

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

KARINE ISABELA TENORIO

EMULSIFICANTE EM DIETAS COM DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS PARA
FRANGOS DE CORTE

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

KARINE ISABELA TENORIO

EMULSIFICANTE EM DIETAS COM DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS PARA
FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção Animal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Cinthia Eyng
Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2020

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

TENORIO, KARINE ISABELA
EMULSIFICANTE EM DIETAS COM DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS
PARA FRANGOS DE CORTE / KARINE ISABELA TENORIO;
orientador(a), Cinthia Eyng; coorientador(a), Ricardo
Vianna Nunes, 2020.
82 f.

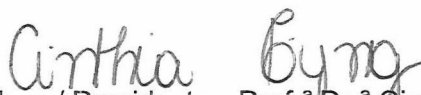
Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste
do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de
Ciências Agrárias, Graduação em ZootecniaPrograma de Pós-
Graduação em Zootecnia, 2020.

1. Nutrição Animal. 2. Avicultura. 3. Emulsificante de
gorura. I. Eyng, Cinthia. II. Nunes, Ricardo Vianna. III.
Título.

KARINE ISABELA TENÓRIO

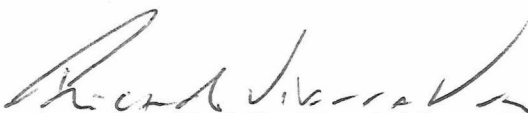
Emulsificante em dietas com diferentes fontes lipídicas para frangos de corte[®]

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de "Mestra em Zootecnia", Área de Concentração "Produção e Nutrição Animal", Linha de Pesquisa "Produção e Nutrição de Não-Ruminantes", APROVADA pela seguinte Banca Examinadora:



Orientadora / Presidente - Prof.^a Dr.^a Cinthia Eyng

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon



Coorientador – Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

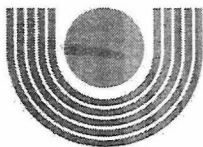
Membro – Prof.^a Dr.^a Cristiane Regina do Amaral Duarte

Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)



Membro – Dr. Cleison de Souza
Doutor em Zootecnia pela Unioeste (2020)

Marechal Cândido Rondon, 4 de novembro de 2020.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, Prof.^a Dr.^a Cinthia Eyng, declaro como **ORIENTADORA** que presidi os trabalhos de defesa à distância, de forma síncrona e por videoconferência, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Karine Isabela Tenório**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, a apresentação e a arguição dos membros da banca examinadora, **formalizo como Orientadora**, para fins de registro, por meio desta declaração, a decisão da banca examinadora de que a candidata foi considerada **APROVADA** na banca realizada em 04/11/2020, com o trabalho intitulado **“Emulsificante em dietas com diferentes fontes lipídicas para frangos de corte”**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Cinthia Eyng

Prof.^a Dr.^a CINTHIA EYNG – ORIENTADORA/PRESIDENTE

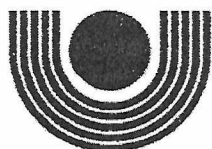
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / Campus de Mal. Cândido Rondon

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.





unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof.^a Dr.^a Cristiane Regina do Amaral Duarte**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Karine Isabela Tenório**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

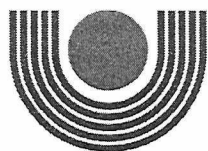
Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como membro externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada **APROVADA** na banca realizada em 04/11/2020, com o trabalho intitulado **"Emulsificante em dietas com diferentes fontes lipídicas para frangos de corte"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

A dissertação apresentada estava bem redigida e com discussão de resultados de nível de mestrado.

PROF.^a DR.^a CRISTIANE REGINA DO AMARAL DUARTE

Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Dr. Cleison de Souza**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Karine Isabela Tenório**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como membro externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 04/11/2020, com o trabalho intitulado **“Emulsificante em dietas com diferentes fontes lipídicas para frangos de corte”**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

DR. CLEISON DE SOUZA

Doutor em Zootecnia pela Unioeste (2020)

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por me proporcionar saúde, sabedoria e paciência nesse período da minha vida.

Aos meus pais, Darci Paulo Tenorio e Vera Inês Tenorio, minha base, pelo amor, por suportarem a distância, me apoiando e não desistindo de mim. Foi por vocês!

À minha irmã, Kátia Veronica Tenorio, pelo amor, apoio nas horas difíceis, e por toda ajuda que me deu desde a seleção para o mestrado.

A André Chistofoleti Ventura, pelo companheirismo, amor, paciência e ajuda durante todo o mestrado, por sempre me ouvir e me consolar nos momentos difíceis.

À Família Tenório e Família Klassen, pelo amor, carinho e por me apoiarem e se orgulharem da pessoa e profissional que venho me tornando.

À família Christofoleti, que me adotou e foi minha segunda casa durante esse período, pelo amor e orgulho que sentem por mim.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Cinthia Eyng, pessoa em que me inspiro, por ser essa profissional maravilhosa, por toda paciência que teve comigo, pela dedicação em ensinar e por todo apoio na condução dessa pesquisa.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes, pelo apoio e ensinamentos, por sempre acreditar no potencial das pessoas e pela amizade que tem com seus alunos.

Aos grandes amigos que fiz aqui, Tânia Luiza Kohler, Cleison de Souza e Jomara Broch, pela amizade, compreensão, carinho, ensinamentos e auxílio durante o mestrado.

Às minhas melhores amigas, Carolina Carollo e Isabelle Nóia, que apesar da distância, nunca se afastaram, sempre me apoiaram e me deram forças em todos os momentos.

A todos os colegas do Grupo de Estudo e Metabolismo e Desempenho de Aves - GEMADA, por toda a ajuda proporcionada, pelos momentos de descontração, estudo e troca de conhecimentos, em especial a Edinan Cirilo, Emerson Schimidt e Nilton Júnior, que foram indispensáveis na condução do experimento.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela oportunidade da formação em Mestre em Zootecnia.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em especial ao assistente Paulo Henrique Morsch, por não medir esforços em auxiliar os acadêmicos.

À empresa Orffa do Brasil, pelo custeio e por fornecer os ingredientes para a pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos durante todo o curso de mestrado.

*“Eu quero ser curado e ajudar curar também
Eu quero ser melhor do que eu nunca fui
Fazer o que eu posso pra me ajudar
Ser justo e paciente como era Jesus”*

(Winderson Nunes)

EMULSIFICANTE EM DIETAS COM DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS PARA FRANGOS DE CORTE

Resumo - O objetivo deste estudo foi determinar o efeito de dietas contendo diferentes fontes lipídicas, com ou sem a inclusão de emulsificante sobre parâmetros de produtividade, fisiológicos, rendimento de carcaça e cortes, qualidade da carne e *status* antioxidante de frangos de corte. Para tanto, 1.056 pintos de corte, machos, de um dia de idade, foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3 (com ou sem inclusão de emulsificante x três fontes lipídicas - óleo ácido de soja (OAS), óleo de soja degomado (OSD) e soja integral desativada (SID)), oito repetições com 22 aves cada. O emulsificante a base de ricinoleato de gliceril polietilenoglicol foi adicionado na proporção de 350 g ton⁻¹ com redução da recomendação em energia metabolizável aparente em 40 kcal kg⁻¹ de 1 a 21 dias e 50 kcal kg⁻¹ de 22 a 49 dias de idade das aves. A inclusão de emulsificante, independentemente da fonte utilizada, piorou a conversão alimentar (CA) das aves no período de 1 a 35 e 1 a 49 dias. A SID piorou a CA dos frangos de corte no período total de criação, independentemente do uso de emulsificante. Aos 49 dias de idade das aves, o uso de emulsificante aumentou o nível sérico de triglicerídeos na dieta composta por OSD e reduziu na dieta que continha OAS. A SID diminuiu o teor sérico de HDL em comparação ao OAS. O uso do emulsificante diminuiu o peso relativo do pâncreas na fonte lipídica OAS aos 49 dias. A profundidade da cripta foi maior nas aves alimentadas com OAS e menor para SID. A inclusão de emulsificante às dietas que continham SID piorou os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, energia bruta e matéria seca, no entanto, aumentou a energia digestível do OAS. A atividade de lipase pancreática, a atividade sérica de superóxido dismutase e TBARS e os parâmetros de qualidade de carne não foram afetados pelo uso das fontes lipídicas ou emulsificante. Na carne do peito, a luminosidade e intensidade de amarelo 24 horas *post mortem* foram mais elevadas para as aves alimentadas com SID. O uso de emulsificante reduziu o rendimento de sassami e a porcentagem de gordura abdominal. O desempenho das aves que consumiram OAS foi semelhante às que receberam OSD, sem prejuízo a qualidade da carne, mostrando-se como um potencial substituto ao OSD. O uso do emulsificante aliado a fontes com baixa exposição do lipídeo, como a SID, foi prejudicial tanto ao desempenho quanto a digestibilidade dos nutrientes. Independentemente da fonte utilizada, a redução energética aliada ao uso do emulsificante manteve o desempenho até os 21 dias de idade.

Palavras-chave: ricinoleato de gliceril polietilenoglicol, óleo ácido de soja, soja integral desativada, aditivos tecnológicos.

EMULSIFIER IN DIETS WITH DIFFERENT LIPID SOURCES FOR BROILERS

Abstract – The aim of this study was to determine the effect of diets with different lipid sources, with or without inclusion of emulsifier on productivity, physiological parameters, carcass and cut yields, meat quality and antioxidant status of broilers. For this purpose, 1,056 male day-old broiler were distributed in a completely randomized design in a 2 x 3 factorial design (with or without emulsifier inclusion x three lipid sources – acid soybean oil (ASO), degummed soybean oil (DSO) and deactivated full-fat soybean (DFS)), with eight replications and 22 birds each. The glyceryl polyethyleneglycol ricinoleate-based emulsifier was added to diets at 350 g ton⁻¹ with the recommended apparent metabolizable energy level reduced by 40 kcal kg⁻¹ from 1 to 21 d and 50 kcal kg⁻¹ from 22 to 49 d old. The inclusion of emulsifiers, regardless of the source used, worsened the feed conversion ratio (FCR) of birds in the period of 1 to 35 and 1 to 49 days. DFS worsened the FCR of broilers in the total breeding period, regardless of the use of emulsifier. At 49 days of age of the birds, the use of fat emulsifier increased the serum level of triglycerides in the diet composed of DSO and reduced in the diet that contained ASO. DFS decreased the serum HDL content compared to ASO. The use of the emulsifier decreased the relative weight of the pancreas in the ASO lipid source at 49 days. The crypt depth was greater in birds fed with ASO and less for DFS. The inclusion of emulsifiers in diets containing DFS worsened the digestibility coefficients of crude protein, crude energy and dry matter; however, it improved the digestible energy of ASO. Pancreatic lipase activity, serum superoxide dismutase and TBARS activity, and meat quality parameters have not been affected by lipid sources and use of emulsifiers. In breast meat, the luminosity and yellow intensity 24 hours *post mortem* were higher for birds fed with DFS. The use of emulsifiers reduced the yield of sassami and the percentage of abdominal fat. The performance of birds that consumed ASO was similar to those that received DSO, without prejudice to meat quality, showing itself as a potential substitute for DSO. The use of the emulsifier together with sources with low lipid exposure, such as DFS, is detrimental to both the performance and the digestibility of nutrients. Regardless of the source used, the energy reduction combined with the use of the emulsifier maintained performance until 21 days of age.

