 1,0 mL de

NBT $33\mu\text{mol L}^{-1}$, 0,25 mL de metionina 10 mmol L^{-1} , 0,5 mL de EDTA $0,66\text{ mmol L}^{-1}$ e 50 μL de amostra de fígado. A inibição de NBT foi mensurado em espectrofotômetro a 560 nm. Os resultados foram expressos em U/mg pt.

A atividade de catalase (CAT; EC 1.11.1.6) foi realizada de acordo com o método de Sinha (1972), pelo qual o dicromato em ácido acético é reduzido a acetato crômico na presença de H_2O_2 quando aquecido, formando ácido percrômico como intermediário instável. A mistura continha 100 μL de amostras de fígado, 500 μL de peróxido de hidrogênio e, após a reação, utilizou-se o reagente dicromato/ácido acético (3:1). A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro a 610 nm. Os resultados foram expressos em U/mg pt.

A atividade da glutathiona peroxidase (GPx; EC 1.11.1.9) foi testada de acordo com o método de Flohè e Güzler (1984). A reação continha 300 μL de tampão fosfato a 0,1 M (pH 7,4) 200 μL de GSH 2 mM, 300 μL de amostras de fígado. A reação foi parada pela adição de 500 μL de ácido tricloroacético (5%). Em seguida, foi centrifugada a 1500 rpm durante 5 minutos e o sobrenadante foi recolhido. Para cada 100 μL de sobrenadante foram adicionados 200 μL de tampão fosfato a 0,1 M pH 7,4 e 700 μL de DTNB (0,4 mg/ml). A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro a 320 nm. Os resultados foram expressos em U/mg pt.

- *Comportamento animal*: O estudo do comportamento animal foi realizado com base na análise visual e por meio do processamento de imagens digitais gravadas durante o experimento. O monitoramento por meio de câmeras de vídeo (HM-53D&N, CCD Sony® Super HAD) instaladas no galpão experimental permitiu observar os comportamentos das aves sem que houvesse interferência humana. A metodologia de coleta de dados do comportamento animal utilizada foi segundo Bizeray et al. (2002). Assim, as análises comportamentais foram realizadas considerando-se os horários das temperaturas mínima e máxima, respectivamente, as 6 e 14 horas. A frequência de cada comportamento observado foi dividida pela frequência total de comportamentos. Posteriormente, as variáveis coletadas foram classificadas em “atividade” (explorar penas, ciscar, espreguiçar, bater asas, arrepiar penas, andar), em “ócio” (em pé ou deitado), “alimentar” (comer e beber água).

- *Resistência da pele*: A resistência de pele foi mensurada a partir de amostras da pele da sobrecoxa de 16 aves/tratamento medindo 4cm x 4cm (largura e comprimento). As amostras foram submetidas ao ensaio de flexão à taxa de deformação constante para material visco-elástico com auxílio de dispositivo de fixação para teste de perfuração

adaptada ao texturômetro (CT3, Brookfield®, Middleboro, MA, USA). Foi obtida a força de ruptura (kg) necessária para romper a pele (Schmidt, 2017).

- *Qualidade de carne:* As análises foram realizadas 24 horas *post-mortem*, utilizando 16 amostras por tratamento. A coloração da carne foi determinada utilizando-se o colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta®, Inc., Osaka, Japan), seguindo o sistema CIELAB, por meio de leituras de reflectância de luz em três dimensões: L^* (luminosidade), a^* (teor de vermelho) e b^* (teor de amarelo), mediante leitura em três pontos distintos do músculo *Pectoralis major* na superfície ventral e no meio da seção cranial (Honikel, 1998). A avaliação de pH foi realizada por meio do eletrodo de inserção (Model HI 99163, Hanna Instruments®, USA) com sistema de identificação digital.

Para capacidade de retenção de água (CRA) pesou-se 2 g de músculo em balança semi-analítica (Marte®, AS2000, São Paulo, Brasil), em seguida foram colocados entre dois papéis de filtro (Whatman® #1) e submetidos a uma pressão de 10 kg durante 5 minutos. Posteriormente, as amostras foram pesadas novamente para determinar a CRA expressa em porcentagem de acordo com a fórmula: $(\text{peso final} \times 100) / \text{peso inicial}$, segundo o método de Hamm (1960).

Para determinação das perdas de peso por cozimento, as amostras após serem devidamente identificadas e pesadas em balança semi-analítica (Marte®, AS2000, São Paulo, Brasil) foram colocados em embalagens plásticas e cozidas em banho-maria (Cientec®, Charqueada, SP, Brasil) a 85°C por 30 minutos. Após resfriamento à temperatura ambiente, as amostras foram pesadas em balança semi-analítica novamente e, por meio da fórmula: $(\text{peso inicial} - \text{peso final}) \times 100 / \text{peso inicial}$ foi expresso em porcentagem, segundo metodologia descrita por Honikel (1987).

Para Força de Cisalhamento (FC) foram obtidas três sub-amostras com área de seção transversal igual a 1 cm² e um comprimento aproximadamente 3 cm, de cada amostra cozida, posicionado as fibras orientadas perpendicularmente ao dispositivo de cisalhamento Warner-Bratzler acoplado ao texturômetro (CT3, Brookfield®, Middleboro, MA, USA), segundo Lyon et al. (1998). Os resultados foram expressos em Newton (N).

- *Oxidação na carne:* Para avaliação da oxidação lipídica da carne foram utilizadas amostras de carne do peito (*Pectoralis major*), armazenadas em freezer a -18 °C, e analisadas durante quatro períodos de armazenamento (30, 60, 90 e 120 dias) observando-se a oxidação equivalente em malonaldeído, pela metodologia de TBARS (Thiobarbituric Acid Reactive Substance) de acordo com Wyncke (1970), em um delineamento fatorial 4x7 (quatro períodos de armazenamento e sete níveis - controle positivo, negativo e cinco

níveis de inclusão do OSM), com 10 repetições cada. Em cada etapa de armazenamento, 10 g de amostras de carnes, descongeladas em geladeira por 8 horas, foram homogeneizadas durante 2 minutos utilizando-se misturador Ultra-Turrax e foram adicionadas a 50 ml de solução de ácido tricloroacético a 7,5%. Em seguida, esta mistura foi filtrada e uma alíquota de 5,0 ml foi misturada com 5,0 ml de solução de TBA (0,020 mol/L) e colocada em banho-maria (100 °C) por 30 minutos. A absorbância das amostras foi medida a 532nm em espectrofotômetro (FEMTO 600®, São Paulo, Brasil), em duplicata, e expressa em miligramas de malonaldeído (MDA) por quilograma de carne utilizando-se como base uma curva padrão feita com 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP).

- *Análise dos dados:* Os dados obtidos no experimento foram testados quanto à normalidade de distribuição e, posteriormente, foram submetidos a análise de regressão entre os níveis de inclusão do óleo da semente de maracujá (0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5%). Para comparar as médias dos tratamentos propostos com o controle positivo (com AMD), foi realizado análise de variância e quando significativo realizado o teste de Dunnett a 5% de probabilidade, com auxílio do Modelo Linear Generalizado (GLM) do software estatístico Minitab® (Minitab Versão 18, Minitab Inc., State College, PA, 2017).

RESULTADOS

No estudo I, o óleo da semente de maracujá apresentou 9.837 kcal/kg de energia bruta e 9.378 kcal/kg de energia metabolizável aparente (EMA), apresentando 95% de aproveitamentos pelas aves.

No estudo II, foi encontrado efeito linear para conversão alimentar no período de 1 a 42 dias (Tabela 5), os níveis com inclusão do OSM não diferiram em relação ao controle positivo, apenas o nível 0,0% se diferenciou, e foi observado um efeito linear, à medida que aumentou a inclusão do OSM, melhorando a conversão alimentar. Efeito similar foi encontrado na oxidação sanguínea (Tabela 8) apresentando diminuição na quantidade de malonaldeído à medida que se aumentou a inclusão do OSM nas dietas. O mesmo efeito foi observado para os níveis séricos de colesterol. Também foi observado que aos 42 dias de idade, os animais que receberam níveis mais altos do óleo da semente de maracujá apresentaram maior título de anticorpos contra a doença de *Newcastle* (Tabela 9).

Uma melhora na condição de ruptura da pele foi observada com a inclusão do OSM, à medida que foi incluído o produto na ração, aumentou linearmente a força necessária para romper a pele (Tabela 13). Quanto a qualidade da carne, encontrou-se diferença para força de cisalhamento (Tabela 13) reduzindo linearmente a força

necessária para romper as fibras musculares à medida que incluiu o OSM na dieta. Já para a oxidação lipídica (Tabela 14), foi observado interação entre o tempo de armazenamento e os níveis de inclusão do OSM (Figura 1), sendo observado efeito linear entre os tratamentos nos dias 60, 90 e 120 dias de armazenamento.

Por outro lado, não foram encontradas diferenças para os rendimentos de carcaça e cortes (Tabela 6), peso relativo de órgãos aos 21 e 42 dias de idade (Tabela 7) e contagem diferencial de células sanguíneas (Tabela 10). Também não foi observado diferença quanto a atividade das enzimas antioxidantes SOD, CAT e GPx no fígado das aves (Tabela 11) e comportamento das aves (Tabela 12).

DISCUSSÃO

A melhor conversão alimentar observada aos 42 dias de idade nos frangos dos tratamentos com inclusão do OSM, igualando-se aos do controle positivo, pode estar ligada a ação antioxidante e antibacteriana do maracujá (López-Vargas et al., 2013). Em se tratando de óleo essencial, a ação antimicrobiana ocorre devido ao efeito que este exerce na estrutura da parede da célula bacteriana, promovendo a desnaturação e coagulação das proteínas; o caráter lipofílico dos óleos e seu acúmulo nas membranas celulares levam ao rompimento da parede celular das bactérias (Dorman e Deans, 2000).

A ação contra as reações oxidativas dos lipídeos em função da característica antioxidante do óleo também está ligada aos níveis séricos de colesterol do sangue, fato esse confirmado pela menor presença de malonaldeído no sangue dos animais do presente estudo à medida que se adicionou óleo da semente de maracujá na dieta, indicando menor oxidação lipídica no sangue dos mesmos.

Os ácidos graxos poliinsaturados (AGP) estão envolvidos nas concentrações de lipídeos no sangue, pois, diminuem a concentração de colesterol no plasma, devido a gordura insaturada na dieta resultar em quilomícrons maiores em comparação à saturada. Os quilomícrons são formados a partir da gordura dietética no enterócitos do intestino delgado e tamanhos menores desses podem levar a mais colesterol deixado no intestino como gordura saturada. Em contrapartida, ácidos graxos insaturados tendem a resultar em quilomícrons maiores do que saturado, os quais parecem ser eliminados mais rapidamente (Norum, 1992).

A presença do OSM na dieta também influenciou no aumento nos títulos de anticorpos contra a doença de *Newcastle* das aves aos 42 dias de idade. De acordo com Sijben et al. (2001) o aumento ou a diminuição da resposta de anticorpos está relacionado a

fonte de ácidos graxos da dieta, ou seja, o consumo de óleos ricos em AGP n-6 favorece a via da produção e liberação de citocinas séricas que estimulam preferencialmente as Th2 (T *helper* 2), essa produção de anticorpos em resposta à vacina é dependente de células Th2, sendo favorecida por dietas ricas em AGP n-6, como o OSM, o qual está associada ao aumento da resposta de anticorpos, como foi observado no presente estudo.

Sobre sua ação antioxidante, o óleo apresentou 416 mM equivalente de Trolox/100g óleo (Tabela 1) na análise de ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity), que mede o grau de inibição da oxidação induzida por radical peróxido pelos compostos de interesse em um meio químico.

A diminuição da oxidação lipídica sanguínea pode ter ocorrido em função da presença do β -caroteno presente no óleo (4,64 $\mu\text{g/g}$), quantidade expressiva quando comparada a outras fontes de β -caroteno (Rodríguez-Amaya, Kimura e Amaya-Farfan, 2008). Foote e Denny (1968) atribuíram ao β -caroteno a capacidade de reprimir a formação de oxigênio singlet ($^1\text{O}_2$), além da ação supressora dos radicais ativos pelo bloqueio do oxigênio singlet, quando adicionado em sistema contendo óleo de soja, reduzindo o nível da oxidação (Warner e Frankel, 1987; Lee e Min, 1988).

A desativação do $^1\text{O}_2$ pelos carotenóides ocorre por vias físicas e químicas, sendo as vias físicas predominantes. A desativação física envolve a transferência de energia do $^1\text{O}_2$ para o carotenóide, gerando O_2 no estado fundamental e carotenóide no estado tripleto excitado. A energia absorvida pelo carotenóide é dissipada por vibrações e rotações e as interações destas com o meio circundante, permanecendo intacto no final do processo, estando apto para novas desativações. O β -caroteno exibe boa capacidade de captura de radicais somente a pressões parciais de oxigênio significativamente abaixo de 150 torr, ou seja, a pressão normal de oxigênio no ar, comumente encontrada na maior parte dos tecidos sob condições fisiológicas (Cardoso, 1997). Barbosa-Filho et al. (2008) observaram que carotenóides presentes em frutas possuem ação antioxidante e podem atuar na prevenção de diversas doenças.

Nesse conceito, era esperado efeito na atividade antioxidante das enzimas SOD, CAT e GPx do fígado das aves; entretanto, no presente estudo as condições de criação não foram suficientes para causar estresse e desencadear esse desequilíbrio de maneira acentuada e, conseqüentemente, provocar aumento significativo das atividades dessas enzimas.

A melhora observada na qualidade da pele, que se tornou mais resistente à medida que se adicionou OSM na ração, pode ser justificada pela grande quantidade de ácido graxo oleico (C18:1) que atua como antioxidante reduzindo a peroxidação lipídica. O ácido

oleico confere proteção contra a peroxidação lipídica, compreendida como o maior dano causado pelo aumento dos radicais livres, levando a perda irreversível da fluidez e elasticidade das membranas celulares, podendo ainda, em última estância, levar a ruptura da célula (Wickens, 2001). Além disso, essas oxidações envolvendo a formação de radicais livres também aceleram o fenômeno de envelhecimento por causar danos ao DNA e por atuarem na glicação proteica, a qual envolve a perda das funções biológicas de proteínas, como o colágeno, que resultam em alterações da estrutura das membranas e aumento da flacidez da pele (Jay et al., 1998). Dada a ação antioxidante do OSM, essas reações oxidativas foram evitadas à medida que se adicionou mais óleo na ração.

A preservação dos ácidos graxos pela ação antioxidante ainda está ligada à maciez da carne, os quais parecem também estar envolvidos indiretamente na síntese de colágeno, diminuindo as ligações cruzadas do mesmo e influenciando assim, a textura da carne (Liu et al., 2004). Em geral, a quantidade de ligações cruzadas está mais envolvida na idade dos animais, sendo que animais mais velhos possuem maiores ligações cruzadas entre as fibras de colágeno do que os mais novos, tornando a carne desses últimos mais macia (Bailey, 1985). Entretanto, estudos revelam que há também influência dos ácidos graxos sobre os tecidos de frangos de corte, sendo verificado menor nível de ligações cruzadas de colágeno em tecidos de aves alimentadas com óleo de soja, rico em ácidos graxos poliinsaturados n-6 (Liu et al., 2004). Esse fato, pode justificar o aumento da maciez da carne de frangos à medida que aumentou o nível de óleo da semente de maracujá, rico em ácidos AGP (Tabela 1) e, conseqüentemente, aumento desses na dieta dos frangos.

Em relação à qualidade do produto final, observa-se ao longo do tempo que há um aumento nos teores de malonaldeído, uma vez que, trata-se de um processo natural (Karakaya et al., 2011). Entretanto, observando-se os tratamentos dentro dos dias de avaliação, houve maior proteção contra a oxidação lipídica da carne, indicada pela diminuição dos teores de malonaldeído à medida que aumentou o nível de inclusão do OSM na dieta. Essa oxidação é um processo indesejável dentro das indústrias produtoras de alimentos, pois a decomposição de lipídeos e produção de compostos voláteis causam alterações sensoriais, sobretudo na cor e sabor, reduzindo assim, o valor nutricional dos alimentos (Karpinska et al., 2001; Melo e Guerra, 2002).

Em conclusão, o óleo da semente de maracujá, que apresenta 9.378 kcal de EMA/kg na MN, tem como principal característica a ação antioxidante capaz de melhorar a saúde, a pele e a qualidade da carne dos frangos de corte quando em níveis de inclusão na ração acima de 0,3%.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - FMVZ/Botucatu, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo N° 2016/01280-5 e Processo N° 2016/18385-4) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

REFERÊNCIAS

- AOAC. (1995) Official Methods of Analysis. 16th edn. Association of Official Analytical Chemists, Inc.; Arlington, VA, USA.
- AHN, J.; GRÜN, I. U. and MUSTAPHA, A. (2007) Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef. *Food Microbiology*, **24**(1):7-14.
- BAILEY, A.J. (1985) The role of collagen in the development of muscle and relationship to eating quality. *Journal of Animal Science*, **60**:1580-1587.
- BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. C. G.; DE PAULA, S.O.; MINIM, V.P.R. and BRESSAN, J. (2010) Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. *Revista de Nutrição*, **23**(4):629-643, 2010.
- BARBOSA-FILHO, J.M.; ALENCAR, A.A.; NUNES, X.P., TOMAZ, A.C.A.; SENA-FILHO, J.G.; ATHAYDE-FILHO, P.F.; SILVA, M.S.; SOUZA, M.F.V. and DA-CUNHA, E.V.L. (2008) Sources of alpha-, beta-, gamma-, delta- and epsilon-carotenes: A twentieth century review. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, **18**: 135-154.
- BEAUCHAMP, C. and FRIDOVICH, I. (1971) Superoxide dismutase: improved assay and applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry*, **44**:276-287.
- BIZERAY, D.; ESTEVEZ, I.; LETERRIER, C. and FAURE, F.M. (2002) Effects of increasing environmental complexity on the physical activity of broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science*, **79**:27-41.
- BRADFORD, M. M. (1976) A rapid method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of proteinage binding. *Analytical Biochemistry*, **72**:248-254.
- BUEGE, J.A. and AUST, S.D. (1998) Microsomal lipid peroxidation. *Methods in Enzymology*, **52**:302-310.
- CARDOSO, S.L. (1997) Fotofísica de carotenóides e o papel antioxidante de β -caroteno. *Química nova*, **20**(5):535-540.

- CATALAN, A.A.S; GOPINGER, E.; LOPES, D.C.N.; GONÇALVES, F. M.; ROLL, A.A.P.; XAVIER, E. G.; AVILA, V.S.; ROLL, V.F.B. (2012) Phytogetic additives in animal nutrition: *Panax ginseng*. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, **107**:15-21.
- CHARLES NORIEGA M.L.V.C. (2000) Apuntes de hematología aviar: material didático para curso de hematologia aviária. Departamento de Producción Animal: Aves, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 70p.
- DORMAN, H.J.D. and DEANS, S.G. (2000) Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oil. *Journal of Applied Microbiology*, **83**:308-316.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Divisão de estatística. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 05 jul. 2017.
- FERREIRA, C.D.; ZIEGLER, V.; LINDEMANN, I.S.; HOFFMANN, J.F.; VANIER, N.L.; OLIVEIRA, M. (2018) Quality of black beans as a function of long-term storage and moldy development: chemical and functional properties of flour and isolated protein. *Food Chemistry*, **246**:473-480.
- FLOHÈ, L. and GÜNZLER, W.A. (1984). Assays of glutathione peroxidase. *Methods in Enzymology*, **105**:114-121.
- FOOTE, C.S. and DENNY, R.W. (1968) Chemistry of singlet oxygen quenching by β -carotene. *Journal of the American Chemical Society*, **90**:6233-6235.
- HAMM, R. (1960) Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research*, **10**(2):335-443.
- HONIKEL, K.O. (1987) The water binding of meat. *Fleischwirtsch*, **67**:1098–1102.
- HONIKEL, K.O. (1998) Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, **49**:447-457.
- JAY, V.; BERTHON, J.Y.; HAGEGE, D.; POUGET, M.P.; LEJEUNE, B.; POURRAT, H. (1998) New active ingredient for aging prevention. *Cosmet.Toiletries*, **113**:71-77.
- KARAKAYA, M.; BAYRAK, E.; ULUSOY, K. (2011) Use of Natural Antioxidants in Meat and Meat Products. *Journal of Food Science and Engineering*, **1**:1-10.
- KARPINSKA, M.; BOROWSKI, J. and DANOWSKA-OZIEWICZ, M. (2001) The use of natural antioxidants in ready-to-serve food. *Food Chemistry*, **72**(1):5-9.
- LEE, E.C. and MIN, D.B. (1988) Quenching mechanism of β -carotene on the chlorophyll sensitized photooxidation of soybean oil. *Journal of Food Science*, **53**(6):1894-1895.

- LEONEL, S.; LEONEL, M.; DUARTE-FILHO, J. (2000) Principais produtos e subprodutos obtidos do maracujazeiro. *Informe Agropecuário*, **21**: 86-88.
- LIU, D.; VEIT, H.P. and DENBOW, D.M. (2004) Effects of long-term dietary lipids on matures bone mineral content, collagen, crosslinks, and prostaglandin E₂ production in Japanese quail. *Poultry Science*, **83**:1876-83.
- LÓPEZ-VARGAS, J.H.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; and VIUDA-MARTOS, M. (2013) Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber poder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. flavicarpa) co-products. *Food Research International*, **51**:756-763.
- LYON, C.E.; LYON, B.G. and DICKENS, J.A. (1998) Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. *Journal of Applied Poultry Research*, **7**:53-60.
- MATTERSON, L.D., POTTER, L.M., STUTZ, N.W. (1965) The metabolizable energy of feeds ingredient for chickens. Storrs: University of Connecticut - Agricultural Experiment Station. p.11.
- MCDOWELL, L. R. (1989) Vitamins in Animal Nutrition. *Academic Press*. Sandiego. 486p.
- MELO, E. A. and GUERRA, N. B. (2002) Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, **36**(1):1-11.
- MENEGHETTI, C. C. and DOMINGUES, J. L. (2008) Características nutricionais e uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. *Revista Eletrônica Nutritime*, **5**(2):512-536.
- NORUM, K.R. (1992) Dietary fat and blood lipids. *Nutrition Reviews*, **50**(4):30-37.
- OLIVEIRA, L.F.; NASCIMENTO, M.R.F.; BORGES, S.V.; RIBEIRO, P.C.N.; and RUBACK, V. R. (2002) Aproveitamento alternativo da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. flavicarpa Deg.) para produção de doce em calda. *Food Science and Technology*, **22**:259-262.
- PRASAD, A. S.; BECK, F. W. J.; BAO, B.; FITZGERALD, J.T.; SNELL, D.C.; STEINBERG, J.D. and CARDOZO, L.J. (2007) Zinc supplementation decreases incidence of infections in the elderly: effect of zinc on generation of cytokines and oxidative stress. *American Journal of Clinical Nutrition*, **85**(3):837-844.