Keywords: glyceryl polyethylene glycol ricinoleate, acid soybean oil, deactivated full-fat soybean, technological additives.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 3.	Página
Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais contendo diferentes fontes lipídicas com ou sem inclusão de emulsificante para as fases pré-inicial (1-7 dias) e inicial (8-21 dias) de frangos de corte.	37
Tabela 2. Composição percentual e calculada das rações experimentais contendo diferentes fontes lipídicas com ou sem inclusão de emulsificante para as fases crescimento I (22-33 dias) e II (34-42 dias) de frangos de corte.....	39
Tabela 3. Composição percentual e calculada das rações experimentais contendo diferentes fontes lipídicas com ou sem inclusão de emulsificante para a fase final (49 dias) de frangos de corte.	41
Tabela 4. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante.....	44
Tabela 5. Lipídeos séricos (mg dL ⁻¹) de frangos de corte, aos 14, 21 e 49 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante.....	47
Tabela 6. Desdobramento da interação entre as fontes lipídicas e a inclusão de emulsificante para a variável triglicerídeos, aos 49 dias de idade	48
Tabela 7. Peso relativo (%) do pâncreas e fígado de frangos de corte, aos 14, 21 e 42 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante.....	49
Tabela 8. Desdobramento da interação entre as fontes lipídicas e a inclusão de emulsificante sobre o peso relativo do pâncreas de frangos de corte, aos 49 dias de idade	49
Tabela 9. Atividade de Lipase (UI Mg ⁻¹ de tecido) de frangos de corte aos 14 e 21 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante.....	50
Tabela 10. Altura de vilo (µm), profundidade de cripta (µm), relação altura de vilo:profundidade de cripta e área de absorção (µm ²) do segmento duodeno de frangos de corte aos 14 e 21 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante.....	51
Tabela 11. Altura de vilo (µm), profundidade de cripta (µm), relação altura de vilo:profundidade de cripta e área de absorção (µm ²) do segmento jejuno de frangos de corte aos 14 e 21 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante.....	52
Tabela 12. Energia digestível (kcal kg ⁻¹) e coeficientes (%) de digestibilidade ileal dos nutrientes	

em frangos de corte aos 49 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante..... 53

Tabela 13. Desdobramento da interação entre as fontes lipídicas e a inclusão de emulsificante para energia digestível e coeficientes de digestibilidade dos nutrientes. 53

CAPÍTULO 4. Página

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais contendo diferentes fontes lipídicas com ou sem inclusão de emulsificante para as fases pré-inicial (1-7 dias) e inicial (8-21 dias) de frangos de corte. 65

Tabela 2. Composição percentual e calculada das rações experimentais contendo diferentes fontes lipídicas com ou sem inclusão de emulsificante para as fases crescimento I (22-33 dias) e II (34-42 dias) de frangos de corte. 67

Tabela 3. Composição percentual e calculada das rações experimentais contendo diferentes fontes lipídicas com ou sem inclusão de emulsificante para a fase final (49 dias) de frangos de corte. 69

Tabela 4. Atividade de Superóxido dismutase (SOD) e TBARS mensurados no soro sanguíneo de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante..... 71

Tabela 5. Rendimento (%) de carcaça e cortes, e porcentagem (%) de gordura abdominal de frangos de corte, aos 49 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante 73

Tabela 6. Qualidade de carne de frangos de corte, aos 49 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante 74

Tabela 7. Colorimetria da carne de frangos de corte, aos 49 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante de gordura..... 76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 Revisão Bibliográfica	17
2.1 Utilização de óleos e gorduras na alimentação de aves	17
2.2 Origem das fontes lipídicas	18
2.3 Fatores que interferem no aproveitamento dos lipídeos	21
2.4 Uso de emulsificantes na alimentação de frangos de corte	23
2.5 Referências bibliográficas	26
3 EFEITO DA FONTE LIPÍDICA E EMULSIFICANTE SOBRE PARÂMETROS PRODUTIVOS E FISIOLÓGICOS DE FRANGOS DE CORTE	32
3.1 Introdução	34
3.2 Material e métodos	35
3.3 Resultados e discussão	43
3.4 Conclusão	55
3.5 Referências bibliográficas	56
4 USO DE EMULSIFICANTE EM DIETAS COM DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS SOBRE A QUALIDADE DE CARNE E STATUS ANTIOXIDANTE SÉRICO DE FRANGOS DE CORTE	60
4.1 Introdução	62
4.2 Material e métodos	63
4.3 Resultados e discussão	71
3.4 Conclusão	77
3.5 Referências bibliográficas	78
CONSIDERAÇÕES FINAIS	82

1 INTRODUÇÃO

As atuais linhagens de frangos de corte possuem alta exigência em nutrientes, sendo a energia e a proteína os componentes mais onerosos (SHARMA et al., 2018). Suprir a exigência energética é importante para o desenvolvimento, definição do desempenho e dos custos da dieta na cadeia produtiva avícola. A crescente alta nos custos dos alimentos energéticos levou a indústria avícola a intensificar o uso de óleos e gorduras como fonte energética na formulação das dietas (ROVERS, 2014).

As fontes lipídicas apresentam maior potencial energético que as dos demais nutrientes, fornecendo energia prontamente disponível, além de ácidos graxos (AG) essenciais, podendo exercer também um efeito extra calórico benéfico aos animais (RAVINDRAN et al., 2016). Dentre os óleos utilizados na dieta de aves, destaca-se o óleo de soja degomado, porém com um custo mais elevado, e os seus subprodutos, que podem apresentar bom aproveitamento pelos animais e preço mais acessível.

O óleo ácido de soja, derivado do refino do óleo de soja para consumo humano, é uma fonte alternativa com potencial para a substituição total ou parcial do óleo degomado. Por ser um subproduto, o óleo ácido de soja apresenta um custo reduzido, porém, algumas características da sua composição revelam a necessidade de pesquisas relacionadas ao seu uso na nutrição animal, como a alta proporção de AG livres e o baixo teor de ácido linolênico e linoleico (CORTEZ-CUERVAS et al., 2018). Outra fonte que apresenta características vantajosas na sua utilização é a soja integral desativada. Além de apresentar um alto teor de lipídeos, também é fonte de proteína (SCHNEIDERS et al., 2017), podendo substituir parcialmente o farelo de soja, o qual também apresenta alto custo.

Dentre as evoluções na área da nutrição, tem sido avaliado a utilização de emulsificantes de gordura para melhor aproveitamento da energia fornecida pelas fontes lipídicas. O uso deste aditivo torna-se cada vez mais viável na produção de frangos de corte, uma vez que atuam aumentando a superfície de contato dos lipídeos, melhorando a ação da enzima lipase (GUERREIRO NETO et al., 2011), e consequentemente, aumentando a digestibilidade da dieta. Desta forma, há uma maior disponibilização energética aos animais, permitindo a formulação de dietas com menor densidade energética, tornando-as mais econômicas, sem perda de desempenho (SUN; KIM, 2019), podendo também reduzir o gasto energético para a síntese enzimática de lipase endógena.

O uso de diferentes fontes de lipídeos associado à inclusão dietética de emulsificante ainda não demonstra seu total potencial de utilização, porém o interesse da indústria aumentou

significativamente na última década (BONTEMPO et al., 2015), visando redução de custos e melhor aproveitamento da energia dietética.

Serpunja e Kim (2019) observaram maior digestibilidade da gordura em aves que receberam dietas contendo emulsificante quando comparada com a dieta controle, independentemente do nível de redução energética. Apesar disso, os autores não observaram diferença no desempenho, parâmetros sanguíneos, peso dos órgãos ou qualidade da carne. Liu et al. (2020) observaram uma melhora no desempenho, maior teor de HDL e menor teor de LDL sérico e aumento no rendimento de peito e teor de vermelho no peito das aves que receberam emulsificante na forma *on top*, quando comparado ao controle. No entanto, os autores não observaram efeitos sobre a digestibilidade da gordura.

Desta forma, estudos envolvendo o uso de emulsificantes são necessários, sendo realizados com o intuito de melhorar a utilização da energia da dieta e consequentemente, o desempenho do animal. Neste contexto, este estudo tem por objetivo avaliar o uso de emulsificante em rações contendo diferentes fontes lipídicas na alimentação de frangos de corte.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Utilização de óleos e gorduras na alimentação de aves

A energia oriunda dos nutrientes é um dos principais componentes na formulação de uma dieta, sendo que suprir a alta exigência energética de frangos de corte apenas com milho e farelo de soja é inviável, devido ao aporte energético reduzido destes ingredientes, quando comparado às fontes lipídicas. Sendo assim, o uso de óleos e gorduras torna-se essencial na formulação de dietas (SIYAL et al., 2017). Os lipídeos (gordura e óleo) apresentam maior valor calórico entre todos os nutrientes e quando adicionados às dietas são responsáveis por disponibilizar AG essenciais, vitaminas lipossolúveis e principalmente energia (GE et al., 2019; YIN et al., 2018).

As fontes lipídicas também podem proporcionar benefícios a qualidade da ração e ao desempenho dos animais. A inclusão de óleos e gorduras aumenta a palatabilidade da ração, diminui o desperdício, pois dependendo do nível de inclusão, reduz a formação de pó nas rações, e como consequência, melhora a conversão alimentar (BAIÃO; LARA, 2005).

A origem da fonte lipídica e o perfil de AG também pode afetar positivamente a composição da carne, melhorando seu valor nutricional e beneficiando características organolépticas desejáveis pelos consumidores (LARA et al., 2006). Além disso, possibilita a utilização de alimentos alternativos em substituição ao milho, reduzindo o custo da dieta. No animal, os benefícios da inclusão de lipídeos são: a diminuição da taxa de passagem do alimento, proporcionando maior tempo para digestão e absorção dos demais componentes da dieta, o aumento do consumo, pela melhora na palatabilidade e a redução no incremento calórico durante o metabolismo animal, favorecendo o conforto térmico dos animais (UPADHAYA et al., 2017; SANTANA et al., 2018).

Os principais fatores que são considerados para a utilização de diferentes fontes lipídicas nas dietas são: o custo, a disponibilidade e a qualidade da fonte, geralmente aliado com o conhecimento dos seus efeitos sobre o desempenho dos animais e a qualidade da carcaça (ZOLLITSCH et al., 1997).

Atualmente, no mercado nacional, as principais fontes lipídicas utilizadas na nutrição de frangos de corte são as de origem vegetal, como o óleo de soja degomado, que apresenta um custo elevado e as de origem animal, como o óleo de vísceras de aves, pela maior disponibilidade e menor custo.

As fontes de origem vegetal geralmente se apresentam na forma líquida, devido ao alto teor de AG insaturados presente na fonte. Além disso, apresentam uma maior digestibilidade para não ruminantes. As fontes de origem animal apresentam-se na forma sólida, pois são ricas em AG saturados de cadeia curta, sendo menos digestíveis para os não ruminantes (RAVINDRAN et al., 2016). O óleo de vísceras é uma exceção, pois apresenta-se na forma líquida em temperatura ambiente e possui quantidade elevada de AG insaturados, com um bom aproveitamento pelos animais. Segundo Rostagno et al. (2017) o óleo de aves possui alto teor de ácidos graxos insaturados, como o ácido oleico (42,68%) e linoleico (20,68%) e teor considerável de ácido graxo saturado, como o ácido palmítico (20,74%) e o esteárico (6,74%), o que justifica sua maior digestibilidade.

Zhang et al. (2011) observaram que aves alimentadas com dieta contendo óleo de vísceras apresentaram ganho de peso semelhante àquelas que receberam dieta com óleo de soja e superior à dieta que continha sebo.

2.2 Origem das fontes lipídicas

Existe uma variedade de óleos e gorduras que podem ser utilizados nas dietas para aves, podendo variar quanto à origem e o teor de energia, dependendo das suas características químicas (TANCHAROENRAT et al., 2013). A origem da fonte lipídica pode interferir na digestibilidade, devido à variabilidade no grau de saturação dos AG e ao teor de AG livres e monoglicerídeos presentes na fonte (RAVINDRAN et al., 2016), podendo ser de origem vegetal ou animal.

Dentre as fontes de origem vegetal, encontram-se os óleos de soja, milho, girassol, palma e algodão, além dos seus subprodutos, oriundos do refino deles. A fonte comumente utilizada no Brasil é o óleo de soja degomado, devido à larga escala de produção. Óleos com maior valor agregado são utilizados para atender demandas de mercado ou em regiões que possuem uma oferta maior do produto, porém, devido ao custo mais elevado, são utilizados para melhorar o perfil de AG, enriquecendo o produto final, que pode ser comercializado com maior valor agregado.

No processo de extração do óleo, obtém-se três tipos, o óleo bruto, degomado e refinado. O óleo bruto, obtido após prensagem e/ou extração por solventes, possui todos os componentes presentes, alguns indesejáveis, como fosfolipídeos, AG livres, metais pesados e resíduos do farelo. Ao passar pela degomagem, ocorre a extração principalmente dos fosfolipídeos presentes nesse óleo, e é este o óleo mais utilizado na nutrição animal. No processo de refino,

o óleo degomado passa por neutralização dos ácidos, clarificação e desodorização, sendo destinado ao consumo humano (MORE; GOGATE, 2018).

O óleo de soja degomado apresenta elevado aproveitamento da energia pelas aves e grande disponibilidade no mercado brasileiro, sendo que no ano de 2018 foram produzidas 8.833.000 toneladas (ABIOVE, 2019). Segundo Rostagno et al. (2017) o óleo de soja degomado apresenta alto teor de AG insaturados, principalmente oleico e linoleico (23,32% e 52,78%, respectivamente), que são melhores digeridos e absorvidos pelas aves, visto que os AG saturados tendem a se ligar ao cálcio, muitas vezes ligado ao fitato, podendo formar sabões insolúveis (SELLE et al., 2009). No entanto, o óleo de soja degomado apresenta alto custo devido ao valor indexado à balança comercial internacional e competição com a alimentação humana (AJANOVIC, 2011), e por isso, estudos com produtos alternativos são realizados constantemente, visando reduzir o custo de produção da ração.

Um dos resíduos do refino do óleo de soja para consumo humano é o óleo ácido de soja. Este óleo é uma fonte estudada para a substituição do óleo de soja degomado. O óleo ácido de soja é obtido a partir da acidificação da borra após a etapa de refino do óleo de soja. Do ponto de vista econômico, apresenta baixo custo e vem sendo amplamente utilizado como suplemento energético na formulação de dietas para animais (CORTEZ-CUERVAS et al., 2018). No entanto, é um produto que apresenta valor nutricional variável, elevado teor de ácidos graxos livres (AGL), alta quantidade de impurezas e umidade elevada (VON SCHAUMBURG et al., 2018).