- PRIOR, R.L., HOANG, H., GU, L., WU, X., BACCHIOCCA, M., HOWARD, L., HAMPSCHE-WOODILL, M., HUANG, D., OU, B., JACOB, R. (2003) Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity oxygen radical absorbance capacity (ORACFL) of plasma and other biological and food samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**: 3273-79.
- PURCHASE, H.G.; ARP, L.H.; DOMERMUTH, C.H. and PEARSON, J.E.A. (1989) Laboratory manual of isolation and identification of avian pathogens. 3ed. Duden, Kendall, Hunt:Publishing Company, 227p.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M. and AMAYA-FARFAN, J. (2008) Fontes Brasileiras De Carotenóides:Tabela Brasileira de Composição de Carotenóides em Alimentos. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: MMA/SBF, 99p.
- 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. and EUCLIDES, R.F. (2011) *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3.ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 186p.
- SAKOMURA, N.K. and ROSTAGNO, H.S. (2007) *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. FUNEP, Jaboticabal, 283p.
- SANTANA, F. C.; SHINAGAWA, F. B.; ARAUJO, E. S.; COSTA, A.M. and MANCINI-FILHO, J. (2015) Chemical composition and antioxidant capacity of brazilian passiflora seed oils. *Journal of Food Science*, **80**(12):2647- 2654.
- SARNI, R. O. S.; SOUZA, F. I. S.; COCCO, R. R. (2010) Micronutrientes e sistema imunológico. *Revista Brasileira de Alergia e Imunopatologia*, **33**:8-13.
- SCHMIDT, J.M. (2017) *Adição de queratinase em dietas contendo inibidores de tripsina para frangos de corte*. Palotina: Universidade Federal do Paraná. 2017. 95p. (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal do Paraná.
- SJBEN J.W., SCHRAMA J.W., PARMENTIER H.K., VAN DER POEL J.J. and KLASING K.C. 2001. Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on in vivo splenic cytokine mRNA expression in layer chicks immunized with *Salmonella typhimurium* lipopolysaccharide. *Poultry Science* 80(8):1164-1170.
- SILVA, D.J. and QUEIROZ, A.C. (2002) *Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 235p.
- SINHA, A.K. (1972) Colorimetric assay of catalase. *Analytical Biochemistry*, **47**:389-394.

- SOLER-RIVAS, C., ESPÍN, J.C., WICHERS, H.J. (2000) An easy and fast test to compare total free radical scavenger capacity of foodstuffs. *Phytochemical Analysis*, **11**:1-9.
- TOGASHI, C.K.; FONSECA, J.B.; SOARES, R.T.R.N.; GASPAR, A. and DETMANN, E. (2007) Composição em ácidos graxos dos tecidos de frangos de corte alimentados com subprodutos de maracujá. *Revista Brasileira de Zootecnia*. **36**:2063-2068.
- WARNER, K. and FRANKEL, E.N. (1987) Effects of β -carotene on light stability of soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **64**:213-218.
- WICKENS, A.P. (2001) Ageing and the free radical theory. *Respiration Physiology*, **128**:379-391.
- WYNCKE, W. (1970) Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette-Scifen Anstrichmittel*, **72**:1084-1087.
- ZANETTI, L.H.; POLYCARPO, G.V.; BRICHI, A.L.C.; BARBIERI, A.; OLIVEIRA, R.F.; SABBAG, O.J.; COOKE, R.F. and CRUZ-POLYCARPO, V.C. (2014) Performance and economic analysis of broilers fed diets containing acerola meal in replacement of corn. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, **51**:224-232.
- ZANETTI, L.H.; MURAKAMI, A.E.; DIAZ-VARGAS, M.; GUERRA, A.F.Q.G.; OSPINA-ROJAS, I.C.; PINTRO, P.T. and CRUZ-POLYCARPO, V.C. (2016) By-product of passion fruit seed (*Passiflora edulis*) in the diet of commercial laying hens. *Canadian Journal of Animal Science*, **96**:488-494.
- ZANETTI, L.H.; MURAKAMI, A.E.; DIAZ-VARGAS, M.; GUERRA, A.F.Q.G.; OSPINA-ROJAS, I.C.; NASCIMENTO, G.R.; SANTOS, T.C. and PINTRO, P.T.M. (2017) By-product of passion fruit seed (*Passiflora edulis*) in the diet of broilers. *Canadian Journal of Animal Science*, **98**:109-118.

Tabela 1. Caracterização e determinação do potencial antioxidante do óleo da semente de maracujá.

Parâmetro	Quantidade	
Índice de saponificação, mg KOH/g	194,33	
Índice de iodo, g I ₂ /100g	236,77	
Carotenoides totais, mg de β-caroteno/100g de óleo*	75,63	
Compostos fenólicos totais, g GAE/100 g de óleo*	1,47	
¹ CE ₅₀ , mg/ml**	7,20	
² ORAC, mM equivalente de TE/100g de óleo**	416	
Composição dos principais ácidos graxos**		
Fórmula	Nome	Quantidade (%)
14 : 0	Mirístico	0,09 ± 0,01
16 : 0	Palmítico	10,99 ± 0,03
16 : 1	Palmitoléico	0,17 ± 0,01
17 : 0	Margárico	0,07 ± 0,00
18 : 0	Estearico	2,89 ± 0,02
18 : 1 (n-9)	Oléico	14,89 ± 0,06
18 : 1 (n-7)	Vacênico	0,96 ± 0,04
18 : 2 (n-6)	Linoléico	69,14 ± 0,01
18 : 3 (n-3)	Linolênico	0,39 ± 0,01
20 : 0	Eicosanóico	0,12 ± 0,02
20 : 1	Eicosenóico	0,11 ± 0,04
22 : 0	Docosanóico	0,06 ± 0,01
22 : 1	Erúcico	0,05 ± 0,01
24 : 0	Lignocérico	0,06 ± 0,00
	Saturados	14,28 ± 0,01
	Monoinsaturados	16,19 ± 0,02
	Polinsaturados	69,53 ± 0,02

*Santana et al. (2015)

** Análises realizadas na Faculdade de Ciências Farmacêuticas do Departamento de Alimentação e Nutrição Experimental da Universidade de São Paulo.

¹CE₅₀: Concentração Eficiente, concentração da amostra necessária para sequestrar 50% dos radicais de DPPH - Soler-Rivas et al. (2000)

²ORAC: "Oxygen Radical Absorbance Capacity" - Prior et al. (2003)

Tabela 2. Composição porcentual e nutricional calculada da ração referência.

Ingredientes	Quantidade (%)
Milho	65,355
Farelo de soja 45%	27,113
Milho glúten 60%	4,379
Fosfato bicálcico	1,250
Calcário	0,817
DL-Metionina	0,194
L-Lisina HCL	0,277
L-Treonina	0,016
Suplemento vitamínico ¹	0,075
Suplemento mineral ²	0,075
Sal comum	0,450
Total	100
Composição nutricional calculada	
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.100
Proteína bruta (%)	20,48
Cálcio (%)	0,732
Fósforo disponível (%)	0,342
Potássio (%)	0,691
Sódio (%)	0,198
Cloro (%)	0,323
Lisina digestível (%)	1,078
Metionina digestível (%)	0,497
Met + Cys digestível (%)	0,787
Treonina digestível (%)	0,701

¹ Suplemento Vitamínico (níveis de garantia/kg de ração): Vitamina A (mín) 13.500 U.I.; Vitamina D3 (mín) 3.750 U.I.; Vitamina E (mín) 30 U.I.; Vitamina K3 (mín) 3,75 mg; Vitamina B1 (mín) 3 mg; Vitamina B2 (mín) 9 mg; Ácido pantotênico (mín) 18 mg; Vitamina B6 (mín) 4,5 mg; Vitamina B12 (mín) 22,5 µg; Ácido Nicotínico (mín) 52,5 mg; Ácido Fólico (mín) 2,25 mg; Biotina (mín) 0,15 mg; Selênio (mín) 0,375 mg.

² Suplemento Mineral (níveis de garantia/kg de ração): Ferro (mín) 50 mg; Cobre (mín) 10 mg; Manganês (mín) 65 mg; Cobalto (mín) 1 mg; Zinco (mín) 65 mg; Iodo (mín) 1 mg.

Tabela 3. Composição percentual e nutricional calculada das dietas experimentais (Pré-inicial e inicial).

Ingredientes	Pré-inicial							Inicial						
	CP ¹	0,0 ²	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	CP ¹	0,0 ²	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Milho	55,544	55,570	55,584	55,598	55,612	55,625	55,639	59,634	59,660	59,674	59,688	59,702	59,716	59,729
Farelo de soja, 45%	38,166	38,161	38,159	38,156	38,154	38,151	38,149	34,676	34,672	34,669	34,667	34,664	34,662	34,659
Óleo de soja	2,037	2,028	1,916	1,805	1,694	1,582	1,471	2,017	2,008	1,897	1,785	1,674	1,562	1,451
Óleo da semente de maracujá	-	-	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	-	-	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500
Fosfato bicálcico	1,908	1,908	1,908	1,908	1,908	1,908	1,908	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499
Calcário	0,802	0,802	0,802	0,802	0,802	0,802	0,802	0,829	0,829	0,829	0,829	0,829	0,829	0,829
DL-Metionina, 99%	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,284	0,284	0,284	0,284	0,284	0,284	0,284
L-Lisina HCL, 78,4%	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216
L- Treonina, 98,5%	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064
Antibiótico ³	0,0125	-	-	-	-	-	-	0,0125	-	-	-	-	-	-
Anticoccidiano ⁴	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055
Colina	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
Suplemento vitamínico ⁵	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Suplemento mineral ⁶	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal comum	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composição nutricional calculada														
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Proteína bruta (%)	22,20	22,20	22,20	22,20	22,20	22,20	22,20	20,80	20,80	20,80	20,80	20,80	20,80	20,80
Cálcio (%)	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Fósforo disponível (%)	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Potássio (%)	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Sódio (%)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloro (%)	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Lisina digestível (%)	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
Metionina digestível (%)	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Met + Cys digestível (%)	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Treonina digestível (%)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76

¹ CP: Controle Positivo; ² Controle Negativo; ³ Enramicina (10 ppm); ⁴ Salinomocina (66 ppm);

⁵ Suplemento Vitamínico (níveis de garantia/kg de ração): Vitamina A (mín) 13.500 U.I.; Vitamina D3 (mín) 3.750 U.I.; Vitamina E (mín) 30 U.I.; Vitamina K3 (mín) 3,75 mg; Vitamina B1 (mín) 3 mg; Vitamina B2 (mín) 9 mg; Ácido pantotênico (mín) 18 mg; Vitamina B6 (mín) 4,5 mg; Vitamina B12 (mín) 22,5 µg; Ácido Nicotínico (mín) 52,5 mg; Ácido Fólico (mín) 2,25 mg; Biotina (mín) 0,15 mg; Selênio (mín) 0,375 mg.

⁶ Suplemento Mineral (níveis de garantia/kg de ração): Ferro (mín) 50 mg; Cobre (mín) 10 mg; Manganês (mín) 65 mg; Cobalto (mín) 1 mg; Zinco (mín) 65 mg; Iodo (mín) 1 mg.

Tabela 4. Composição percentual e nutricional calculada das dietas experimentais (Crescimento e final).

Ingredientes	Crescimento							Final						
	CP ¹	0,0 ²	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	CP ¹	0,0 ²	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Milho	62,250	62,276	62,290	62,303	62,317	62,331	62,345	67,083	67,083	67,097	67,110	67,124	67,138	67,152
Farelo de soja, 45%	31,469	31,464	31,462	31,459	31,457	31,454	31,452	27,230	27,230	27,228	27,225	27,223	27,220	27,218
Óleo de soja	3,006	2,998	2,886	2,775	2,663	2,552	2,441	2,791	2,791	2,679	2,568	2,457	2,345	2,234
Óleo da semente de maracujá	-	-	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	-	-	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500
Fosfato bicálcico	1,256	1,256	1,256	1,256	1,256	1,256	1,256	1,041	1,041	1,041	1,041	1,041	1,041	1,041
Calcário	0,784	0,784	0,784	0,784	0,784	0,784	0,784	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710
DL-Metionina, 99%	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	0,237	0,237	0,237	0,237	0,237	0,237	0,237
L-Lisina HCL, 78,4%	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233
L- Treonina, 98,5%	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052
Antibiótico ³	0,0125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anticoccidiano ⁴	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	-	-	-	-	-	-	-
Colina	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
Suplemento vitamínico ⁵	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
Suplemento mineral ⁶	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal comum	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composição nutricional calculada														
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150
Proteína bruta (%)	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Cálcio (%)	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Fósforo disponível (%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Potássio (%)	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Sódio (%)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloro (%)	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Lisina digestível (%)	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
Metionina digestível (%)	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Met + Cys digestível (%)	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Treonina digestível (%)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66

¹ CP: Controle Positivo; ² Controle Negativo; ³ Enramicina (10 ppm); ⁴ Salinomocina (66 ppm);

⁵ Suplemento Vitamínico (níveis de garantia/kg de ração): Vitamina A (mín) 13.500 U.I.; Vitamina D3 (mín) 3.750 U.I.; Vitamina E (mín) 30 U.I.; Vitamina K3 (mín) 3,75 mg; Vitamina B1 (mín) 3 mg; Vitamina B2 (mín) 9 mg; Ácido pantotênico (mín) 18 mg; Vitamina B6 (mín) 4,5 mg; Vitamina B12 (mín) 22,5 µg; Ácido Nicotínico (mín) 52,5 mg; Ácido Fólico (mín) 2,25 mg; Biotina (mín) 0,15 mg; Selênio (mín) 0,375 mg.