Do ponto de vista nutricional, o óleo ácido de soja deixa dúvidas quanto ao seu valor energético, que é semelhante ao óleo de soja, porém, o perfil de AG não é o desejável, pois apresenta menor proporção de triglicerídeos e alto teor de AGL, que aumenta com o grau de acidez do óleo (VILARRASA et al., 2015; RODRIGUEZ-SANCHEZ et al., 2019). Os AGL são mais hidrofóbicos, ou seja, são mais difíceis para se aglomerarem em micelas, exigindo maior conteúdo de sais biliares para uma boa emulsão, além disso, apresentam maior afinidade em formar sabões insolúveis (GARRETT; YOUNG, 1975).

Em estudo com várias fontes lipídicas e seus respectivos óleos ácidos, entre eles o óleo ácido de soja, Wiseman e Salvador (1991) verificaram uma redução nos valores de energia metabolizável (EM) das fontes com maior proporção de AGL, sendo este decréscimo mais pronunciado em relação à saturação do ácido graxo. Muitos autores têm determinado a EM dessa fonte para aves em diferentes idades bem como os efeitos sobre o desempenho. Peña et al. (2014) avaliaram aves aos 25 dias alimentadas com óleo ácido de soja e observaram valores de 9.232 e 7.951 kcal kg⁻¹ de EM, calculados por meio de análise de regressão e pelo método

da diferença, respectivamente. Vieira et al. (2015) apresentaram valores de $7.706 \text{ kcal kg}^{-1}$ e $8.533 \text{ kcal kg}^{-1}$ de EM para frangos de corte no período de 1 a 7 dias e 28 a 35 dias, respectivamente. Os efeitos sobre o desempenho apresentados por Cortez-Cuervas et al. (2018) demonstram que a substituição total do óleo degomado pelo óleo ácido de soja diminui o ganho de peso e o consumo de ração de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, porém, considerando o período total (1 a 49 dias) essa diferença foi diluída.

Além dos óleos, alguns ingredientes com alto teor de lipídeos podem ser utilizados como fonte de energia nas dietas para aves. A soja integral apresenta características desejáveis, pois além de ser fonte de lipídeos, por não ter sua porção lipídica extraída do grão, é rica em proteína, que pode substituir em parte o farelo de soja, ingrediente com alto custo na indústria. No entanto, sua utilização *in natura* não é recomendada devido a fatores antinutricionais, como inibidores de proteases, lectinas e proteínas alergênicas (ROCHA et al., 2014), sendo necessário a inativação destes componentes.

Por serem compostos termolábeis é comum a indústria realizar a inativação por meio de extrusão, tostagem e radiação (NUNES et al., 2015), transformando a soja integral em soja integral desativada (SID). No entanto, deve-se evitar o superaquecimento do material, uma vez que pode alterar sua composição nutricional. Além disso, podem ocorrer variações nutricionais de acordo com as condições de campo no cultivo da soja, a cultivar utilizada e os processamentos que o ingrediente for submetido (CALDERANO et al., 2010).

Após a desativação dos compostos antinutricionais, a SID apresenta um alto valor de EM. Scotta et al. (2016) avaliaram a EMA_n da SID em frangos de corte no período de 14 a 24 dias de idade e obtiveram valores de $2.797 \text{ kcal kg}^{-1}$. Schneiders et al. (2017) observaram elevação na EMA_n com o aumento da idade das aves, variando de $3.328 \text{ kcal kg}^{-1}$ no período de 1 a 7 dias de idade a $4.117 \text{ kcal kg}^{-1}$ no período de 41 a 48 dias de idade. De fato, a SID apresenta boas características como alimento energético e proteico.

De maneira geral, as fontes de origem animal possuem maior variabilidade na composição do que as fontes vegetais. Estas fontes apresentam maior teor de AG saturados o que implica em uma menor digestibilidade. Sendo assim, a vantagem na sua utilização é o custo, geralmente mais acessível e, quando apresenta boa qualidade, as fontes lipídicas de origem animal podem suprir a demanda energética das aves sem causar decréscimo no desempenho produtivo (ALMEIDA et al., 2016).

As fontes de origem animal comumente utilizadas para a fabricação de rações são o óleo de vísceras de aves, produzido em larga escala na região Oeste do Paraná, e o sebo bovino. Em adição, pode-se utilizar o óleo de peixe e a banha suína em dietas animais, porém, devido à

competição destas fontes com o consumo humano, apresentam custos menos acessíveis. A digestibilidade do óleo de vísceras de aves é maior do que as demais fontes de origem animal (ZHANG et al., 2011), transformando essa fonte na mais utilizada.

2.3 Fatores que interferem no aproveitamento dos lipídeos

Os lipídeos são formados por uma molécula de glicerol ligada a três moléculas de AG, denominados triacilgliceróis ou triglicerídeos. Quando os lipídeos sofrem a ação dos sais biliares e da lipase, são liberados dois AGL e a molécula de glicerol continua ligada a um ácido graxo, formando um monoglicerídeo (NELSON; COX, 2014). A lipase pancreática possui uma especificidade de ação sobre os triglicerídeos, tornando a localização do ácido graxo na molécula de glicerol um fator que pode interferir na digestibilidade da fonte (YE et al., 2018).

Durante a digestão, a lipase atua sobre os triglicerídeos nas posições sn-1 e 3, logo, o ácido graxo na posição sn-2 é conservado durante a absorção e em sua subsequente remontagem aos triglicerídeos. Os AG saturados de cadeia longa serão melhor absorvidos se localizados na posição 2 em comparação às posições sn-1 e 3 (DECKER, 1996; LIN; CHIANG, 2010), porque os sn2-monoacilgliceróis são emulsificantes naturais e melhoram a incorporação de AG em micelas.

As diferenças relatadas na digestibilidade entre gorduras animais e óleos vegetais são atribuídas, em parte, ao fato de que as gorduras animais contêm altas proporções de AG saturados nas posições 1 e 3 (MENG et al., 2004). Slink et al. (2008) demonstraram que a localização do ácido palmítico na posição sn-2 teve um efeito positivo na sua digestibilidade para frangos de corte, utilizando gordura de palma como fonte lipídica.

Os monoglicerídeos possuem propriedades emulsificantes interessantes por serem altamente hidrofílicos e não apresentarem efeitos colaterais quando ingeridos pelos animais (FREITAS et al., 2008). Neste contexto, apresentam porções de sua estrutura molecular que interagem de maneira eficiente com sistemas aquosos (como o lúmen intestinal) e com lipídeos, formando uma interface entre os dois, que chamamos de micelas, porém as considerações químicas relacionadas à formação de micelas são bastante complexas e pouco conhecidas (NELSON; COX, 2014). Altas proporções de AGL limitam a capacidade emulsificante dos monoglicerídeos (UPADHAYA et al., 2018). Além disso, os AGL têm grande afinidade com minerais divalentes, formando sabões solúveis ou insolúveis. Quando são formados sabões insolúveis, ambos os nutrientes se tornam indisponíveis (LEESON; SUMMERS, 2005).

O tamanho da cadeia do AG, bem como o grau de saturação e em qual carbono se encontra a dupla ligação também podem afetar sua absorção. Os AG insaturados de cadeia longa e os monoglicerídeos formam micelas rapidamente e são facilmente digeridos e absorvidos, enquanto os AG saturados têm baixa capacidade de formar micelas, pois apresentam polaridade fraca (SIYAL et al., 2017). Quando adicionados em proporções adequadas, um pode atuar sobre a absorção do outro, melhorando a absorção de ambos. Em adição, estudos mostram que o ácido graxo linolênico é preferencialmente oxidado em relação ao linoleico, quando ambos são adicionados em dietas (WONGSUTHAVAS et al., 2011).

O grau de saturação dos AG presentes na dieta tem um impacto maior na absorção dos AG do que o conteúdo de AGL (RODRIGUEZ-SANCHEZ et al., 2019), logo, o perfil de AG das fontes lipídicas é mais importante do que a proporção entre triglicerídeos e AGL.

Young e Garrett (1963) demonstraram que AG insaturados podem influenciar a utilização de AG saturados em misturas. Os autores ainda citam que a digestibilidade do ácido graxo saturado é aumentada quando misturada com insaturado e que a mistura de AG saturados afeta negativamente a digestibilidade destes. Kettels e Groote (1989) descrevem que a inclusão de AG insaturados pode melhorar o aproveitamento dos AG saturados de cadeia longa, principalmente o palmítico e esteárico, porém, a inclusão de AG saturados não melhora a utilização de AG insaturados. O mesmo autor cita uma relação ideal de 2,5 entre AG insaturados e saturados da dieta.

Além dos fatores inerentes a fonte lipídica, o nível de inclusão e composição da dieta na qual os AG são adicionados e fatores inerentes ao próprio animal, como a idade, também afetam a digestibilidade dos lipídeos (TANCHAROENRAT et al., 2013; AMERAH; RAVINDRAN, 2015; RAVINDRAN et al., 2016).

Apesar do uso de lipídeos na alimentação de aves estar presente em todas as fases de criação, a idade da ave é um fator que afeta o aproveitamento da fonte como fornecedora de energia. A produção endógena de sais biliares e lipase na fase inicial é limitada, portanto, a digestibilidade da gordura é prejudicada (LILBURN; LOEFFLER, 2015; RAVINDRAN et al., 2016).

Durante as primeiras semanas de vida das aves, a capacidade de produção de lipase pancreática e síntese e reabsorção de sais biliares é reduzida, aumentando com o passar da idade da ave (FREEMAN, 1984). Mossab et al. (2000) utilizaram óleo de soja na dieta das aves e observaram um aumento da metabolizabilidade aparente dos AG totais da primeira para a terceira semana de idade. A limitação fisiológica na fase inicial também pode ser superada com o uso de emulsificantes de origem exógena nas primeiras semanas de vida das aves (ROY et

al., 2010, BONTEMPO et al., 2018). Além disso, a absorção dos lipídeos é maior à medida que se eleva o consumo de gorduras.

O nível de inclusão das fontes lipídicas afeta a capacidade da ave em aproveitar os lipídeos, e dependendo da fonte utilizada, a resposta no aproveitamento energético pode apresentar diferentes comportamentos (ROCHA et al., 2008). Recomenda-se ao menos 1% de inclusão de óleo em dietas para aves, visando melhoria da qualidade da ração, mas é comum utilizar-se níveis mais elevados, visando suprir a demanda de energia crescente desses animais (FIRMAN, 2018). Os óleos são adicionados às dietas em níveis médios de 3% na fase inicial, chegando até 7% de inclusão na fase final (ROSTAGNO et al., 2017). O principal limitante da inclusão de óleos é o custo e problemas de manejo da ração (qualidade de pellet e fluxo de rações fareladas nos equipamentos) e não pelo nível de aceitação dos animais. O aumento nos níveis de gorduras das dietas melhora a digestibilidade deste componente e eleva a energia metabolizável, pois a presença da gordura no intestino estimula a produção de colecistocinina e secretina, que estimulam a produção e secreção de sais biliares (MORITZ; TRAMONTE, 2006, REHFELD, 2017). Andreotti et al. (2004) demonstraram melhora nos índices de desempenho das aves em função de níveis crescentes de óleo de soja na dieta durante as fases de crescimento (21 a 42 dias) e final (43 a 56 dias).

2.4 Uso de emulsificantes na alimentação de frangos de corte

Parte da gordura adicionada à dieta das aves não é aproveitada, perdendo-se nas excretas. Quanto maior a quantidade de gordura adicionada às dietas, maior é seu aproveitamento pelos animais, porém, as perdas também podem aumentar, principalmente na fase inicial, onde há um menor aproveitamento de energia das fontes lipídicas, uma vez que os processos digestivos e absorptivos possuem menor eficiência (TANCHAROENRAT et al., 2014). O uso de emulsificantes pode auxiliar na emulsão dos lipídeos no trato gastrointestinal (SIYAL et al., 2017), também auxiliando a digestibilidade das fontes lipídicas de pior qualidade, visto que a quantidade de substrato é maior. Neste contexto, o emulsificante promove a incorporação de AG nas micelas, facilitando a ação da lipase pancreática e aumentando assim, a concentração de monoglicerídeos no intestino. Portanto, a suplementação exógena de emulsificantes pode melhorar a utilização dos lipídeos, facilitando o transporte de nutrientes por meio da membrana, melhorando o desempenho das aves, além de maximizar o retorno sobre o investimento em lipídeos na dieta (WANG et al., 2016).

Os emulsificantes atuam principalmente no duodeno e jejuno das aves, aumentando a emulsão das gorduras e agindo como potencializadores da ação da lipase e co-lipase. Com o aumento da ação enzimática, maior quantidade de AG será liberada e consequentemente, ocorre uma melhor absorção de lipídeos, demonstrando o benefício do uso do emulsificante em dietas de alta e de baixa energia para todas as espécies animais (WANG et al., 2016, YIN et al., 2018).

A bile é um exemplo de emulsificante produzido de forma endógena pelos animais e que possui a função de aumentar a superfície de contato dos lipídeos, formando microgotículas de gordura, facilitando a ação da lipase (LUBISCO, 2007). Seus componentes principais são o colesterol, fosfolipídeos (principalmente a fosfatidilcolina e/ou lecitina) e sais biliares, correspondendo a 97% do total de componentes, sendo os 3% restante correspondente a bilirrubina e proteínas (WANG et al., 2009).