⁶ Suplemento Mineral (níveis de garantia/kg de ração): Ferro (mín) 50 mg; Cobre (mín) 10 mg; Manganês (mín) 65 mg; Cobalto (mín) 1 mg; Zinco (mín) 65 mg; Iodo (mín) 1 mg.

Tabela 5. Desempenho de frangos de corte machos de 1 a 21 e 1 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.

Nível (%)	1 a 21 dias				1 a 42 dias			
	GP (g)	CR (g)	CA	VB	GP (g)	CR (g)	CA	VB
CP	792	1143	1,442	98,82	2892	4743	1,640	97,27
0,0	779	1150	1,476	98,50	2718	4813	1,771*	97,45
0,1	798	1173	1,469	99,13	2795	4830	1,731	97,34
0,2	801	1170	1,461	99,29	2764	4695	1,699	97,74
0,3	792	1153	1,455	98,82	2816	4695	1,669	97,70
0,4	804	1197	1,489	99,04	2875	4746	1,651	97,82
0,5	803	1183	1,472	98,97	2807	4585	1,635	97,45
<i>P value</i>	0,252	0,291	0,854	0,170	0,108	0,113	0,001 ¹	0,279
CV (%)	2,14	4,25	3,80	0,57	3,23	3,49	4,38	0,54

GP: Ganho de peso; CR: Consumo de ração; CA: Conversão alimentar; VB: Viabilidade; CP: Controle positivo; CV: Coeficiente de variação. *Difere do CP pelo teste de Dunnett (P<0,05).

¹Y= - 0,271x + 1,761; R²= 0,971

Tabela 6. Rendimento de carcaça e cortes (%) de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.

Nível (%)	Carcaça	Peito	Asas	Coxa	Sobrecoxa	Dorso	Gordura Abdominal
CP	74,94	41,24	10,61	14,09	14,23	17,78	1,92
0,0	74,86	40,55	10,40	13,81	14,51	17,88	1,90
0,1	74,69	40,62	10,53	14,53	14,28	17,87	1,93
0,2	74,83	40,80	10,42	14,38	14,98	17,65	1,98
0,3	74,94	40,82	10,93	14,18	14,77	17,74	1,91
0,4	74,42	40,79	10,91	14,05	14,82	17,96	1,99
0,5	74,48	40,88	10,57	14,25	14,72	17,85	1,94
<i>P value</i>	0,128	0,215	0,392	0,605	0,153	0,976	0,125
CV (%)	2,90	5,00	4,74	5,95	7,62	6,22	7,67

CP: Controle positivo; CV: Coeficiente de variação; *Difere do CP pelo teste de Dunnett (P<0,05).

Tabela 7. Peso relativo de órgãos (%) de frangos de corte machos de 1 a 21 e 1 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.

Nível (%)	1 a 21 dias				1 a 42 dias			
	Baço	Bursa de Fabricius	Timo	Fígado	Baço	Bursa de Fabricius	Timo	Fígado
CP	0,087	0,193	0,375	2,631	0,078	0,156	0,244	1,881
0,0	0,072	0,196	0,357	2,393	0,079	0,148	0,261	1,701
0,1	0,078	0,219	0,435	2,523	0,084	0,154	0,341	1,872
0,2	0,089	0,222	0,404	2,615	0,091	0,146	0,357	1,885
0,3	0,084	0,242	0,401	2,547	0,090	0,130	0,255	1,828
0,4	0,073	0,202	0,429	2,387	0,081	0,147	0,319	1,756
0,5	0,084	0,199	0,462	2,576	0,092	0,131	0,265	1,784
<i>P value</i>	0,393	0,417	0,535	0,534	0,420	0,242	0,591	0,984
CV (%)	19,25	23,83	28,74	9,34	25,21	24,51	30,69	9,09

CP: Controle positivo; CV: Coeficiente de variação.

Tabela 8. Colesterol total (mg/dL), triglicerídeos (mg/dL) e TBARS plasmáticos (μmol de MDA/L) de frangos de corte machos aos 21 e 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.

Nível (%)	21 dias		42 dias		
	Colesterol	Triglicerídeos	Colesterol	Triglicerídeos	TBARS
CP	156	87	174	85	9,24
0,0	154	87	174	87	9,18
0,1	152	87	164	80	8,49
0,2	153	87	165	83	8,65
0,3	134*	84	158*	85	8,23*
0,4	133*	84	157*	84	8,13*
0,5	132*	84	151*	82	8,05*
<i>P value</i>	0,002 ¹	0,646	0,006 ²	0,925	0,002 ³
CV (%)	13,48	23,51	15,59	26,76	16,52

CP: Controle positivo; CV: Coeficiente de variação; *Difere do CP pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$).

¹ $Y = - 51,704x + 156,86$; $R^2 = 0,823$

² $Y = - 41,206x + 172,37$; $R^2 = 0,905$

³ $Y = - 2,156x + 9,001$; $R^2 = 0,901$

Tabela 9. Valores de títulos de anticorpos de frangos de corte vacinados contra o vírus da Doença de *Newcastle*, expresso em médias geométricas (GMT), alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.

Nível (%)	AC 10d	AC 21d	AC 31d	AC 42d
CP	152,0	178,2	511,0	1124,2
0,0	149,1	204,0	682,2	1193,2
0,1	181,2	294,2	623,3	1269,0
0,2	120,1	263,8	849,1	1364,0
0,3	129,0	226,0	746,0	1539,7*
0,4	154,0	202,7	807,2	1532,7*
0,5	129,2	200,1	604,8	1616,8*
<i>P value</i>	0,433	0,560	0,438	0,042 ¹
CV (%)	51,20	82,49	74,54	48,462

CP: Controle positivo; AC 10d: Título de anticorpos aos 10 dias de idade; AC 21d: Título de anticorpos aos 21 dias de idade; AC 31d: Título de anticorpos aos 31 dias de idade; AC 42d: Título de anticorpos aos 42 dias de idade; CV: Coeficiente de variação; *Difere do CP pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$).

¹ $Y = 852,9x + 1222$; $R^2 = 0,906$

Tabela 10. Valores hematológicos (%) e relação heterófilo:linfócito (H:L) de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.

Nível (%)	LINF ¹	HET ²	MONO ³	EOSIN ⁴	BASOF ⁵	TROMB ⁶	H/L ⁷
CP	42,12	37,50	2,25	8,87	2,37	6,87	0,791
0,0	44,37	36,12	2,75	5,62	1,25	9,87	0,714
0,1	55,62	28,87	2,37	4,00	2,50	6,62	0,519
0,2	46,12	34,37	3,62	7,25	3,37	5,25	0,615
0,3	40,37	39,37	2,25	8,50	3,25	6,25	0,827
0,4	55,25	31,62	1,00	4,87	2,62	4,62	0,575
0,5	50,25	35,50	1,87	5,25	3,00	4,12	0,709
<i>P value</i>	0,270	0,179	0,334	0,509	0,598	0,584	0,351
CV (%)	35,13	38,99	90,53	88,96	87,85	105,22	58,13

¹LINF: linfócitos; ²HET: heterófilo; ³MONO: monócito; ⁴EOSIN: eosinófilo; ⁵BASOF: basófilo; ⁶TROMB: trombócitos;

⁷H/L: relação heterófilo:linfócito; CP: Controle positivo; CV: Coeficiente de variação.

Tabela 11. Valores de superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutaciona peroxidase (GPx) no fígado de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.

Nível (%)	SOD (U/mg protein)	CAT (U/mg protein)	GPx (U/mg protein)
CP	12,80	0,46	1,22
0,0	11,94	0,42	1,13
0,1	12,79	0,46	1,36
0,2	12,92	0,48	1,21
0,3	11,31	0,42	1,18
0,4	12,99	0,47	1,21
0,5	11,68	0,41	1,16
<i>P value</i>	0,953	0,983	0,958
CV (%)	35,63	53,65	41,84

CP: Controle positivo; CV: Coeficiente de variação.

Tabela 12. Frequência (%) do comportamento de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de óleo da semente de maracujá aos 36 dias de idade no período de temperatura mínima (6h) e máxima (14h) do dia.

Nível (%)	Mínima			Máxima		
	Atividades	Ócio	Alimentar	Atividades	Ócio	Alimentar
CP	49,50	26,60	23,90	56,50	32,00	11,40
0,0	47,70	29,20	23,00	50,90	31,20	18,00
0,1	46,70	27,30	26,00	53,10	30,10	16,90
0,2	47,60	28,10	24,30	52,70	31,60	15,70
0,3	45,90	28,70	25,40	54,50	23,00	22,50
0,4	44,40	25,30	30,30	52,30	28,40	19,30
0,5	46,90	28,70	24,40	51,60	27,10	21,40
<i>P value</i>	0,765	0,543	0,647	0,851	0,621	0,893
CV (%)	30,30	36,43	32,00	31,60	33,43	38,43

CP: Controle positivo; CV: Coeficiente de variação.

Tabela 13. Resistência de pele e parâmetros de qualidade de carne do peito de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.

Nível (%)	Resistência Pele (kg)	Cor			pH	CRA (%)	PPC (%)	FC (N)
		L*	a*	b*				
CP	4,74	53,00	4,65	5,40	6,02	87,79	23,22	21,54
0,0	4,70	52,23	4,47	5,34	6,05	89,63	21,97	21,83
0,1	5,10	50,90	5,46	6,24	6,07	89,10	22,27	19,76*
0,2	5,28	51,17	4,89	5,70	6,02	87,85	23,72	19,52*
0,3	5,31*	52,15	4,65	5,62	5,71	87,84	23,55	19,39*
0,4	5,42*	51,44	5,60	5,16	6,09	92,58	24,51	19,19*
0,5	5,80*	52,10	4,89	5,67	6,05	90,41	23,27	18,82*
<i>P value</i>	0,010 ²	0,705	0,443	0,547	0,821	0,187	0,612	0,027 ¹
CV (%)	22,38	4,74	36,43	23,46	8,84	5,46	17,12	19,83

CP: Controle positivo; L*:Luminosidade; a*: Intensidade de vermelho; b*: Intensidade de amarelo; CRA: Capacidades de retenção de água; PPC: Perda de peso por cocção; FC: Força de cisalhamento; CV: Coeficiente de variação; *Difere do CP pelo teste de Dunnett (P<0,05).

$$^1 Y = -4,8203x + 20,961; R^2 = 0,817$$

$$^2 Y = 1,839x + 4,813; R^2 = 0,913$$

Tabela 14. Valores de TBARS (mg de MDA/kg) na carne de peito de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá em diferentes períodos de armazenamento.

Período (dias)	Níveis (%)	TBARS (mg MDA/kg)
30		0,253
60		0,234
90		0,277
120		0,290
	CP	0,292
	0,0	0,292
	0,1	0,269
	0,2	0,263
	0,3	0,247
	0,4	0,245
	0,5	0,239
	<i>P value</i>	
Período		0,015
Nível		0,023
Período*Nível		0,001
CV (%)		12,05

TBARS: Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; CP: Controle positivo; CV: Coeficiente de variação.

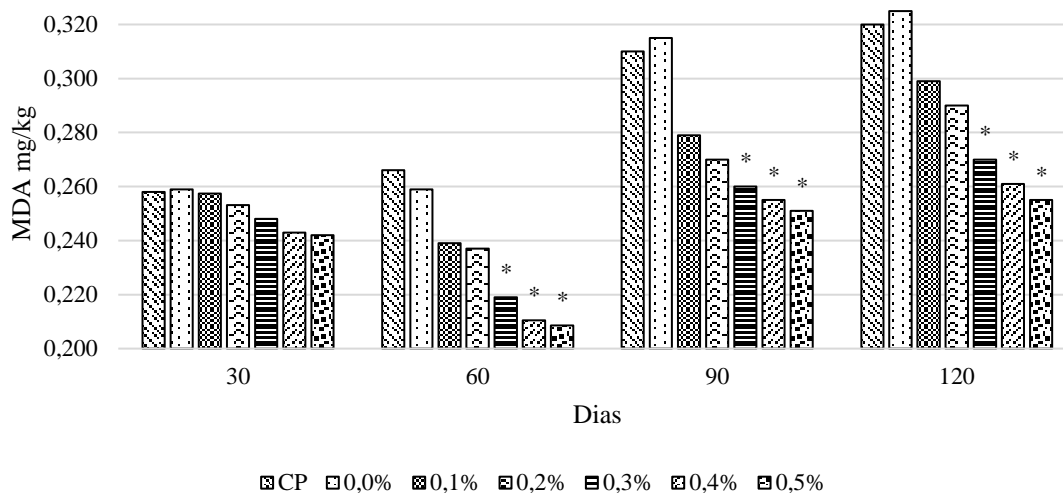


Figura 1. Desdobramento da oxidação lipídica na carne de frangos de corte alimentados com níveis de óleo da semente de maracujá.

30 dias: $p= 0,532$, $CV= 12,76$;

60 dias: $p= 0,021$, $CV= 13,71$; $y= -0,0893x + 0,2473$, $R^2= 0,82$;

90 dias: $p= 0,034$, $CV= 12,95$; $y= -0,112x + 0,2997$, $R^2= 0,80$;

120 dias: $p= 0,037$, $CV= 12,03$; $y= -0,1234x + 0,3159$, $R^2 = 0,88$;

*Difere do CP pelo teste de Dunnett ($P<0,05$).

CAPÍTULO III

Desempenho, saúde e estresse oxidativo em frangos de corte alimentados com óleo da semente de maracujá em condições de estresse térmico

Resumo:

1. Foram utilizados 480 pintos de 1 dia de idade, machos, da linhagem Cobb, alojadas em gaiolas de arame galvanizado, munidas com comedouros frontais tipo calha e bebedouros tipo nipple, em duas câmaras climáticas: termoneutra e estresse cíclico pelo calor, com 48 gaiolas cada, com 5 aves/gaiola. O delineamento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6 (duas temperaturas: termoneutra e estresse cíclico pelo calor, e seis dietas: controle + cinco níveis de inclusão de óleo da semente de maracujá (OSM): 0,10; 0,20; 0,30; 0,40 e 0,50%) com oito repetições com cinco aves cada. As rações experimentais formuladas a base de milho e farelo de soja foram desprovidas de antibióticos como melhorador desempenho, sendo utilizado anticoccidiano em todos os tratamentos.
2. Foi observado efeito da temperatura aos 21 dias de idade para o consumo de ração, ganho de peso corporal e conversão alimentar. Já aos 35 dias, somente para o ganho de peso e a conversão alimentar.
3. Quanto ao peso relativo de órgãos, houve interação entre temperatura e inclusão de OSM para peso de bursa aos 21 dias e efeito da temperatura aos 35 dias para peso de baço e fígado. Foi observado efeito da temperatura para níveis plasmáticos de colesterol e triglicerídeos e efeito dos níveis de inclusão de OSM para oxidação sanguínea. Houve interação entre temperatura e OSM para atividade da SOD e da GPx, sendo que os níveis mais altos de inclusão de OSM proporcionaram menor atividade destas enzimas.
4. A inclusão do óleo da semente do maracujá apresenta ação antioxidante benéfica para saúde das aves, sendo que níveis de inclusão na ração acima de 0,3% mostram-se eficientes.

Palavras-chave: antioxidante, calor, fitogênicos

Performance, health and oxidative stress of broiler chickens fed with passion fruit seed oil under conditions of thermal stress

Abstract:

1. 480 Cobb male broilers with 1-d old housed in galvanized wire cages, in two climatic chambers: thermoneutral and cyclic heat stress, with 48 cages each, with 5 birds / cage. The design was completely randomized, in a 2 x 6 factorial arrangement (two temperatures: thermoneutral and cyclic heat stress, and six diets: control + five levels of inclusion of passion fruit seed oil: 0.10; 0.20; 0.30; 0.40 and 0.50%) with eight replicates with five birds each. The experimental diet was devoid of antibiotics as performance improver, and anticoccidial was used in all treatments, based on corn and soybean meal.
2. It was observed a temperature effect at 21 days for feed intake, body weight gain and feed conversion. At 35 days for weight gain and feed conversion only.
3. As for the relative weight of organs, there was interaction for bursa weight at 21 days and temperature effect at 35 days for spleen and liver weight. It was observed temperature effect for the variables cholesterol and triglycerides serum and effect of inclusion levels of the oil for blood oxidation. There was interaction for analysis of SOD and GPx, the higher levels of oil inclusion had lower antioxidant activity.
4. The inclusion of passion fruit seed oil presents a beneficial antioxidant action for bird health, with levels of inclusion in the diet above 0.3% being efficient.

Key words: antioxidant, heat, phytochemicals

INTRODUÇÃO

A evolução da avicultura é fundamentada na constante evolução genética e produção de linhagens de frangos com potencial produtivo cada vez maior. No entanto, à medida que os animais se desenvolvem, diminui sua resistência ao calor. O frango de corte possui pouca capacidade de termorregulação, sendo bem mais sensível ao calor que ao frio, necessitando, nessas condições, realizar alterações fisiológicas, comportamentais e bioquímicas para sua sobrevivência, podendo comprometer ainda, seu sistema imunológico (Miller e Qureshi, 1991; Ribeiro et al., 2008; Nazareno et al., 2009).

Dependendo da magnitude e duração do estresse calórico sofrido pelas aves, pode ocorrer desde pequena redução no apetite e crescimento, até a morte dos animais (Macari et al., 2004). O estresse causado pelo ambiente térmico influencia a fisiologia e o comportamento alimentar dos animais e, conseqüentemente, a produtividade dos mesmos por alterar sua troca de calor com o ambiente e modificar a taxa de consumo de alimentos, a taxa de ganho de peso corporal e as exigências nutricionais. Nesse processo, os fatores externos do ambiente (temperatura, umidade relativa, vento, radiação, entre outros) tendem a produzir variações internas nas aves, influenciando a quantidade de energia trocada entre ave e ambiente, havendo, muitas vezes, a necessidade de ajustes fisiológicos para a manutenção da homeostase (Oliveira et al., 2006).

O estresse por calor prejudica ainda o sistema antioxidante das aves, uma vez que a peroxidação lipídica nos tecidos se eleva e gera acúmulo de radicais livres. Quando estes excedem a capacidade antioxidativa, conceito esse definido como estresse oxidativo, ocorre disfunção da célula e, portanto, queda no desempenho produtivo (Maini et al., 2007).

Além disso, as aves também podem ter sua função imune reduzida em condições de estresse térmico (Miller e Qureshi, 1991), devido a liberação de corticosterona nessas situações, que pode ocasionar a involução do tecido linfoide (timo, bursa de Fabricius e baço), responsável pelo sistema imunológico do animal (Rosales et al., 1989).

Assim, estratégias nutricionais vêm sendo adotadas como ferramentas para minimizar a queda no desempenho das aves submetidas ao estresse por calor (Menegali et al., 2009). Nesse sentido, o emprego de substâncias antioxidantes nas dietas pode se constituir em alternativa para minimizar esses efeitos.

O óleo da semente de maracujá é rico em β -caroteno, considerado pró-vitamina A, a qual tem função antioxidante, bem como relação com o sistema imunológico dos animais, modulando a resposta de células fagocitárias e estimulando a fagocitose, a ativação da

citotoxicidade mediada por células e o aumento na resposta de linfócitos T (SARNI et al., 2010). Nesse contexto, faz-se necessário seu estudo no desempenho, estresse oxidativo e saúde das aves, principalmente frente aos estresses impostos durante sua criação.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da adição de óleo da semente de maracujá na alimentação de frangos de corte, sobre as características de desempenho produtivo, estresse oxidativo e saúde dos animais submetidos a estresse térmico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de acordo com os princípios éticos na experimentação animal (Protocolo N° 03/2016 - CEUA) determinados pela Comissão de Ética em Uso de Animais (CEUA) da UNESP, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Câmpus de Botucatu.

O óleo da semente de maracujá, objeto de estudo, foi adquirido de empresa comercial e, posteriormente, foram realizadas análises para caracterização do produto (Tabela 1). Foram utilizados 480 pintos de 1 dia de idade, machos, da linhagem Cobb, alojados em gaiolas de arame galvanizado (0,5 x 0,6 x 0,4 m), munidas com comedouros frontais tipo calha e bebedouros tipo *nipple*, em duas câmaras climáticas: termoneutra e com estresse cíclico pelo calor, com temperatura de estresse mantida por 8 horas/dia (Tabela 2), sendo que cada câmara foi equipada com 48 gaiolas. As aves foram vacinadas no incubatório contra as doenças de Marek, Gumboro e Bouba aviária.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6 (duas temperaturas: termoneutra e estresse cíclico pelo calor, e seis níveis de inclusão de óleo da semente de maracujá: 0,0; 0,10; 0,20; 0,30; 0,40 e 0,50%) com oito repetições com cinco aves cada. As rações experimentais foram desprovidas de antibióticos como melhorador desempenho, sendo utilizado anticoccidiano (Salinomicina - 66 ppm) em todos os tratamentos e formuladas a base de milho e farelo de soja, segundo as recomendações de Rostagno et al. (2011) para frangos de corte machos de desempenho médio (Tabela 3). O programa de alimentação foi dividido em três fases: pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8 a 21 dias) e crescimento (22 a 35 dias de idade). Água e ração foram fornecidas à vontade durante o período de criação.

Variáveis avaliadas:

- *Desempenho*: As pesagens das aves e das rações experimentais foram realizadas aos 7, 21 e 35 dias, para calcular consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA). A mortalidade das aves foi registrada diariamente possibilitando a determinação da viabilidade do lote.

- *Oxidação no sangue*: Aos 35 dias de idade das aves, foram coletados 5 mL de sangue da veia braquial de uma ave por unidade experimental, em tubos de ensaio heparinizados, para análises de estado oxidativo via determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). A lipoperoxidação foi determinada pelo método espectrofotométrico descrito por Buege e Aust (1978) e para os cálculos, foi utilizada curva padrão de malonaldeído ($y = 0,0017x + 0,023$; $R^2 = 0,993$), os resultados foram expressos em $\mu\text{mol/L}$.

- *Triglicerídeos e colesterol*: Aos 21 e 35 dias de idade, uma ave por repetição foi selecionada e colheu-se 5,0 ml de sangue da veia jugular, para obtenção de plasma. O plasma obtido foi transferido para tubos identificados e armazenados em freezer ($-18\text{ }^\circ\text{C}$) para posteriores análises. A determinação dos níveis séricos de colesterol total e triglicerídeos foram realizadas utilizando-se o método enzimático-colorimétrico (LaborLab) com leitura em espectrofotômetro (FEMTO® 600, São Paulo, Brasil). Os resultados foram expressos em mg/dL.