O processo de emulsificação é essencial para alcançar o máximo valor energético acrescentado pelas fontes lipídicas. No entanto, a secreção endógena de bile pode não ser suficiente para criar uma emulsão adequada quando o nível de inclusão de óleo é maior ou quando a ave ainda é jovem. Desta forma, a adição dietética de emulsificante pode ser uma forma de garantir que estas fontes lipídicas sejam aproveitadas de forma efetiva (HALDAR; GHOSH, 2010).

A inclusão exógena de sais biliares como emulsificante natural em dietas de aves pode melhorar a absorção de gorduras (GOMEZ; POLIN, 1976), porém a sua inclusão não é economicamente viável, devido ao alto custo de produção. O uso de emulsificantes comerciais, naturais ou sintéticos, tem um menor custo estando disponível produtos à base de lecitina hidrolisada, lisofosfatidilcolina e ricinoleato de gliceril polietilenoglicol (ROY et al., 2010; GUERREIRO NETO et al., 2011; ZHANG et al., 2011).

A principal característica de um emulsificante é a sua natureza anfipática, ou seja, uma extremidade hidrofóbica, com maior afinidade lipídica (não polar), e outra parte hidrofílica, com maior afinidade com o meio aquoso (polar), sendo esta uma longa cadeia de AG obtidos a partir de uma gordura ou óleo (STAUFFER, 2005). A qualidade do emulsificante dependerá do comprimento da cauda hidrofílica, cuja principal característica é a solubilidade maior em meio aquoso, como é o lúmen intestinal, aumentando a superfície de contato do lipídeo, facilitando o seu aproveitamento (ROY et al., 2008). A qualidade do emulsificante é importante para a formação de uma emulsão estável. Alguns produtos são apropriados para a formação de gotículas muito pequenas, mas que não apresentam estabilidade, voltando a se unir. Um emulsificante de qualidade deve persistir com gotículas pequenas, independentemente do pH, alta energia iônica, solventes fracos e altas temperaturas (WALSTRA, 1996).

O balanço hidrofílico-lipofílico (BHL) é um fator importante que confere solubilidade ao emulsificante, seja em água ou em gordura. O BHL é uma escala que varia de 0 a 20, e quanto mais elevado o valor de BHL, mais hidrossolúvel será o emulsificante. Emulsificantes com BHL abaixo de 9 são mais solúveis em óleos, ou seja, formam emulsões de água em óleo, enquanto emulsificantes com BHL acima de 11 são mais solúveis em água, formando uma emulsão de óleo em água (BOBBIO; BOBBIO, 1995). Dependendo do objetivo do uso do emulsificante, determina-se qual BHL é mais adequado. Na utilização para a nutrição animal, é preferível um emulsificante com BHL elevado, pois é adicionada uma quantidade pequena de lipídeo ao meio aquoso do intestino (ROVERS, 2013, 2014; RAVINDRAN et al., 2016).

Os emulsificantes podem ter origem endógena (como a bile) ou exógenas, suplementados nas dietas. Existem diversos tipos de aditivos emulsificantes no mercado, com diferentes características e afinidades lipídicas. Dentre os emulsificantes sintéticos podemos citar o ricinoleato de gliceril polietilenoglicol, oriundo da mistura entre óxido de etileno e o óleo de rícino, extraído da mamona. O ricinoleato de gliceril polietilenoglicol apresenta característica mais hidrofílica que a lecitina de soja, dissolvendo facilmente os AGL no meio aquoso do intestino, que são pouco solúveis nas micelas formadas pelos sais biliares (ROY et al., 2010).

Tan et al. (2016) estudaram o efeito da inclusão do ricinoleato de gliceril polietilenoglicol em dietas com farelo de arroz e verificaram um aumento nos valores de energia metabolizável aparente para os animais que receberam a inclusão do emulsificante. Em adição, os autores afirmam que o emulsificante parece ter maior efeito sobre AG com maior grau de saturações.

Por ser considerado um emulsificante nutricional e extraído de um óleo, o ricinoleato de gliceril polietilenoglicol apresenta teor de energia, que pode ou não ser considerado na energia metabolizável da ração. De acordo com Kaczmarek et al. (2015) frangos de corte suplementados com ricinoleato de gliceril polietilenoglicol apresentaram maior ganho de peso e melhor conversão alimentar, independentemente da densidade energética da dieta. Em outro estudo, utilizando frangos de corte em crescimento e duas concentrações do produto (280 g ton⁻¹ e 560 g ton⁻¹), adicionado *on top* nas dietas, o emulsificante ricinoleato de gliceril polietilenoglicol proporcionou melhora na absorção de gordura, apresentando maior metabolizabilidade na menor concentração do produto (ROY et al., 2010).

Estudos adicionais sobre os efeitos dietéticos de emulsificantes sobre as diferentes fontes lipídicas são necessários, considerando que a ação dos diferentes emulsificantes ainda não está completamente esclarecida. Além disso, a adição dos emulsificantes pode reduzir custos das rações quando considerada sua matriz nutricional, pois possibilita menor inclusão de óleo e alimentos energéticos nas dietas.

2.5 Referências bibliográficas

- AJANOVIC, A. Biofuels versus food production: Does biofuels production increase food prices? **Energy**, v.36, p.2070–2076, 2011.
- ALMEIDA, A.F.; DIAS, K.B.; SILVA, A.C.C. et al. Agroindustrial Wastes as Alternative for Lipase Production by *Candida viswanathii* under Solid-State Cultivation: Purification, Biochemical Properties, and Its Potential for Poultry Fat Hydrolysis. **Enzyme Research**, v.2016, p.1-15, 2016.
- AMERAH, A.M.; RAVINDRAN, V. Effect of coccidia challenge and natural betaine supplementation on performance, nutrient utilization, and intestinal lesion scores of broiler chickens fed suboptimal level of dietary methionine. **Poultry Science**, v.94, n.4, p.673-680, 2015.
- ANDREOTTI, M.O.; JUNQUEIRA, O.M.; BARBOSA, M.J.B. et al. Tempo de trânsito intestinal, desempenho, característica de carcaça e composição corporal de frangos de corte alimentados com rações isoenergéticas formuladas com diferentes níveis de óleo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.870-879, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS - ABIOVE. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://abiove.org.br/estatisticas/>>. Acesso em: 02 de novembro de 2019.
- BAIÃO, N.C.; LARA, L.J.C. Oil and Fat in Broiler Nutrition. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.7, n.3, p.129-141, 2005.
- BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1995. 151 p.
- BONTEMPO, V.; COMI, M.; JIANG, X. R. The effects of a novel synthetic emulsifier product on growth performance of chickens for fattening and weaned piglets performance of chickens for fattening and weaned piglets. **Animal**, v.10, n.4, p.592-597, 2015.
- BONTEMPO, V.; COMI, M.; JIANG, X.R. et al. Evaluation of a synthetic emulsifier product supplementation on broiler chicks. **Animal Feed Science and Technology**, v.240, p.157–164, 2018.
- CALDERANO, A.A.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T. et al. Composição química e energética de alimentos de origem vegetal determinadas em aves de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.2, p.320-326, 2010.
- CORTEZ-CUEVAS, A.; MUNOZ-OROZCO, J.L.; GOMEZ-VERDUZCO, G.G. et al. Effect of two oil types and energy levels on broiler performance, carcass quality and skin pigmentation. **Australian Journal of Veterinary Science**, v.50, n.2, p.89-94, 2018.
- DECKER, E.A. The role of stereospecific saturated fatty acid positions on lipid nutrition. **Nutrition Reviews**, v.54, n.4, p.108-110, 1996.

- FIRMAN, J.D. [2018]. **Benefícios dos produtos processados Nutrição de Aves**. Disponível em: <<https://www.editorastilo.com.br/beneficios-dos-produtos-processados-nutricao-de-aves/>> Acesso em:30/11/18.
- FREEMAN, C.P. The digestion, absorption and transport of fats non-ruminants. In: WISEMAN, J. (Ed.). **Fats in animal nutrition**. London: Butterworths, 1984. p.105-122.
- FREITAS, L.; BUENO, T.; PEREZ, H. et al. Monoglicerídeos: Produção por via enzimática e algumas aplicações. **Química Nova**, v.31, n.6, p.1514–1521, 2008.
- GARRETT, R.L.; YOUNG, R.J. Effect of micelle formation on the absorption of neutral fat and fatty acids by the chicken. **The Journal of Nutrition**, n.105, n.7, p.827-838, 1975.
- GE, X.K.; WANG, A.A.; YING, Z.X. et al. Effects of diets with different energy and bile acids levels on growth performance and lipid metabolism in broilers. **Poultry Science**, v.98, n.2, p.887–895, 2019.
- GOMEZ, M.X.; POLIN, D. Use of bile salts to improve absorption of tallow in chicks, one to three weeks of age. **Poultry Science**. v.55, n.6, p.2186-2195, 1976.
- GUERREIRO NETO, A.; PEZZATO, A.; SARTORI, J. et al. Emulsifier in broiler diets containing different fat sources. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.13, n.2, p.119–125, 2011.
- HALDAR, S; GHOSH, T.K. [2010]. **Nutritional emulsifiers sustain performance of broiler fed a low-energy diet - a new approach to alleviate tropical heat stress**. Disponível em: <<https://en.engormix.com/poultry-industry/articles/of-broiler-fed-a-low-energy-diet-t34658.htm>>. Acesso em: 02/11/2019.
- KACZMAREK, S.A.; BOCHENEK, M.; SAMUELSSON, A.C. et al. Effects of glyceryl polyethylene glycol ricinoleate on nutrient utilisation and performance of broiler chickens. **Archives of Animal Nutrition**, v.69, n.4, p.285–296, 2015.
- KETTELS, E.; GROOTE, G. Effect of ratio of unsaturated to saturated fatty acids of the dietary lipid fraction on utilization and metabolizable energy of added fats in young chicks. **Poultry Science**, v.68, n.11, p.1506-1512, 1989.
- LARA, L.J.C.; BAIÃO, N.C.; AGUILAR, C.A.L. et al. Rendimento, composição e teor de ácidos graxos da carcaça de frangos de corte alimentados com diferentes fontes lipídicas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.1, p.108-115, 2006.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial Poultry Nutrition**, 3rd ed. Nottingham: Nottingham University Press, 414 p.2005.
- LILBURN, M.S.; LOEFFLER, S. Early intestinal growth and development in poultry, **Poultry Science**, v.94, n.7, p.1569-1576, 2015.
- LIN, C.S.; CHIANG, S.H. Effect of sn-2 saturated fatty acids in dietary triglycerides on fatty acid and calcium digestibility and leg abnormalities in broiler chickens. **The Journal of Poultry Science**, v.47, n.2, p.156-162, 2010.

- LIU, X.; YOON, S.B.; KIM, I.H. Growth Performance, Nutrient Digestibility, Blood Profiles, Excreta Microbial Counts, Meat Quality and Organ Weight on Broilers Fed with De-Oiled Lecithin Emulsifier. **Animals**, v.10, n. 3, p.478, 2020.
- LUBISCO, D.S. **Composição de ácidos graxos e livre escolha em dietas iniciais de frangos de corte**. 2007. 81f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- MENG, X.; SLOMINSKI, B.A.; GUENTER, W. The effect of fat type, carbohydrase, and lipase addition on growth performance and nutrient utilization of young broilers fed wheat-based diets. **Poultry Science**, v.83, n.10, p.1718-1727, 2004.
- MORE, N.S.; GOGATE, P.R. Intensified degumming of crude soybean oil using cavitation reactors. **Journal of Food Engineering**, v.218, p.33-43, 2018.
- MORITZ, B.; TRAMONTE, V.L.C. Biodisponibilidade do licopeno. **Revista de Nutrição**, v.19, n.2, p.265-273, 2006.
- MOSSAB, A.; HALLOUIS, J.M.; LESSIRE, M. Utilization of soybean oil and tallow in young turkeys compared with young chickens. **Poultry Science**, v.79, n.9, p.1326-1331, 2000.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**, 6°. ed. São Paulo: Editora Sarvier, 2014. 1220p.
- NUNES, R.V.; BROCH, J.; POLESE, C. et al. Avaliação nutricional e energética da soja integral desativada para aves. **Revista Caatinga**, v.28, n.2, p.143-151, 2015.
- PEÑA, J.E.M.; VIEIRA, S.L.; BORSATTI, L. et al. Energy utilization of by-products from the soybean oil industry by broiler chickens: acidulated soapstock, lecithin, glycerol and their mixture. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.16, n.4, p.437-442, 2014.
- RAVINDRAN, V.; TANCHAROENRAT, P.; ZAEFARIAN, F. et al. Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilisation. **Animal Feed Science and Technology**, v.213, p.1-21, 2016.
- REHFELD, J.F. Cholecystokinin-from local gut hormone to ubiquitous messenger. **Frontiers in Endocrinology**, v.8, p.47, 2017.
- ROCHA, C.; DURAU, J.F.; BARRILLI, L.N.E. et al. The effect of raw and roasted soybeans on intestinal health, diet digestibility, and pancreas weight of broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.23, n.1, p.71-79, 2014.
- ROCHA, V.R.R.A.; DUTRA JR., W.M.; RABELLO, C.B.V. et al. Substituição total do milho por sorgo e óleo de abatedouro avícola em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, n.1, p.95-102, 2008.
- RODRIGUEZ-SANCHEZ, R.; TRES, A.; SALA, R. et al. Effects of dietary free fatty-acid content and saturation degree on lipid-class composition and fatty-acid digestibility along the gastrointestinal tract in broiler starter chickens. **Poultry Science**, v.98, n.10, p.4929-4941, 2019.

- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2017.
- ROVERS, M. Improving fat digestibility lower cost price. **World Poultry Magazine**, v.29, n.7, p.11-13, 2013.
- ROVERS, M. Saving energy and feed costs with nutritional emulsifier. **International Poultry Production**, v.22, n.4, p.7-8, 2014.
- ROY, A.S.; HALDAR, S.; MONDAL, T. et al. Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism, and serum lipid profile in broiler chickens. **Veterinary Medicine International**, v.2010, p.1-9, 2010.
- ROY, A; HALDAR, S.; GOSH, T.K. Nutritional emulsifiers: An innovative approach to enhance productivity. **Asian Poultry Magazine**, v.8, p.36-39, 2008.
- SANTANA, M.H.M.; SARAIVA, E.P.; COSTA, F.G.P. et al. Ajuste dos níveis de energia e proteína e suas relações para galinhas poedeiras em diferentes condições térmicas. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.12, n.1, p.139, 2018.
- SCHNEIDERS, J. L.; NUNES, R. V.; SCHÖNE, R. A. et al. Energy coefficients of plant foods for broiler chickens at different ages. **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, n.4, p.2119-2128, 2017.
- SCOTTA, B.A.; ALBINO, L.F.T.; BRUSTOLINI, P.C. et al. Determinação da composição química e dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos proteicos para frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v.17, n.4, p.501-508, 2016.
- SELLE, P.H.; COWIESON, A.J.; RAVINDRAN, V. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. **Livestock Science**, v.124, p.126-141, 2009.
- SERPUNJA, S.; KIM, I.H. The effect of sodium stearyl-2-lactylate (80%) and tween 20 (20%) supplementation in low-energy density diets on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, relative organ weight, serum lipid profiles, and excreta microbiota in broilers. **Poultry Science**, v.98, n.1, p.269-275, 2019.
- SHARMA, N.K.; CHOCT, M.; TOGHYANI, M. et al. Dietary energy, digestible lysine, and available phosphorus levels affect growth performance, carcass traits, and amino acid digestibility of broilers. **Poultry Science**, v.97, n.4, p.1189-1198, 2018.
- SIYAL, F.; BABAZADEH, D.; WANG, C. et al. Emulsifiers in the poultry industry. **World's Poultry Science Journal**, v.73, n.3, p.611-620, 2017.
- SMINK, W.; GERRITS, W.J.J.; HOVENIER, R. et al. Fatty acid digestion and deposition in broiler chickens fed diets containing either native or randomized palm oil. **Poultry Science**, v.87, n.3, p.506-513, 2008.
- STAUFFER, C.E. Emulsifiers for the food industry. In: SHARIDI F. (Ed.) **Bailey's Industrial Oil and Fat Products**, 6. ed., New Jersey: John Wiley & Sons, 2005, p.229-267.

- SUN, H.Y.; KIM, I.H. Evaluation of an emulsifier blend on growth performance, nutrient digestibility, blood lipid profiles, and fecal microbial in growing pigs fed low energy density diet. **Livestock Science**, v.227, p.55-59, 2019.
- TAN, H.S.; ZULKIFLI, I.; FARJAM, A.S. et al. Effect of exogenous emulsifier on growth performance, fat digestibility, apparent metabolisable energy in broiler chickens. **Journal of Biochemistry, Microbiology and Biotechnology**, v.4, n.1, p.7-10, 2016.
- TANCHAROENRAT, P.; RAVINDRAN, V.; ZAEFARIAN F. et al. Digestion of fat and fatty acids along the gastrointestinal tract of broiler chickens. **Poultry Science**, v.93, n.2, p.371–379, 2014.
- TANCHAROENRAT, P.; RAVINDRAN, V.; ZAEFARIAN, F. et al. Influence of age on the apparent metabolisable energy and total tract apparent fat digestibility of different fat sources for broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v.186, n.3-4, p.186-192, 2013.
- UPADHAYA, S.D.; LEE, J.S.; JUNG, K.J. et al. Influence of emulsifier blends having different hydrophilic-lipophilic balance value on growth performance, nutrient digestibility, serum lipid profiles, and meat quality of broilers. **Poultry Science**, v.97, n.1, p.255-261, 2018.
- UPADHAYA, S.D.; PARK, J.W.; PARK, J.H. et al. Efficacy of 1,3-diacylglycerol as a fat emulsifier in low-density diet for broilers. **Poultry Science**, v.96, n.6, p.1672-1678, 2017.
- VIEIRA, S.L.; KINDLEIN, L.; STEFANELLO, C. et al. Energy utilization from various fat sources by broiler chickens at different ages. **International Journal of Poultry Science**, v.14, n.5, p.257, 2015.
- VILARRASA, E.; CODONY, R.; ESTEVE-GARCIA, E. et al. Use of re-esterified oils, differing in their degree of saturation and molecular structure, in broiler chicken diets. **Poultry Science**, v.94, n.7, p.527-538, 2015.
- VON SCHAUMBURG, P.; UTTERBACK, P.; PARSONS, C.M. Further evaluation of a slope-ratio precision-fed rooster assay and a limit-fed broiler chicken growth assay for relative metabolizable energy and relative bioavailable energy values of fats and oils. **Poultry Science**, v.98, n.4, p.1723-1731, 2018.
- WALSTRA, P. Dispersed Systems: Basic Considerations. In: FENNEMA, O.R. (Ed.). **Food Chemistry**. 3.ed. New York: Marcel Dekker, Inc., 1996. p.96-151.
- WANG, D.Q.; COHEN, D.E.; CAREY, M.C. Biliary lipids and cholesterol gallstone disease. **Journal of Lipid Research**, v.50, n.Supplement, p.S406-S411, 2009.
- WANG, J.P.; ZHANG, Z.F.; YAN, L. et al. Effects of dietary supplementation of emulsifier and carbohydrase on the growth performance, serum cholesterol and breast meat fatty acid profile of broiler chickens. **Animal Science Journal**, v.87, n.2 p.250-256, 2016.
- WISEMAN, J.; SALVADOR, F. The influence of free fatty acid content and degree of saturation on the apparent metabolizable energy value of fats fed to broilers. **Poultry Science**, v.70, n.3, p.573-582, 1991.

- WONGSUTHAVAS, S.; YUANGKLANG, C.; VASUPEN, K. et al. Fatty acid metabolism in broiler chickens fed diets either rich in linoleic or alpha-linolenic acid. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.6, n.3, p.282-289, 2011.
- YE, Z.; LI, R.; CAO, C. et al. Fatty acid profiles of typical dietary lipids after gastrointestinal digestion and absorption: A combination study between in-vitro and in-vivo. **Food Chemistry**, v.280, p.34-44, 2018.
- YIN, J.; JIAO, Y.; KIM, Y. et al. Effects of reducing dietary energy (Tallow) in diets containing emulsifier blend on growth performance, nutrient digestibility, and blood profile in growing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.99, n.1, p.206-209, 2018.
- YOUNG, R.J.; GARRETT, R.L. Effect of oleic and linoleic acids on the absorption of saturated fatty acids in the chick. **The Journal of Nutrition**, v.81, n.4, p.321-329, 1963.
- ZHANG, B.; HAITAO, L.; ZHAO, D. et al. Effect of fat type and lysophosphatidylcholine addition to broiler diets on performance, apparent digestibility of fatty acids, and apparent metabolizable energy content. **Animal Feed Science and Technology**, v.163, n.2-4, p.177-184, 2011.
- ZOLLITSCH, W.; KNAUS, W.; AICHINGER, F. et al. Effects of different dietary fat sources on performance and carcass characteristics of broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.66, n.1-4, p.63-73, 1997.

3 EFEITO DA FONTE LIPÍDICA E EMULSIFICANTE SOBRE PARÂMETROS PRODUTIVOS E FISIOLÓGICOS DE FRANGOS DE CORTE

Resumo – Este trabalho buscou avaliar dietas com diferentes fontes lipídicas e o uso de emulsificante sobre o desempenho, lipídeos séricos, peso relativo de órgãos, atividade de lipase, morfometria intestinal e digestibilidade ileal dos nutrientes em frangos de corte. Ao todo, 1.056 pintos de corte, machos, de um dia de idade, foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3 (com ou sem inclusão de emulsificante x três fontes lipídicas – óleo ácido de soja (OAS), óleo de soja degomado (OSD) e soja integral desativada (SID)), oito repetições e 22 aves cada. O emulsificante, a base de ricinoleato de gliceril polietilenoglicol, foi adicionado às dietas considerando sua matriz nutricional de acordo com o fabricante. A inclusão do emulsificante piorou a conversão alimentar (CA), independentemente da fonte lipídica utilizada (1 a 35 dias; 1 a 49 dias). A SID piorou a CA no período total de criação, independentemente do uso de emulsificante. O uso de emulsificante aumentou o nível sérico de triglicerídeos nas aves alimentadas com OSD e reduziu nas aves alimentadas com OAS, aos 49 dias. A SID reduziu o teor de HDL sérico quando comparado ao OAS. O emulsificante reduziu o peso relativo do pâncreas para OAS, aos 49 dias. A profundidade de cripta no duodeno, aos 21 dias de idade, foi maior para as aves que consumiram OSD em relação a SID. A adição de emulsificante às dietas com SID piorou os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e aumentou a energia digestível do OAS. A fonte lipídica OAS pode ser uma fonte alternativa ao OSD, apresentando desempenho semelhante. A ação do emulsificante parece melhorar a digestibilidade de fontes lipídicas de pior qualidade, com alto teor de ácidos graxos livres.

Palavras-chave: lipase pancreática, morfometria intestinal, óleo ácido de soja, perfil lipídico sérico, soja integral desativada.

EFFECT OF LIPID SOURCE AND EMULSIFIER ON PRODUCTIVE AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF BROILERS

Abstract – This work sought to assess the effect of diets containing different lipid sources, with or without use of emulsifier on broiler performance, serum lipids, relative organ weight, lipase activity, intestinal morphometry and ileal digestibility of nutrients. A total of 1,056 male one-day-old broiler were distributed in a completely randomized design in a 2 x 3 factorial design (with or without the inclusion of emulsifier x three lipid sources – acid soybean oil (ASO), degummed soybean oil (DSO) and deactivated full-fat soybean (DFS)), with eight replications and 22 birds each. The emulsifier, based glyceryl polyethyleneglycol ricinoleate, was added to diets considering its nutritional matrix according to the manufacturer. The inclusion of emulsifier worsened feed conversion ratio (FCR), regardless of the lipid source used (1 to 35 days; 1 to 49 days). DFS worsened FCR in the total breeding period, regardless of the use of emulsifier. The use of emulsifier increased the serum level of triglycerides in birds fed with DSO and decreased in birds fed with ASO, at 49 days. DFS reduced the serum HDL level when compared to ASO. The emulsifier reduced the relative weight of the pancreas to ASO at 49 days. The crypt depth in the duodenum, at 21 days of age, was greater for birds that consumed DSO in relation to DFS. The addition of emulsifier to diets with DFS worsened the digestibility coefficients of nutrients and increased the digestible energy of ASO. The lipid source OAS can be an alternative source to the OSD, presenting similar performance. The action of the emulsifier seems to improve the digestibility of lower quality lipid sources, with a high content of free fatty acids.

Keywords: acid soybean oil, deactivated full-fat soybean, intestinal morphometry, pancreatic lipase, serum lipid profile.

3.1 Introdução

A inclusão de óleos nas dietas animais é uma prática necessária para suprir a exigência energética e atingir alta performance dos frangos de corte (SIYAL et al., 2017). Assim, os lipídeos são adicionados às dietas disponibilizando ácidos graxos essenciais, vitaminas lipossolúveis e principalmente energia (GE et al., 2019; YIN et al., 2018), e, quando adicionados em porcentagem adequada, podem diminuir as perdas de rações, diminuindo a formação de pó e melhorando o desempenho dos animais (UPADHAYA et al., 2017; SANTANA et al., 2018).

Diferentes fontes de óleos estão disponíveis para uso em nutrição de aves, sendo as mais utilizadas o óleo de soja degomado e o óleo de vísceras de aves. O óleo de soja degomado apresenta maior aproveitamento para as aves, em função do seu perfil de ácidos graxos e o teor de triglicerídeos (ROSTAGNO et al., 2017), porém o custo elevado limita seu uso pela indústria. Com isso, substitutos menos onerosos vem sendo estudados, visando reduzir o custo das dietas sem decréscimo no desempenho animal (PANDA et al., 2016).