- *Títulos de anticorpos contra Doença de Newcastle*: Aos 10 (antes da vacinação) 21 e 35 dias de idade foram coletadas de uma ave por unidade experimental, 5 mL de sangue por meio da punção da veia braquial, para avaliar os títulos séricos de anticorpos contra o vírus da Doença de *Newcastle*. As amostras de sangue foram acondicionadas em tubos de ensaio, deixadas em descanso para formação de coágulo e, posteriormente, foram centrifugadas para obtenção do soro que foi acondicionados em microtubos. A mensuração da produção de anticorpos foi avaliada por meio do ensaio imunoenzimático – Kit ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) produzido pela empresa Idexx Laboratórios e utilizando metodologia descrita por Purchase et al. (1989).

- *Contagem diferencial de leucócitos e relação heterófilo/linfócito*: Aos 35 dias de idade foram coletados 2 mL de sangue de uma ave por unidade experimental, por meio de punção da veia braquial com seringa heparinizada, para contagem diferencial de leucócitos e determinação da relação heterófilo:linfócito (H:L), de acordo com metodologia proposta por Charles Noriega (2000). A contagem diferencial foi realizada em microscópio utilizando-se aumento de 100x. Foram contadas 100 células leucocitárias para determinar a relação H:L.

- *Enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutathiona peroxidase (GPx) no fígado:* Foi coletada uma amostra do fígado de uma ave por unidade experimental aos 35 dias de idade, imediatamente imersas em nitrogênio líquido, mantidos em ultrafreezer a -80 °C até o momento da análise. Após este procedimento, um grama de fígado foi homogeneizado com 5ml de tampão fosfato a 0,05 M (pH 7,0). Posteriormente foram centrifugados a 5.000 rpm por 20 minutos a 4 °C, e o sobrenadante foi coletado e usado para as análises enzimáticas e de proteína. A proteína total foi determinada pelo método de Bradford (1976).

A atividade da superóxido dismutase (SOD; EC 1.15.1.1) foi realizada de acordo com o método de Beauchamp e Fridovich (1971) que mede uma unidade de SOD necessária para inibir 50% do nitroazul de tetrazólio (NBT). A reação contendo 1,0 mL de NBT $33\mu\text{mol L}^{-1}$, 0,25 mL de metionina 10 mmol L^{-1} , 0,5 mL de EDTA $0,66\text{ mmol L}^{-1}$ e 50 μL de amostra de fígado. A inibição de NBT foi mensurado em espectrofotômetro a 560 nm. Os resultados foram expressos em U/mgpt.

A atividade de catalase (CAT; EC 1.11.1.6) foi realizada de acordo com o método de Sinha (1972), pelo qual o dicromato em ácido acético é reduzido a acetato crômico na presença de H_2O_2 quando aquecido, formando ácido percrômico como intermediário instável. A mistura continha 100 μL de amostras de fígado, 500 μL de peróxido de hidrogênio e, após a reação, utilizou-se o reagente dicromato/ácido acético (3:1). A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro a 610 nm. Os resultados foram expressos em U/mgpt.

A atividade da glutathiona peroxidase (GPx; EC 1.11.1.9) foi testada de acordo com o método de Flohè e Güzler (1984). A reação continha 300 μL de tampão fosfato a 0,1 M (pH 7,4) 200 μL de GSH 2 mM, 300 μL de amostras de fígado. A reação foi parada pela adição de 500 μL de ácido tricloroacético (5%). Em seguida, foi centrifugada a 1500 rpm durante 5 minutos e o sobrenadante foi recolhido. Para cada 100 μL de sobrenadante foram adicionados 200 μL de tampão fosfato a 0,1 M pH 7,4 e 700 μL de DTNB (0,4 mg/ml). A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro a 320 nm. Os resultados foram expressos em U/mgpt.

- *Peso relativo de órgãos:* aos 21 e 35 dias de idade foi retirada uma ave no peso médio de cada repetição e sacrificada, após jejum de duas horas. Posteriormente, foram coletados e pesados o baço, timo, bursa de Fabricius e fígado para o cálculo dos pesos relativos em relação ao peso corporal das aves em jejum.

- *Análise dos dados*: Os dados obtidos no experimento foram testados quanto à normalidade de distribuição e, posteriormente, foram submetidos a análise de variância para verificação dos efeitos principais e de interação entre temperatura e os níveis de inclusão do óleo da semente de maracujá e, quando significativo, utilizou-se o teste de F a 5% de probabilidade e a análise de regressão entre os níveis de inclusão do óleo da semente de maracujá (0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5%), com auxílio do Modelo Linear Generalizado (GLM) do software estatístico Minitab® (Minitab Versão 18, Minitab Inc., State College, PA, 2017).

RESULTADOS

Não foram observadas interações entre temperatura e os níveis de inclusão do OSM para nenhuma das variáveis de desempenho avaliadas. Por outro lado, foi encontrado efeito da temperatura no período de 1 a 21 dias de idade para todas as variáveis de desempenho e no período de 1 a 35 dias de idade somente para o ganho de peso e conversão alimentar (Tabela 4), sendo que as aves mantidas sob conforto térmico apresentaram melhores resultados, reforçando que a temperatura durante a criação é um fator importante na eficiência de produção para frangos de corte.

Para a oxidação sanguínea foi observado efeito linear de redução à medida que se incluiu OSM, sendo que níveis acima de 0,3% de inclusão diferiram do controle (Tabela 5), e efeito da temperatura nas análises de colesterol e triglicerídeos séricos (Tabela 5), animais mantidos em condição de estresse apresentaram maiores valores. Não foi houve efeito na titulação de anticorpos para a doença de *Newcastle* (Tabela 6).

Foi observado diferença nos parâmetros hematológicos das aves em função da temperatura de criação (Tabela 7), sendo que os frangos mantidos em condição de estresse calórico apresentaram maior número de heterofilos, menor número de linfócitos e, conseqüente maior valor de relação heterofilo/linfócito (H/L).

Houve interação entre temperatura e nível de inclusão de OSM para atividade da enzima SOD (Tabela 8). O tratamento com maior nível de inclusão do óleo da semente de maracujá (0,5%) apresentou maior atividade desta enzima em ambas as temperaturas (Tabela 9). Na condição de estresse, todos os tratamentos que receberam adição do OSM apresentaram maior atividade em relação ao controle.

Quanto ao peso relativo de órgãos (Tabela 10), ocorreu apenas interação entre temperatura e OSM para peso da bursa de Fabricius dos frangos de corte aos 21 dias de idade (Tabela 11), sendo que o nível com maior inclusão de OSM (0,5%) apresentou

maior peso quando comparado aos demais tratamentos nas duas temperaturas. Aos 35 dias foi observado efeito da temperatura nos pesos relativos de baço e fígado, sendo que as aves mantidas sob condição de estresse apresentaram menores pesos relativos destes órgãos.

DISCUSSÃO

Como esperado, a temperatura acima da termoneutralidade comprometeu o desempenho dos frangos de corte. Animais mantidos em situação de estresse por calor tendem a diminuir a ingestão de ração (Sevegnani et al., 2005) e aumentam seus gastos energéticos para dissipação de calor e manutenção da homeotermia, modificando assim, o consumo de alimento, ganho de peso corporal e, conseqüentemente, as exigências nutricionais (Blas, 2015). A inclusão de OSM na dieta desses frangos de corte não interferiu no desempenho dos mesmos.

A menor concentração de malonaldeído encontrada no plasma sanguíneo pode ter ocorrido em função da presença do β -caroteno presente no óleo. Foote e Denny (1968) observaram ação supressora dos radicais livres pelo β -caroteno, reduzindo o nível da oxidação (Warner e Frankel, 1987; Lee e Min, 1988). Este efeito pode ter ocorrido em função da presença do β -caroteno presente no óleo estudado (4,64 μ g de β -caroteno /g), valor relativamente alto quanto comparado a outras fontes oriundas de plantas (Rodriguez-Amaya, Kimura e Amaya-Farfan, 2008). Foote e Denny (1968) atribuíram ao β -caroteno a capacidade de reprimir a formação de oxigênio singlet. O β -caroteno mostrou ação supressora dos radicais livres pelo bloqueio do oxigênio singlet, quando adicionado em sistema contendo óleo de soja, reduzindo o nível da oxidação (Warner e Frankel, 1987; Lee e Min, 1988).

A atividade antioxidante do β -caroteno não influenciou os níveis de colesterol e triglicérides do sangue. Por outro lado, animais submetidos a altas temperaturas obtiveram níveis séricos de colesterol e triglicérides maiores, corroborando com Bueno et al. (2017). Esse fato é justificado pela atividade dos hormônios tireoidianos intimamente relacionada na aclimação dos animais homeotérmicos (González e Silva, 2006). Segundo Guyton e Hall (1997); esses hormônios tem a tendência de reduzir os níveis plasmáticos de colesterol, mas, quando os animais estão sob estresse por calor há diminuição desses hormônios nos tecidos periféricos, o que permite dispor de menor ativação dos mesmos devido ao baixo requerimento energético (González e Silva, 2006). Embora com aumento nos níveis de colesterol no sangue, as variações permanecem

dentro dos limites fisiológicos para a espécie estudada (entre 100 e 250 mg dL⁻¹), segundo LUMEIJ, (1997).

A contagem das células sanguíneas nas aves mantidas em condição de estresse calórico é comum observar maior relação H/L como ocorreu no presente estudo, a qual é alterada como consequência do aumento de heterófilos e redução de linfócitos, sendo que esta relação tem sido proposta como um índice sensível de estresse crônico em frangos de corte (Borges et al., 2003).

O desafio de estresse por temperatura nas aves foi capaz de aumentar a atividade das enzimas SOD, considerada uma das principais defesas antioxidantes que atuam nos organismos (Halliwell e Gutteridge, 2015). Nessas condições, esses animais podem sofrer prejuízos no sistema antioxidante, uma vez que a peroxidação lipídica nos tecidos se eleva e gera acúmulo de radicais livres. Quando este acúmulo excede a capacidade antioxidativa, conceito esse definido como estresse oxidativo, ocorre disfunção da célula e, portanto, prejuízo na saúde dos animais (Maini et al., 2007). Dessa forma, a atividade antioxidante do β -caroteno presente no OSM, possivelmente, foi capaz de eliminar radicais livres ou inibir a formação de peróxidos, justificando assim a maior atividade enzimática encontrada.

O maior peso de bursa pode estar ligado a maior resposta imunológica, que reflete em maior desenvolvimento desse órgão (Chen et al., 2003). Quando o animal é submetido em estresse por calor, como observado aos 35 dias, no qual ocorreu diminuição do peso dos órgãos, ocorre ativação do eixo hipotalâmico-hipofisário-adrenal com consequente aumento dos níveis circulantes de corticosterona que possui efeito catabólico sobre os órgãos linfoides, ocasionando involução precoce desses tecidos e, consequentemente, supressão da imunidade, diminuindo a resistência do animal a patologias (Quinteiro Filho et al., 2010). A inclusão de alimentos antioxidantes na dieta, aumenta a degradação de corticosteroides liberados durante o estresse, controlando seus níveis circulantes (Sahin et al., 2003).

Era esperado ainda, aumento no timo e baço, assim como encontrado por Toghyani et al. (2010) que avaliando a inclusão de fitogênico (pimenta preta e cominho) encontraram aumento no peso dos órgãos linfoides, justificando este efeito aos componentes encontrados na composição deste produto avaliado, que têm ação antibacteriana, antioxidante e anti-inflamatória o que pode ter induzido tais efeitos sobre estes órgãos.