O óleo ácido de soja, por ser oriundo da mesma fonte, possui um perfil de ácidos graxos semelhante, com alto teor de ácidos graxos insaturados, que são melhores assimilados pelo trato gastrointestinal das aves, no entanto, possui um alto teor de ácidos graxos livres (RODRIGUEZ-SANCHEZ et al., 2019). A soja integral desativada também pode ser considerada uma fonte vantajosa, pois além de suprir a parte lipídica com perfil semelhante ao óleo de soja, também é rica em proteína, como o farelo de soja. A aquisição destes substitutos também é mais acessível, visto que o óleo ácido é um subproduto e a soja integral desativada não passa pelo processamento de extração do óleo, diminuindo o custo (COSTA et al., 2015).

A inclusão de óleo é uma prática usual em todas as fases de criação das aves, com um nível prático de inclusão variando de 3% para frangos em fase pré-inicial e inicial até 7% de inclusão na fase de crescimento e final (ROSTAGNO et al., 2017). No entanto, devido à menor síntese enzimática e produção reduzida de sais biliares, o aproveitamento das fontes lipídicas é limitada na fase inicial (ROY et al., 2010; BONTEMPO et al., 2018). Devido à essa limitação fisiológica, o desenvolvimento inicial das aves pode ser comprometido e a inclusão de substâncias emulsificantes pode melhorar a eficiência produtiva das aves nas diferentes fases de produção (KACZMAREK et al., 2015).

Os emulsificantes atuam sobre as gorduras no duodeno das aves, diminuindo a tensão superficial da gordura em meio aquoso, facilitando a formação das micelas e a ação da lipase e colipase, melhorando assim o aproveitamento da gordura (KULKARNI et al., 2019).

O ricinoleato de gliceril polietilenoglicol apresenta características apropriadas para emulsões de óleo em água, como é o lúmen intestinal das aves, tornando-o um emulsificante nutricional (ROVERS, 2014). Além disso, pesquisas demonstram que o emulsificante a base de ricinoleato de gliceril polietilenoglicol melhora o desempenho e digestibilidade de lipídeos em aves e suínos (UDOMPRASERT; RUKKWAMSUK, 2006; ROY et al., 2010; KACZMAREK et al., 2015).

O uso de emulsificante associado a diferentes fontes lipídicas, bem como seus efeitos sobre o desempenho e rendimento dos animais ainda não foram completamente explorados. Em adição, o interesse da indústria no uso de emulsificantes tem aumentado na última década (BONTEMPO et al., 2015).

Embasada nestas informações, a hipótese deste trabalho é de que o óleo ácido de soja e a soja integral desativada podem ser fontes alternativas ao óleo de soja degomado em rações para frangos de corte. Bem como a inclusão dietética de emulsificante pode favorecer os processos digestivos dessas fontes, fornecendo energia e promovendo melhora no desempenho das aves. Neste cenário, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de dietas contendo diferentes fontes lipídicas, com ou sem a inclusão de emulsificante a base de ricinoleato de gliceril polietilenoglicol, sobre o desempenho, lipídeos séricos, peso relativo de órgãos, atividade de lipase, morfometria intestinal e digestibilidade dos nutrientes para frangos de corte.

3.2 Material e métodos

Esse trabalho foi conduzido no Centro de Pesquisa em Avicultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, *Campus* de Marechal Cândido Rondon/PR. Os procedimentos adotados durante a realização do experimento foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética e Biossegurança da Instituição (protocolo nº 55/19). Os animais foram criados de acordo com as diretrizes éticas para pesquisa em animais estabelecidas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA).

O aviário experimental utilizado foi construído em alvenaria, contendo muretas laterais de 0,30 m, cortinas, tela, cobertura com telhas de zinco e subdividido em boxes de 1,96 m². Cada box (unidade experimental – UE) dispunha de comedouro tubular, bebedouro tipo nipple, fonte para aquecimento (resistência 250 watts) e piso de concreto, o qual foi recoberto com maravalha de pinus de primeiro lote. O programa de iluminação utilizado foi de acordo com o manual da linhagem. A renovação do ar e, quando necessário, resfriamento do ambiente foram realizados por exaustores e placas evaporativas.

Ao todo, foram utilizados 1.056 pintos de corte, machos, de um dia de idade, da linhagem Ross 308 AP, provenientes de matrizes de 45 semanas de idade. As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3 (com ou sem inclusão de emulsificante x três fontes lipídicas - óleo ácido de soja, óleo de soja degomado e soja integral desativada), oito repetições com 22 aves por UE. O emulsificante baseado em ricinoleato de gliceril polietilenoglicol foi adicionado às dietas na proporção de 350 g ton⁻¹ (recomendação do fabricante), com redução da recomendação em energia metabolizável aparente em 40 kcal kg⁻¹ de 1 a 21 dias e 50 kcal kg⁻¹ de 22 a 49 dias de idade das aves.

As dietas experimentais foram formuladas de acordo com a composição dos alimentos e recomendações nutricionais propostas por Rostagno et al. (2017), para as fases de 1 a 7, 8 a 21, 22 a 33, 34 a 42 e 43 a 49 dias de idade para frangos de corte, machos, de desempenho médio-regular (Tabelas 1, 2 e 3). Os animais receberam ração e água *ad libitum*.

O peso das aves e o consumo de ração foram registrados aos sete, 21, 35 e 49 dias de idade para avaliação do desempenho (ganho de peso, consumo médio de ração e conversão alimentar) dos animais para cada UE. A mortalidade foi observada e anotada diariamente para a realização das correções no ganho de peso segundo Sakomura e Rostagno (2016).

Aos 14, 21 e 49 dias de idade, uma ave por UE, com peso médio ($\pm 5\%$) foi selecionada para análise dos parâmetros sanguíneos de acordo com a metodologia descrita por Nunes et al. (2018). As variáveis analisadas foram triglicerídeos, colesterol, LDL e HDL.

Aos 14, 21 e 49 dias a mesma ave utilizada para colheita de sangue foi abatida por eletronarcose e o fígado e pâncreas foram coletados, pesados e posteriormente calculado o peso relativo dos mesmos em função do peso da ave viva. O pâncreas das aves abatidas aos 14 e 21 dias foi coletado e congelado a -20°C para posterior análise de atividade de lipase. O pâncreas foi homogeneizado (1:20 g/ml) em solução tampão de Tris-HCl 50 mM (pH 8) contendo CaCl₂ 50 mM (Pinheiro et al., 2004), com auxílio de Ultra Turrax IKA. A atividade da lipase foi obtida utilizando tributirato de 2,3 dimercaptopropanol (BALB) como substrato, e ácido ditio bis-2-nitrobenzóico (DTNB) como cromóforo (BALB-DTNP método, Gold Analisa, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil). A atividade enzimática foi expressa em unidades internacionais (UI) por miligrama de proteína, determinada pelo método de Bradford (1976).

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais contendo diferentes fontes lipídicas com ou sem inclusão de emulsificante para as fases pré-inicial (1-7 dias) e inicial (8-21 dias) de frangos de corte

Ingredientes (%)	1-7d						8-21d					
	OSD		OAS		SID		OSD		OAS		SID	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
Milho	56,62	57,59	55,96	57,19	56,29	57,32	58,31	59,29	57,41	58,64	57,76	58,79
Soja farelo (46%)	34,30	34,10	34,40	34,20	28,80	28,60	32,20	32,00	32,30	32,10	22,80	22,60
Farinha carne e ossos (45%)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Óleo ácido de soja	-	-	2,18	1,18	-	-	-	-	3,18	2,18	-	-
Óleo de soja degomado	1,62	0,88	-	-	-	-	2,37	1,62	-	-	-	-
Soja integral desativada	-	-	-	-	7,00	7,00	-	-	-	-	12,00	12,00
Óleo de vísceras	1,00	1,00	1,00	1,00	1,44	0,64	1,00	1,00	1,00	1,00	1,31	0,51
Fosfato bicálcico	1,097	1,095	1,097	1,096	1,088	1,087	0,877	0,876	0,878	0,877	0,862	0,861
Calcário	0,599	0,600	0,598	0,600	0,613	0,615	0,513	0,515	0,512	0,514	0,537	0,539
Sal comum	0,479	0,479	0,479	0,479	0,480	0,480	0,462	0,462	0,462	0,462	0,464	0,464
Premix Mineral ¹	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Premix Vitamínico ²	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
DL-Metionina (99%)	0,396	0,395	0,397	0,396	0,397	0,396	0,377	0,376	0,378	0,377	0,378	0,377
L-Treonina (98%)	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
Sulfato de L-Lisina (50,7%)	0,492	0,496	0,489	0,495	0,493	0,498	0,493	0,497	0,488	0,494	0,495	0,499
Cloreto de colina (60%)	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Inerte*	0,035	-	0,035	-	0,035	-	0,035	-	0,035	-	0,035	-
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada												
EM (kcal kg ⁻¹)	2975	2935	2975	2935	2975	2935	3050	3010	3050	3010	3050	3010
Proteína Bruta (%)	21,94	21,94	21,94	21,94	21,94	21,94	21,09	21,09	21,09	21,09	21,09	21,09
Cálcio (%)	0,971	0,971	0,971	0,971	0,971	0,971	0,878	0,878	0,878	0,878	0,878	0,878
Fósforo disponível (%)	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,419	0,419	0,419	0,419	0,419	0,419
Sódio (%)	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218
Lys digestível (%)	1,307	1,307	1,307	1,307	1,307	1,307	1,256	1,256	1,256	1,256	1,256	1,256
Met+cys digestível (%)	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,929	0,929	0,929	0,929	0,929	0,929

Thr digestível (%)	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863	0,829	0,829	0,829	0,829	0,829	0,829
--------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

OAS=óleo ácido de soja; OSD=óleo de soja degomado; SID=soja integral desativada; ¹Premix mineral, composição por kg de dieta: Ferro 50mg; Cobre 10mg; Manganês 65mg; Zinco 65mg; Iodo 1mg; ²Premix vitamínico, inclusão por kg de dieta: Vitamina A 14300U.I.; Vitamina D3 5200U.I.; Vitamina E 71,5U.I.; Vitamina K3 3,9mg; Vitamina B1 2,99mg; Vitamina B2 9,10mg; Ácido pantotênico 15,6mg; Vitamina B6 5,2mg; Vitamina B12 3,25mcg; Ácido nicotínico 78mg; Ácido fólico 2,6mg; Biotina 325mcg; Selênio 399mcg; *A inclusão do emulsificante foi realizado em substituição ao inerte Caulim®, com redução de 40 kcal kg⁻¹ na energia metabolizável aparente da dieta.

Tabela 2. Composição percentual e calculada das rações experimentais contendo diferentes fontes lipídicas com ou sem inclusão de emulsificante para as fases crescimento I (22-33 dias) e crescimento II (34-42 dias).

Ingredientes (%)	22-33d						34-42d					
	OSD		OAS		SID		OSD		OAS		SID	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
Milho	64,91	66,08	63,80	65,29	64,33	65,56	70,56	71,73	69,66	71,16	70,01	71,25
Soja farelo (46%)	25,70	25,50	25,90	25,70	16,30	16,10	20,90	20,70	21,00	20,80	11,50	11,30
Farinha carne e ossos (45%)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Óleo ácido de soja	-	-	3,57	2,31	-	-	-	-	3,10	1,83	-	-
Óleo de soja degomado	2,66	1,72	-	-	-	-	2,30	1,36	-	-	-	-
Soja integral desativada	-	-	-	-	12,00	12,00	-	-	-	-	12,00	12,00
Óleo de vísceras	1,00	1,00	1,00	1,00	1,62	0,62	1,00	1,00	1,00	1,00	1,24	0,23
Fosfato bicálcico	0,686	0,684	0,687	0,685	0,671	0,670	0,301	0,299	0,302	0,300	0,286	0,284
Calcário	0,376	0,378	0,374	0,377	0,400	0,402	0,339	0,341	0,337	0,340	0,363	0,365
Sal comum	0,438	0,438	0,439	0,438	0,440	0,440	0,412	0,412	0,412	0,412	0,414	0,413
Premix Mineral ¹	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Premix Vitamínico ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
DL-Metionina (99%)	0,333	0,332	0,335	0,333	0,334	0,333	0,289	0,288	0,290	0,289	0,290	0,289
L-Treonina (98%)	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,103
Sulfato de L-Lisina (50,7%)	0,539	0,544	0,534	0,541	0,541	0,546	0,550	0,555	0,545	0,552	0,551	0,557
Cloreto de colina (60%)	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Inerte*	0,035	-	0,035	-	0,035	-	0,035	-	0,035	-	0,035	-
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada												
EM (kcal kg ⁻¹)	3150	3100	3150	3100	3150	3100	3200	3150	3200	3150	3200	3150
Proteína Bruta (%)	18,61	18,61	18,61	18,61	18,61	18,61	16,79	16,79	16,79	16,79	16,79	16,79
Cálcio (%)	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634
Fósforo disponível (%)	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
Sódio (%)	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197
Lys digestível (%)	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014
Met+cys digestível (%)	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750

Thr digestível (%)	0,742	0,742	0,742	0,742	0,742	0,742	0,669	0,669	0,669	0,669	0,669	0,669
--------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

OAS=óleo ácido de soja; OSD=óleo de soja degomado; SID=soja integral desativada; ¹Premix mineral, composição por kg de dieta: Ferro 50mg; Cobre 10mg; Manganês 65mg; Zinco 65mg; Iodo 1mg; ²Premix vitamínico, composição por kg de dieta: Vitamina A 11000U.I.; Vitamina D3 4000U.I.; Vitamina E 55U.I.; Vitamina K3 3mg; Vitamina B1 2,3mg; Vitamina B2 7mg; Ácido pantotênico 12mg; Vitamina B6 4mg; Vitamina B12 2,5mcg; Ácido nicotínico 60mg; Ácido fólico 2mg; Biotina 250mcg; Selênio 300 mcg;

*A inclusão do emulsificante foi realizado em substituição ao inerte c®, com redução de 50 kcal kg⁻¹ na energia metabolizável da dieta.