Constatou-se que, de fato, a temperatura mostra-se importante para o desempenho e saúde dos frangos de corte, com a alta temperatura afetando negativamente as variáveis estudadas. A inclusão do OSM apresenta ação antioxidante benéfica para saúde das aves, sendo que níveis de inclusão na ração acima de 0,3% mostram-se eficientes.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - FMVZ/Botucatu, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo N° 2016/01280-5 e Processo N° 2016/18385-4) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

REFERÊNCIAS

- BEAUCHAMP, C. and FRIDOVICH, I. (1971) Superoxide dismutase: improved assay and applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry*, **44**:276-287.
- BLAS, J. Stress in birds. SCANES, C. G. Sturkie's avian physiology. 6. ed. New York: Academic Press, 2015. cap. 33, p. 769-810
- BORGES, S.A.; MAIORKA, A. and SILVA, A.V.F. (2003) Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. *Ciência Rural*, **33**(5):975-981.
- BRADFORD, M. M. (1976) A rapid method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein age binding. *Analytical Biochemistry*, **72**:248-254.
- BUEGE, J.A. and AUST, S.D. (1978) Microsomal lipid peroxidation. *Methods in Enzymology*, **52**:302-310.
- BUENO, J.P.R., NASCIMENTO, M.R.B.M., MARTINS, J.M.S., MARCHINI, C.F.P., GOTARDO, L.R.M., SOUSA, G.M.R., MUNDIM, A. V.; GUIMARÃES, E.C., RINALDI, F. P. (2017) Effect of age and cyclical heat stress on the serum biochemical profile of broiler chickens. *Semina: Ciências Agrárias*, **38**(3):1383-1392.
- CHARLES NORIEGA M.L.V.C. (2000) *Apuntes de hematología aviar: material didático para curso de hematología aviária*. Departamento de Producción Animal: Aves, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 70p.
- CHEN, H.L.; LI, D.F.; CHANG, B.Y.; GONG, L.M.; DAI, J.G.; YI, G.F. (2003) Effects of chinese herbal polysaccharides on the immunity and growth performance of young broilers. *Poultry Science*, **82**(3):364-370.

- FLOHÈ, L. and GÜNZLER, W.A. (1984). Assays of glutathione peroxidase. *Methods in Enzymology*, **105**:114-121.
- FOOTE, C.S. and DENNY, R.W. (1968) Chemistry of singlet oxygen quenching by β -carotene. *Journal of the American Chemical Society*, **90**:6233-6235.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. (2006) Bioquímica Hormonal. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. Introdução à bioquímica clínica veterinária. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, p. 299-307.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. (1997) Tratado de Fisiologia Médica. In: _____. Os hormônios metabólicos da tireóide. Tradução de Patrícia Lydie Voeux Pinho. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.859-865.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. Free radicals in Biology and Medicine. Oxford: University Press, 905 p., 2015.
- LEE, E.C. and MIN, D.B. (1988) Quenching mechanism of β -carotene on the chlorophyll sensitized photooxidation of soybean oil. *Journal of Food Science*, **53**(6):1894-1895.
- LUMEIJ, J. T. (1997) Avian clinical biochemistry. In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. Clinical biochemistry of domestic animals. San Diego: Academic Press, p. 857-883.
- MACARI, M.; FURLAN, R.L.; MAIORKA, A. (2004) Aspectos fisiológicos e de manejo para manutenção da homeostase térmica e controle de síndromes metabólicas. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A.; MACARI, M. *Produção de frangos de corte*. FACTA, 137-155p.
- MAINI, S.; RASTOGI, S.K.; KORDE, J.P.; MADAN, A.K. and SHUKLA, S.K. (2007) Evaluation of oxidative stress and its amelioration through certain antioxidants in broilers during summer. *The Journal of Poultry Science*, **44**(3):339-347.
- MENEGALI, I.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; CECON, P.R.; GUIMARÃES, M.C. C. and CORDEIRO, M.B. (2009) Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período de aquecimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **13**:984-990.
- MILLER, L.; QURESHI, M.A. (1991) Induction of heat shock proteins and phagocytic function of chicken macrophage following in vitro heat exposure. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, **37**(1):34-42.
- NAZARENO, A. C. PANDORF, H; ALMEIDA, G. L. P., GIONGO, P.R., ELVIRA M. R. PEDROSA, E.M.R. and GUISELINI, C. (2009) Avaliação do conforto térmico e

- desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, **13**(6):802-808.
- OLIVEIRA, G.A.; Oliveira, R.F.M.; DONZELE, J.L.; CECON, P.R.; VAZ, R.G.M.V. and ORLANDO, U.A.D. (2006) Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte dos 22 aos 42 dias. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **35**(4):1398-1405.
- PURCHASE, H.G.; ARP, L.H.; DOMERMUTH, C.H. and PEARSON, J.E.A. (1989) Laboratory manual of isolation and identification of avian pathogens. 3ed. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 227p.
- QUINTEIRO FILHO, W.M.; RIBEIRO, A.; FERRAZ DE PAULA, V.; PINHEIRO, M.L.; SAKAI, M.; SÁ, L.R.M.; FERREIRA, A.J.P.; PALERMO NETO, J. (2010) Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. *Poultry Science*, **89**(9):1905-1914.
- RIBEIRO, A. M. L.; VOGT, L. K.; CANAL, C. W., CHRISTINE LAGANÁ, C. and STRECK, A.F. (2008) Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **37**:636-644.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M. and AMAYA-FARFAN, J. (2008) *Fontes Brasileiras de Carotenóides: Tabela Brasileira de Composição de Carotenóides em Alimentos*. 2.ed. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 99p.
- ROSALES, A.G., VILLEGAS, P., LUKERT, P.D., Fletcher, O.J., Mohamed, M.A. Brown, J. (1989) Isolation, identification and pathogenicity of two strains of infectious bursal virus. *Avian Disease*, **33**:35-41.
- 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. and EUCLIDES, R.F. (2011) *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3.ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 186p.
- SAHIN, K.; SAHIN, N.; KUÇUK, O. (2003) Effect of chromium and ascorbic acid supplementation on growth, carcass traits, serum metabolites and antioxidant status of broiler chickens reared at a high environmental temperature (32°C). *Nutrition Research*, **23**(2):225-238.
- SARNI, R. O. S., SOUZA, F. I. S. COCCO, R. R. (2010) Micronutrientes e sistema imunológico. *Revista Brasileira de Alergia e Imunopatologia*, **33**:8-13.

- SEVEGNANI, K.B.; CARO, I.W.; PANDORFI, H.; SILVA, I.J.O. and MOURA, D. J. (2005) Zootecnia de precisão: análise de imagens no estudo do comportamento de frangos de corte em estresse térmico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **9**(1):115-119.
- SINHA, A.K. (1972) Colorimetric assay of catalase. *Analytical Biochemistry*, **47**:389-394.
- TOGHYANI, M.; TOGHYANI, M.; GHEISARI, A.; GHALAMKARI, G.; and MOHAMMADREZAEI, M. (2010) Growth performance, serum biochemistry and blood hematology of broiler chicks fed different levels of black seed (*Nigella sativa*) and peppermint (*Mentha piperita*). *Livestock Science*, **129**(6):173-178.
- WARNER, K. and FRANKEL, E.N. (1987) Effects of β -carotene on light stability of soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **64**:213-218.

Tabela 1. Caracterização e determinação do potencial antioxidante do óleo da semente de maracujá.

Parâmetro		Quantidade
Índice de saponificação, mg KOH/g		194,33
Índice de iodo, g I ₂ /100g		236,77
Carotenoides totais, mg de β-caroteno/100g de óleo*		75,63
Compostos fenólicos totais, g GAE/100 g de óleo*		1,47
¹ CE ₅₀ , mg/ml**		7,20
² ORAC, mM equivalente de TE/100g de óleo**		416
Composição dos principais ácidos graxos**		
Fórmula	Nome	Quantidade (%)
4 : 0	Mirístico	0,09 ± 0,01
16 : 0	Palmítico	10,99 ± 0,03
16 : 1	Palmitoléico	0,17 ± 0,01
17 : 0	Margárico	0,07 ± 0,00
18 : 0	Esteárico	2,89 ± 0,02
18 : 1 (n-9)	Oléico	14,89 ± 0,06
18 : 1 (n-7)	Vacênico	0,96 ± 0,04
18 : 2 (n-6)	Linoléico	69,14 ± 0,01
18 : 3 (n-3)	Linolênico	0,39 ± 0,01
20 : 0	Eicosanóico	0,12 ± 0,02
20 : 1	Eicosenóico	0,11 ± 0,04
22 : 0	Docosanóico	0,06 ± 0,01
22 : 1	Erúcido	0,05 ± 0,01
24 : 0	Lignocérico	0,06 ± 0,00
Saturados		14,28 ± 0,01
Monoinsaturados		16,19 ± 0,02
Polinsaturados		69,53 ± 0,02

*Santana et al., 2015.

** Análises realizadas na Faculdade de Ciências Farmacêuticas do Departamento de Alimentação e Nutrição Experimental da Universidade de São Paulo.

¹CE₅₀: Concentração Eficiente, concentração da amostra necessária para sequestrar 50% dos radicais de DPPH - Soler-Rivas et al., (2000).²ORAC: "Oxygen Radical Absorbance Capacity" - Prior et al., (2003).**Tabela 2.** Temperaturas (°C) preconizadas para as câmaras termoneutra e de estresse cíclico.

Idade (dias)	Termoneutra	Estresse*
1-3	31	35
4-7	30	34
8-14	29	33
15-21	28	32
22-28	27	31
29-35	26	30

*Temperatura mantida durante o período de 8h/dia.

Tabela 3. Composição percentual e nutricional calculada das dietas experimentais pré-inicial (1 a 7), inicial (8 a 21) e crescimento (22 a 35 dias de idade).

Ingredientes	Pré-inicial						Inicial						Crescimento					
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Milho	55,57	55,58	55,59	55,61	55,63	55,64	59,66	59,67	59,69	59,70	59,72	59,73	62,28	62,29	62,30	62,32	62,33	62,35
F. de soja, 45%	38,16	38,16	38,16	38,15	38,15	38,15	34,67	34,67	34,67	34,66	34,65	34,64	31,46	31,46	31,46	31,46	31,45	31,45
Óleo de soja	2,028	1,916	1,805	1,694	1,582	1,471	2,008	1,897	1,785	1,674	1,562	1,451	2,998	2,886	2,775	2,663	2,552	2,441
Fosfato bicálcico	1,908	1,908	1,908	1,908	1,908	1,908	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,256	1,256	1,256	1,256	1,256	1,256
Calcário	0,802	0,802	0,802	0,802	0,802	0,802	0,829	0,829	0,829	0,829	0,829	0,829	0,784	0,784	0,784	0,784	0,784	0,784
OSM ¹	-	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	-	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	-	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500
DL-Metionina	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,355	0,284	0,284	0,284	0,284	0,284	0,284	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253
L-Lisina HCL	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193
L- Treonina	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
Anticoccidiano ²	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055
Colina	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058
Supl. Vitamínico ³	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
Supl. Mineral ⁴	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal comum	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composição nutricional calculada																		
EM (kcal/kg)	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100
Proteína bruta (%)	22,20	22,20	22,20	22,20	22,20	22,20	20,80	20,80	20,80	20,80	20,80	20,80	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50
Cálcio (%)	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Fósforo disp. (%)	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Potássio (%)	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Sódio (%)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloro (%)	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Lisina dig.(%)	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
Metionina dig. (%)	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Met+Cys dig. (%)	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Treonina dig. (%)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

¹ OSM = Óleo da semente do maracujá; ² Salinomicina (66 ppm);

³ Suplemento Vitamínico (níveis de garantia/kg de ração): Vitamina A (mín) 13.500 U.I.; Vitamina D3 (mín) 3.750 U.I.; Vitamina E (mín) 30 U.I.; Vitamina K3 (mín) 3,75 mg; Vitamina B1 (mín) 3 mg; Vitamina B2 (mín) 9 mg; Ácido pantotênico (mín) 18 mg; Vitamina B6 (mín) 4,5 mg; Vitamina B12 (mín) 22,5 µg; Ácido Nicotínico (mín) 52,5 mg; Ácido Fólico (mín) 2,25 mg; Biotina (mín) 0,15 mg; Selênio (mín) 0,375 mg.

⁴ Suplemento Mineral (níveis de garantia/kg de ração): Ferro (mín) 50 mg; Cobre (mín) 10 mg; Manganês (mín) 65 mg; Cobalto (mín) 1 mg; Zinco (mín) 65 mg; Iodo (mín) 1 mg.