Tabela 3. Composição percentual e calculada das rações experimentais contendo diferentes fontes lipídicas com ou sem inclusão de emulsificante para fase final (42-49 dias).

Ingredientes (%)	OSD		OAS		SID	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
Milho	71,09	72,15	69,68	71,26	70,37	71,60
Soja farelo (46%)	18,60	18,50	18,90	18,60	9,30	9,10
Farinha carne e ossos (45%)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Óleo ácido de soja	-	-	4,39	3,14	-	-
Óleo de soja degomado	3,27	2,34	-	-	-	-
Soja integral desativada	-	-	-	-	12,00	12,00
Óleo de vísceras	1,00	1,00	1,00	1,00	2,28	1,28
Fosfato bicálcico	0,189	0,188	0,191	0,189	0,175	0,173
Calcário	0,291	0,293	0,289	0,292	0,315	0,317
Sal comum	0,400	0,400	0,400	0,400	0,402	0,402
Premix Mineral ¹	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Premix Vitamínico ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
DL-Metionina (99%)	0,269	0,268	0,270	0,269	0,270	0,269
L-Treonina (98%)	0,099	0,099	0,099	0,099	0,098	0,098
Sulfato de L-Lisina (50,7%)	0,543	0,549	0,537	0,544	0,544	0,550
Cloreto de colina (60%)	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Inerte*	0,035	-	0,035	-	0,035	-
Celite	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada						
EM (kcal kg ⁻¹)	3250	3200	3250	3200	3250	3200
Proteína Bruta (%)	15,79	15,79	15,79	15,79	15,79	15,79
Cálcio (%)	0,581	0,581	0,581	0,581	0,581	0,581
Fósforo disponível (%)	0,271	0,271	0,271	0,271	0,271	0,271
Sódio (%)	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192
Lys digestível (%)	0,954	0,954	0,954	0,954	0,954	0,954
Met+cys digestível (%)	0,706	0,706	0,706	0,706	0,706	0,706
Thr digestível (%)	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630

OAS=óleo ácido de soja; OSD=óleo de soja degomado; SID=soja integral desativada; ¹Premix mineral, composição por kg de dieta: Ferro 50mg; Cobre 10mg; Manganês 65mg; Zinco 65mg; Iodo 1mg; ²Premix vitamínico, composição por kg de dieta: Vitamina A 11000U.I.; Vitamina D3 4000U.I.; Vitamina E 55U.I.; Vitamina K3 3mg; Vitamina B1 2,3mg; Vitamina B2 7mg; Ácido pantotênico 12mg; Vitamina B6 4mg; Vitamina B12 2,5mcg; Ácido nicotínico 60mg; Ácido fólico 2mg; Biotina 250mcg; Selênio 300 mcg; *A inclusão do emulsificante foi realizado em substituição ao inerte Caulim®, com redução de 50 kcal kg⁻¹ na energia metabolizável da dieta.

Fragmentos de aproximadamente 5 cm do intestino delgado na porção do duodeno e jejuno das aves abatidas aos 14 e 21 dias, foram coletados para mensuração da morfometria (altura de vilosidade, profundidade de cripta, relação altura de vilosidade:profundidade de cripta e área de absorção). Para a amostragem, foi considerado o segmento duodeno a partir do piloro até a porção distal da alça duodenal e o segmento jejuno a partir da porção distal da alça duodenal até o divertículo de Meckel. Os fragmentos foram fixados em solução de formalina tamponada (10%), desidratados em séries crescentes de etanol e incluídos em parafina. Cortes semisseriados de 5 μ m de cada segmento foram dispostos em lâmina de vidro e corados pela técnica de hematoxilina-eosina de acordo com Luna (1968). As mensurações foram realizadas utilizando o sistema de imagens PROPLUS IMAGE 4.1. Para cada lâmina, foram mensurados o comprimento e a largura de 30 vilos e a profundidade e largura de 30 criptas. Estas medidas morfométricas foram utilizadas para o cálculo da área da superfície de absorção da mucosa intestinal, através da fórmula proposta por Kisielinski et al. (2002). Em adição, foi calculado a relação altura de vilo:profundidade de cripta, dividindo-se o valor da altura do vilo pelo valor de profundidade de cripta.

Para a determinação da digestibilidade dos nutrientes foi utilizado o método da digestibilidade ileal aos 49 dias de idade das aves. Uma fonte de sílica, Celite[®], foi adicionada a todas as dietas experimentais, à proporção de 1% como indicador indigestível, sendo as aves submetidas a sete dias de adaptação com o indicador. Após o período de adaptação às dietas, duas aves por UE, sendo uma delas utilizada para a coleta de órgãos, com peso médio ($\pm$ 5%), foram individualmente pesadas e abatidas por deslocamento cervical seguido de sangria. O conteúdo da digesta do íleo, iniciando logo após o divertículo de Meckel e terminando a 4 cm da junção íleo-cecal, foi coletado. As digestas foram homogeneizadas e imediatamente encaminhadas para secagem em estufa de circulação de ar a 55°C por 72 horas. Após secagem, as amostras foram moídas e com as amostras das rações experimentais foram encaminhadas para análise dos teores de matéria seca (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB) e cinza ácida insolúvel (CAI). A proteína, analisada pelo método Kjeldahl, e a matéria seca (secagem definitiva) foram determinadas de acordo com a metodologia AOAC (2000), método 984.13 e 935.29, respectivamente. Para a determinação da energia bruta, as amostras foram peletizadas e submetidas à combustão em bomba calorimétrica.

Para a determinação da CAI, primeiramente realizou-se a determinação das cinzas, segundo a metodologia AOAC (2000), método 932.03. Realizada a queima, os cadinhos foram acondicionados em forma metálica preenchida com areia, para melhor propagação do calor. Na capela, foi adicionado 10 ml de ácido clorídrico (4 mol L⁻¹) em cada cadinho, e a forma metálica

foi levada a chapa aquecedora a 260°C até a evaporação completa do ácido. As amostras permaneceram em descanso até o resfriamento e então, os cadinhos foram lavados três vezes com água deionizada, e o conteúdo foi filtrado em papel filtro quantitativo. O papel filtro de cada amostra foi acondicionado em novos cadinhos, previamente pesados que, após secagem em estufa de circulação de ar (80°C), repetiu-se o processo de queima para a obtenção de cinzas e, por diferença de peso, obteve-se o valor de CAI. Com os resultados laboratoriais, foram determinados os coeficientes de digestibilidade (CD) da matéria seca, proteína bruta e os valores de energia digestível (ED) (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

Os resultados obtidos foram avaliados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro–Wilk. Os dados foram submetidos à análise de variância por intermédio do programa SAS (2017), versão *student*. Quando significativo para a comparação do fator emulsificante, foi utilizado o teste F e para a comparação entre as diferentes fontes lipídicas foi utilizado o teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade.

3.3 Resultados e discussão

Não houve interação ($P>0,05$) entre as fontes lipídicas e a inclusão de emulsificante na dieta para ganho de peso (GP), consumo médio de ração (CMR) e conversão alimentar (CA) em todas as fases avaliadas. Considerando os fatores isolados, observou-se piora na CA dos animais quando da inclusão de emulsificante, independentemente da fonte lipídica utilizada, para as fases de 1 a 35 dias ($P=0,005$) e de 1 a 49 dias ($P<,0001$). As aves que receberam dieta contendo soja integral desativada (SID), independentemente da inclusão ou não de emulsificante, apresentaram pior ($P<0,001$) CA para o período total de criação (1 a 49 dias) (Tabela 4).

A ação dos emulsificantes aumenta a superfície ativa dos lipídeos, permitindo a ação da lipase, que hidrolisa moléculas de triglicerídeos em ácidos graxos e monoglicerídeos e favorece a formação de micelas constituídas por produtos da lipólise (GUERREIRO NETO et al., 2011). De acordo com Ravindran et al. (2016) o uso de emulsificante proporciona uma melhor utilização das fontes lipídicas principalmente nas primeiras semanas de vida da ave, onde a produção endógena de bile e lipase é menor, devido a uma limitação fisiológica.

Tabela 4. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante.

	1-7 dias			1-21 dias			1-35 dias			1-49 dias		
	GP	CMR	CA	GP	CMR	CA	GP	CMR	CA	GP	CMR	CA
OSD	151	171	1,135	998	1282	1,283	2439	3591	1,472	3856	6525	1,693a
OAS	150	168	1,122	1012	1292	1,277	2485	3653	1,470	3935	6675	1,697a
SID	153	172	1,121	1017	1298	1,277	2458	3660	1,489	3812	6582	1,728b
Sem Emulsificante	152	171	1,127	1013	1290	1,273	2469	3621	1,467b	3904	6586	1,688b
Com Emulsificante	151	170	1,125	1005	1291	1,285	2453	3649	1,488a	3832	6603	1,724a
EPM	6,43	6,43	0,03	26,21	33,87	0,02	76,40	114,33	0,02	193,71	299,88	0,03
CV (%)	4,25	3,77	2,95	4,34	2,77	3,38	3,10	3,14	1,64	5,00	4,55	1,58
Valores de p												
OxE	0,312	0,078	0,323	0,712	0,784	0,144	0,074	0,502	0,071	0,829	0,700	0,265
Óleo (O)	0,345	0,241	0,412	0,166	0,403	0,691	0,240	0,188	0,067	0,200	0,368	0,001
Emulsificante (E)	0,781	0,574	0,750	0,278	0,972	0,083	0,479	0,408	0,005	0,209	0,839	<,0001

Na mesma coluna, médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença estatística pelo teste F para o uso de emulsificante e Tukey para as fontes lipídicas. OAS= Óleo Ácido de Soja; OSD= Óleo de Soja Degomado; SID= Soja Integral Desativada; GP: Ganho de peso; CMR: consumo médio de ração; CA: conversão alimentar. EPM = erro padrão da média.

A inclusão de aditivos às dietas de aves pode ser na forma *on top*, ou seja, adicionando o aditivo em uma dieta que atende as exigências dos animais, ou levando em consideração a quantidade de nutriente que este aditivo pode disponibilizar (IWAHASHI et al., 2011). O emulsificante utilizado no presente estudo foi adicionado em uma dieta com redução energética, visando verificar se o mesmo supriria o decréscimo, por ser capaz de aumentar a digestibilidade dos nutrientes e disponibilizar maior aporte de energia às aves.

Na fase inicial (1 a 21 dias de idade), o emulsificante supriu a valorização da matriz nutricional de 40 kcal kg⁻¹. A redução de 50 kcal kg⁻¹ nas dietas na fase de crescimento e final (22 a 49 dias de idade) pode ter sido superior ao incremento energético disponibilizado pelo emulsificante, levando a um decréscimo no ganho de peso e aumento no consumo de ração para suprir a sua demanda energética para crescimento, que, mesmo não apresentando diferença, acarretou em uma pior CA. Roy et al. (2010) utilizando emulsificante a base de ricinoleato de gliceril polietilenoglicol obteve melhora no GP e na CA, porém, o aditivo foi adicionado *on top* na dieta, desconsiderando sua matriz nutricional. Khonyoung et al. (2015) utilizando lisolecitina como emulsificante, observaram melhora no desempenho somente até 21 dias de idade das aves.

De acordo com os resultados obtidos, as fontes lipídicas proporcionaram desempenho semelhante entre as aves, exceto para a CA, que apresentou piora para a fonte SID. A soja possui fatores antinutricionais, como inibidores de proteases que, quando utilizada *in natura* pode afetar o desempenho e a utilização do grão pelos animais. Esses fatores apresentam pouca resistência a temperatura, podendo ser desativados por tratamento térmico. Dependendo do tratamento térmico para a desativação dos fatores antinutricionais da soja, esta pode se tornar mais ou menos aproveitável pelo animal (NUNES et al., 2015). Brito et al. (2006) testaram o subprocessamento e superprocessamento de soja integral em rações de frangos de corte e verificaram que ambos pioraram a conversão alimentar dos animais. Em adição, alguns tratamentos térmicos, como o pré-cozimento, também conhecido por desativação da soja integral, quando não realizado de forma adequada, pode não expor por completo o teor lipídico presente no grão, ficando retido nas paredes vegetais, limitando a utilização completa do seu potencial lipídico (SAKOMURA et al., 1998; FREITAS et al., 2005).