Tabela 4. Desempenho de frangos de corte machos de 1 a 21 e 1 a 35 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá, criados em diferentes temperaturas.

Temp.	Nível (%)	1 a 21 dias			1 a 35 dias		
		GPM (g)	CRM (g)	CA	GPM (g)	CRM (g)	CA ¹
TN		860 a	1213 a	1,417 a	1980	2984 a	1,858 a
EC		829 b	1148 b	1,395 b	1947	2848 b	1,717 b
	0,0	841	1179	1,406	1989	2981	1,763
	0,1	859	1178	1,382	2016	2947	1,777
	0,2	843	1173	1,405	1945	2861	1,789
	0,3	833	1177	1,415	1887	2916	1,798
	0,4	843	1192	1,413	1971	2872	1,792
	0,5	846	1186	1,413	1973	2920	1,806
<i>P value</i>							
Temp.		0,009	0,001	0,033	0,335	0,001	0,001
Nível		0,874	0,974	0,431	0,331	0,477	0,939
Temp.*Nível		0,342	0,574	0,433	0,325	0,580	0,450
CV (%)		6,74	5,69	3,52	8,28	6,48	6,96

Temp.: Temperatura; TN: Termoneutra; EC: Estresse cíclico por calor; PMI: Peso médio inicial; PMF: Peso médio final; GPM: Ganho de peso médio; CRM: Consumo médio de ração; CA: Conversão alimentar; CV: Coeficiente de variação.

a,b: médias seguidas de letras minúsculas e distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de F (P<0,05).

¹ Conversão alimentar corrigida pelo peso das aves mortas.

Tabela 5. Colesterol total (mg/dL), triglicerídeos (mg/dL) e TBARS plasmáticos (μmol de MDA/L) de frangos de corte machos aos 21 e 35 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.

Temp.	Nível (%)	21 dias		35 dias		
		Colesterol	Triglicerídeos	Colesterol	Triglicerídeos	TBARS
TN		125 a	80 a	163 a	81 a	8,895
EC		139 b	98 b	178 b	95 b	8,917
	0,0	129	81	172	89	9,198
	0,1	128	91	176	82	8,753
	0,2	139	90	164	85	8,598
	0,3	128	92	169	93	8,402
	0,4	132	88	174	83	8,317
	0,5	136	93	167	93	8,104
<i>P value</i>						
Temp.		0,005	0,002	0,005	0,006	0,781
Nível		0,693	0,854	0,719	0,695	0,001 ¹
Temp.*Nível		0,899	0,681	0,611	0,787	0,951
CV (%)		17,75	29,90	14,52	28,98	12,56

Temp.: Temperatura; TN: Termoneutra; EC: Estresse cíclico por calor; CV: Coeficiente de variação.

a,b: médias seguidas de letras minúsculas e distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de F (P<0,05).

¹ $y = -1,9926x + 9,0601$; $R^2 = 0,9419$

Tabela 6. Valores de títulos de anticorpos de frangos de corte vacinados contra o vírus da Doença de Newcastle, expresso em médias geométricas (GMT), alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.

Temp.	Nível (%)	AC 10d	AC 21d	AC 35d
TN		156,8	955,5	2319,7
EC		157,5	810,7	2274,4
	0,0	152,5	1018,3	1696,9
	0,1	160,8	882,9	2352,2
	0,2	124,9	837,8	2689,5
	0,3	174,5	714,6	2387,6
	0,4	187,0	952,1	2462,3
	0,5	143,3	892,8	2193,9
<i>P value</i>				
Temp.		0,972	0,144	0,903
Nível		0,524	0,597	0,747
Temp.*Nível		0,952	0,976	0,985
CV (%)		61,53	54,59	79,73

Temp.: Temperatura; TN: Termoneutra; EC: Estresse cíclico por calor; AC 10d: Título de anticorpos aos 10 dias de idade; AC 21d: Título de anticorpos aos 21 dias de idade; AC 35d: Título de anticorpos aos 35 dias de idade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 7. Valores hematológicos (%) e relação heterófilo:linfócito (H:L) de frangos de corte aos 35 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.

Temp.	Nível (%)	LINF ¹	HET ²	MONO ³	EOSIN ⁴	BASOF ⁵	TROMB ⁶	H/L ⁷
TN		37,28 a	25,53 a	4,63	8,18	4,46	19,92	0,685 a
EC		24,27 b	36,99 b	4,94	8,08	4,72	21,00	1,520 b
	0,0	35,20	37,40	3,30	10,50	3,70	9,90	1,062
	0,1	43,40	31,30	7,40	5,40	2,70	9,80	0,723
	0,2	43,20	33,40	6,00	5,00	2,50	9,90	0,774
	0,3	42,40	31,50	2,50	10,50	2,00	11,10	0,749
	0,4	42,70	24,00	4,90	8,10	3,40	16,90	0,565
	0,5	35,40	32,50	4,10	6,50	2,40	19,10	0,560
<i>P value</i>								
Temp.		0,043	0,030	0,431	0,546	0,390	0,480	0,023
Nível		0,820	0,699	0,304	0,777	0,938	0,574	0,706
Temp.*Nível		0,728	0,843	0,658	0,414	0,946	0,896	0,779
CV (%)		46,84	56,26	80,62	52,97	46,56	66,18	58,13

¹LINF: linfócitos; ²HET: heterófilo; ³MONO: monócito; ⁴EOSIN: eosinófilo; ⁵BASOF: basófilo; ⁶TROMB: trombócitos; ⁷H/L: relação heterófilo:linfócito. CV%, coeficiente de variação.

a,b: médias seguidas de letras minúsculas e distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de F (P<0,05).

Tabela 8. Atividade das enzimas *superóxido dismutase* (SOD), *catalase* (CAT) e *glutathiona peroxidase* (GPx) no fígado de frangos de corte aos 35 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá.

Temp.	Nível (%)	SOD (U/mg protein)	CAT (U/mg protein)	GPx (U/mg protein)
TN		20,02	0,69	3,58
EC		21,71	0,66	2,59
	0,0	20,51	0,77	2,86
	0,1	20,59	0,73	3,42
	0,2	20,57	0,69	2,94
	0,3	21,42	0,63	3,12
	0,4	21,82	0,65	2,86
	0,5	22,95	0,59	3,23
<i>P value</i>				
Temp.		0,001	0,543	0,651
Nível		0,045	0,397	0,175
Temp.*Nível		0,037	0,985	0,460
CV (%)		16,02	18,77	12,43

Temp.: Temperatura; TN: Termoneutra; EC: Estresse cíclico por calor; CV: coeficiente de variação.

Tabela 9. Desdobramento da interação entre temperatura e níveis de inclusão do óleo da semente de maracujá da enzima *superóxido dismutase* (SOD) de frangos de corte machos de aos 35 dias de idade.

Temp.	Níveis de inclusão do óleo da semente de maracujá (%)					
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
TN	20,84 Aa	20,56 Aa	20,09 Aa	20,22 Aa	20,76 Aa	20,96 Ba
EC	19,18 Ab	19,64 ABb	20,05 ABb	21,62 Bb	21,89 Bb	22,04 Bb

Temp.: Temperatura; TN: Termoneutra; EC: Estresse cíclico por calor.

A,B: Nas interações, médias seguidas por letras maiúsculas distintas, na linha, diferem para nível de óleo da semente de maracujá dentro do mesmo ambiente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

a,b: Nas interações, médias seguidas de letras minúsculas e distintas, na coluna, diferem quanto a temperatura e dentro mesmo nível de óleo da semente de maracujá, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 10. Peso relativo de órgãos (%) de frangos de corte machos aos 21 e 35 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de óleo da semente de maracujá, criados em diferentes temperaturas.

Temp.	Nível (%)	21 dias				35 dias			
		Baço	Bursa de Fabricius	Timo	Fígado	Baço	Bursa de Fabricius	Timo	Fígado
TN		0,089	0,206	0,505	2,215	0,115 a	0,159	0,364	1,898 a
EC		0,086	0,189	0,475	2,259	0,080 b	0,158	0,331	1,546 b
	0,0	0,092	0,194	0,491	2,272	0,096	0,157	0,335	1,739
	0,1	0,085	0,202	0,478	2,287	0,099	0,156	0,359	1,633
	0,2	0,085	0,203	0,478	2,077	0,096	0,167	0,365	1,660
	0,3	0,090	0,198	0,493	2,236	0,106	0,162	0,358	1,763
	0,4	0,091	0,202	0,472	2,318	0,096	0,163	0,361	1,704
	0,5	0,082	0,184	0,529	2,231	0,091	0,151	0,308	1,834
<i>P value</i>									
Temp.		0,501	0,035	0,212	0,539	0,001	0,976	0,063	0,001
Nível		0,522	0,733	0,765	0,453	0,800	0,926	0,370	0,450
Temp.*Nível		0,618	0,001	0,237	0,094	0,366	0,052	0,241	0,966
CV (%)		20,93	19,86	23,68	15,55	30,93	27,62	24,33	17,39

Temp.: Temperatura; TN: Termoneutra; EC: Estresse cíclico por calor; CV: coeficiente de variação.

a,b: médias seguidas de letras minúsculas e distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de F ($P < 0,05$).

Tabela 11. Desdobramento da interação entre temperatura e níveis de inclusão do óleo da semente de maracujá do peso relativo de bursa de Fabricius (%) de frangos de corte machos de aos 21 dias de idade.

Temp.	Níveis de inclusão do óleo da semente de maracujá (%)					
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
TN	0,178 Ba	0,179 ABa	0,188 ABa	0,183 ABa	0,189 ABa	0,199 Aa
EC	0,196 Bb	0,211 ABb	0,218 ABb	0,203 ABb	0,216 ABb	0,230 Ab

Temp.: Temperatura; TN: Termoneutra; EC: Estresse cíclico por calor.

A,B: Nas interações, médias seguidas por letras maiúsculas distintas, na linha, diferem para nível de óleo da semente de maracujá dentro do mesmo ambiente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

a,b: Nas interações, médias seguidas de letras minúsculas e distintas, na coluna, diferem quanto a temperatura e dentro mesmo nível de óleo da semente de maracujá, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CAPÍTULO IV

IMPLICAÇÕES

Durante o processo de extração da polpa de maracujá, toneladas de resíduos compostos por cascas e sementes são gerados, dos quais grande parte são descartados. Tais resíduos chegam a refletir em 70% do peso do fruto, e quando não aproveitados podem se tornar grande problema ambiental. Desta forma, agregar valor a estes subprodutos é de interesse científico e tecnológico.

Com base nas propriedades químicas e biológicas do óleo da semente de maracujá, esta pesquisa comprovou que ao ser administrado junto à dieta dos frangos de corte, nota-se melhora no desempenho dos animais, assim como no perfil bioquímico sérico e que, dessa maneira, este produto além de ser alimento funcional pode ser alternativa ao uso de antibióticos.

Como esperado a temperatura mostra-se fator limitante quanto ao desempenho das aves, e novas buscas por práticas nutricionais e ambientais são necessárias para que possam amenizar os efeitos estressores e promover o bem-estar aos animais, e o óleo da semente de maracujá conseguiu diminuir os danos à saúde das aves frente ao estresse pelo calor. Assim, faz-se necessário que novas pesquisas com este mesmo produto sejam realizadas com outros níveis de estresse e, até mesmo, em outras espécies animais para que dessa forma seja comprovada sua eficácia não só em frangos de corte.

Diante dos fatos expostos e tendo-se em vista o mercado consumir mais exigente, sobre tudo dos produtos para exportação, a crescente utilização por fitogênicos reflete a nova realidade da avicultura que busca por alternativas aos antibióticos. Dessa forma, o incentivo por parte das instituições de ensino e pesquisa é de grande importância, bem como pelas grandes empresas visando a avaliação de novos produtos, sobretudo dos subprodutos, que são gerados pela agroindústria.