Houve interação (P=0,031) entre as diferentes fontes lipídicas e o uso de emulsificante de gordura para a variável triglicerídeo sérico aos 49 dias (Tabela 5). De acordo com o desdobramento da interação, observou-se que as aves alimentadas com dietas contendo OSD, como fonte lipídica, e emulsificante apresentaram maior concentração de triglicerídeo sérico quando comparado àquelas que receberam a mesma fonte lipídica sem inclusão do aditivo. Já

para a fonte OAS, a adição do emulsificante reduziu o teor de triglicerídeo sérico. Ao observamos as diferentes fontes quando houve a adição de emulsificante, o OAS apresentou menor teor sérico de triglicerídeo em relação a OSD e SID, que não diferiram entre si (Tabela 6). Avaliando os fatores independentes, o uso do emulsificante não exerceu efeito sobre as variáveis, apenas a fonte lipídica utilizada influenciou o teor sérico de HDL ($P=0,031$). Observou-se que aos 49 dias de idade o teor de HDL sérico foi menor para as aves alimentadas com dietas contendo SID. Para os demais parâmetros sanguíneos avaliados não foi observado interferência dos fatores (Tabela 5).

A concentração de lipídeos séricos, como triglicerídeos, colesterol, HDL e LDL, pode ser afetada pelo tipo de emulsificante e fontes de gordura adicionados as dietas (WANG et al., 2016, PARK et al., 2017).

O HDL está relacionado ao transporte reverso de colesterol e de lipídeos na corrente sanguínea e atua formando um complexo solúvel, visto que o colesterol e os lipídeos não são solúveis, o que facilita o transporte para os órgãos via sangue (FEINGOLD; GRUNFELD, 2018). Geralmente, um teor mais elevado de HDL indica maior transporte de colesterol para o fígado, o que reduziria o teor de colesterol total. Porém, não foi possível observar a redução do colesterol total, apesar das fontes lipídicas afetarem os valores de HDL.

Os estudos correlacionando o efeito dos emulsificantes exógenos sobre o perfil lipídico sérico em frangos de corte apresentam resultados inconsistentes. Guerreiro Neto et al. (2011) não observaram efeito no perfil lipídico sérico quando adicionado emulsificante derivado da caseína do leite na dieta de frangos de corte. Da mesma forma, Upadhaya et al. (2018) não observaram efeito sobre o colesterol total, triglicerídeos e níveis de HDL de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com um *blend* de emulsificante. Em contrapartida, Bontempo et al. (2018) avaliando a inclusão dietética de emulsificante à base de ricinoleato de gliceril polietilenoglicol e ácido oleico bidestilado em dietas para frangos de corte verificaram aumento do conteúdo sérico de colesterol total e HDL e associaram esse aumento a uma melhora do metabolismo e transporte lipídico.

Tabela 5. Lipídeos séricos (mg dL⁻¹) de frangos de corte, aos 14, 21 e 49 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante.

	14 dias				21 dias				49 dias			
	COL	HDL	LDL	TRIG	COL	HDL	LDL	TRIG	COL	HDL	LDL	TRIG
OSD	127,86	93,65	16,88	56,81	125,07	85,51	12,65	31,00	139,74	92,50ab	22,28	37,84
OAS	134,71	104,29	16,57	56,25	128,21	88,69	11,51	32,12	139,01	98,64a	21,13	36,12
SID	126,99	92,78	15,76	58,94	121,16	81,66	11,71	32,56	131,85	88,19b	19,22	40,37
Sem Emulsificante	129,84	97,05	15,90	58,71	123,10	84,29	11,96	31,50	137,76	92,46	22,23	37,10
Com Emulsificante	129,87	96,76	16,91	55,96	126,53	86,29	11,96	32,29	135,96	93,75	19,52	39,12
EPM	18,45	14,52	3,27	11,56	14,09	10,63	3,35	4,44	16,43	10,82	5,61	9,93
CV (%)	14,21	14,97	19,90	20,16	11,29	12,47	27,98	13,92	12,01	11,62	26,95	25,98
Valores de p												
O*E	0,815	0,403	0,279	0,990	0,226	0,338	0,465	0,112	0,873	0,731	0,853	0,031
Óleo (O)	0,439	0,054	0,612	0,787	0,373	0,186	0,593	0,594	0,339	0,031	0,318	0,483
Emulsificante (E)	0,996	0,945	0,289	0,415	0,404	0,517	0,999	0,540	0,710	0,684	0,106	0,489

Na mesma coluna, médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey para as fontes lipídicas. COL: colesterol total; TRIG: Triglicerídeos; OAS= Óleo Ácido de Soja; OSD= Óleo de Soja Degomado; SID= Soja Integral Desativada; EPM = erro padrão da média.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre as fontes lipídicas e a inclusão de emulsificante para a variável triglicerídeos mensurada em frangos de corte aos 49 dias de idade.

Fonte Lipídica	Triglicerídeos		Valor de P
	Sem Emulsificante	Com Emulsificante	
OSD	32,43B	43,25aA	0,021
OAS	40,37a	31,87bB	0,010
SID	38,50	42,25a	0,671
Valor de P	0,151	0,016	

Na mesma linha, médias seguidas por diferentes letras maiúsculas indicam diferença estatística pelo teste F. Na mesma coluna, médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença estatística pelo teste Tukey. OAS= Óleo Ácido de Soja; OSD= Óleo de Soja Degomado; SID= Soja Integral Desativada;

Wang et al. (2016) observaram concentrações elevadas de colesterol total e LDL em frangos alimentados com dietas com emulsificante e sugeriram que a resposta poderia estar relacionada ao tipo de gordura adicionada a dieta e ao nível de inclusão. A suplementação de emulsificante pode auxiliar na redução da concentração de colesterol, LDL e triglicerídeos pela utilização eficiente de energia (UPADHAYA et al., 2018). Apesar dessas evidências, neste estudo não foi possível observar esse efeito. Múltiplos mecanismos potenciais estão envolvidos na regulação da concentração plasmática de colesterol, incluindo a reabsorção hepática de HDL e o metabolismo lipídico pós-absorção (BONTEMPO et al., 2018), que podem ter interferido, de modo a apresentarem resultados distintos.

Os triglicerídeos séricos são provenientes da alimentação, principalmente dos lipídeos dos alimentos, que, quando digeridos e absorvidos, são transportados na corrente sanguínea (BORSA et al., 2011). O maior nível de triglicerídeos nas aves alimentadas com OSD contendo emulsificante pode ser explicado pelo fato desta fonte lipídica apresentar maior teor de triglicerídeos em sua composição.

Houve interação ($P=0,022$) entre as fontes lipídicas e o uso de emulsificante de gordura para o peso relativo do pâncreas aos 49 dias de idade das aves (Tabela 7). De acordo com o desdobramento da interação, as aves alimentadas com dietas contendo OAS como fonte lipídica na presença de emulsificante apresentaram menor peso relativo do pâncreas (Tabela 8). Avaliando os fatores independentes, observou-se maior ($P=0,037$) peso relativo do pâncreas, aos 14 dias de idade, para as aves alimentadas com dietas contendo SID. As demais variáveis de peso relativo não apresentaram diferença ($P>0,05$) (Tabela 7).

Tabela 7. Peso relativo (%) do pâncreas e fígado de frangos de corte, aos 14, 21 e 42 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante.

	14 dias		21 dias		49 dias	
	Fígado	Pâncreas	Fígado	Pâncreas	Fígado	Pâncreas
OSD	3,508	0,414b	3,193	0,331	1,983	0,164
OAS	3,518	0,447ab	3,294	0,337	1,859	0,167
SID	3,407	0,452a	3,330	0,336	1,961	0,163
Sem Emulsificante	3,440	0,434	3,247	0,332	1,934	0,166
Com Emulsificante	3,514	0,438	3,298	0,338	1,935	0,161
EPM	0,529	0,048	0,297	0,036	0,177	0,020
CV (%)	15,219	11,090	9,093	10,633	9,145	12,356
Valores de p						
O*E	0,643	0,262	0,151	0,096	0,092	0,022
Óleo (O)	0,808	0,037	0,419	0,880	0,132	0,985
Emulsificante (E)	0,630	0,813	0,560	0,610	0,976	0,432

Na mesma coluna, médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey para as fontes lipídicas. OAS= Óleo Ácido de Soja; OSD= Óleo de Soja Degomado; SID= Soja Integral Desativada; EPM = erro padrão da média.

Tabela 8. Desdobramento da interação entre as fontes lipídicas e a inclusão de emulsificante sobre o peso relativo do pâncreas de frangos de corte, aos 49 dias de idade.

Fonte Lipídica	Peso Relativo de Pâncreas (%)		
	Sem emulsificante	Com emulsificante	Valor de P
OSD	0,155	0,172	0,124
OAS	0,175A	0,150B	0,048
SID	0,166	0,160	0,468
Valor de P	0,229	0,080	

Na mesma linha, médias seguidas por diferentes letras maiúsculas indicam diferença estatística pelo teste F. Na mesma coluna, médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença estatística pelo teste Tukey. OAS= Óleo Ácido de Soja; OSD= Óleo de Soja Degomado; SID= Soja Integral Desativada.

O peso do pâncreas é uma medida indireta para a atividade metabólica deste órgão, pois está diretamente ligado a maior ou menor atividade de produção enzimática endógena. Dentre as fontes utilizadas, não considerando a inclusão de emulsificante, o OSD apresenta melhor digestibilidade devido ao seu perfil de ácidos graxos (ROSTAGNO et al., 2017), o que pode ter reduzido a necessidade de produção endógena de lipase. Como exposto anteriormente, a SID pode apresentar fatores antinutricionais resistentes ao tratamento térmico, quando subprocessadas, sendo um destes fatores os inibidores de proteases. Estes inibidores apresentam efeitos complexos nos animais, sendo observado principalmente alterações metabólicas no pâncreas (LEITE et al., 2012). Clarke e Wiseman (2007) estudaram aves alimentadas com inclusão de níveis crescentes de soja integral e observaram aumento do pâncreas proporcional aos níveis de inclusão de inibidores de tripsina presentes na soja.

O uso do emulsificante reduziu o tamanho do pâncreas aos 49 dias para a fonte OAS. A lipase atua sobre os triglicerídeos, oxidando-os em dois ácidos graxos livres e um monoglicerídeo, que podem ser absorvidos pelas paredes do enterócito (RAVINDRAN et al., 2016). O OAS é rico em ácidos graxos livres (AGL) (RODRIGUEZ-SANCHEZ et al., 2019) o que pode ter reduzido a necessidade de lipase na quebra dos triglicerídeos.

Não houve interação ($P>0,05$) entre os fatores fonte de lipídeo e uso de emulsificante para atividade de lipase pancreática, aos 14 e 21 dias de idade. Além disso, não foi observado efeito ($P>0,05$) para os fatores isolados (Tabela 9).

Tabela 9. Atividade de lipase pancreática (UI Mg^{-1} de proteína) de frangos de corte aos 14 e 21 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante.

	14 dias	21 dias
OSD	5,58	19,60
OAS	6,62	22,66
SID	5,50	23,27
Sem Emulsificante	5,94	20,44
Com Emulsificante	5,86	23,24
EPM	3,28	11,64
CV (%)	55,51	53,30
	Valor de p	
O*E	0,563	0,994
Óleo (O)	0,563	0,637
Emulsificante (E)	0,932	0,410

OAS= Óleo Ácido de Soja; OSD= Óleo de Soja Degomado; SID= Soja Integral Desativada; EPM = erro padrão da média.

A lipase pancreática é a principal responsável pela hidrólise dos triglicerídeos provenientes da dieta e uma maior atividade de lipase está relacionada a uma melhora na utilização das fontes lipídicas (LIMA et al., 2007). O uso de emulsificante de gordura diminui a tensão superficial dos ácidos graxos, facilitando a formação de micelas e a ação da lipase, podendo melhorar a atividade da enzima, representando uma economia energética na produção enzimática (GUERREIRO NETO et al., 2011; RAVINDRAN et al., 2016). Apesar das evidências, não foi possível detectar a influência do emulsificante bem como das diferentes fontes lipídicas sobre a atividade da enzima lipase pancreática.

A exposição do organismo a diferentes tipos de óleos pode influenciar a atividade da lipase pancreática (Sakomura et al., 2004), porém, as diferentes fontes de lipídeos avaliadas não afetaram a atividade da enzima. Sakomura et al. (2004) observaram que o crescimento do

pâncreas coincidiu com o maior incremento na produção de enzimas digestivas, fato não observado nessa pesquisa, demonstrando que o aumento observado no tamanho do pâncreas para as aves que receberam OAS pode estar relacionado à ação do emulsificante.

Não houve interação ($P>0,05$) entre o uso de emulsificante e as diferentes fontes lipídicas e não foi observado efeito ($P>0,05$) isolado do uso de emulsificante para a morfometria do duodeno aos 14 e 21 dias de idade. No entanto, aos 21 dias, a profundidade de cripta foi afetada pelo tipo de fonte lipídica utilizada ($P=0,042$). A SID proporcionou menor profundidade de cripta comparada ao OSD. Os demais parâmetros não foram afetados pelas fontes lipídicas (Tabela 10). Não foi observado interação ($P>0,05$) entre os fatores estudados, bem como efeito dos fatores isolados ($P>0,05$) para os parâmetros morfométricos do segmento jejuno (Tabela 11).

Tabela 10. Altura de vilo (μm), profundidade de cripta (μm), relação altura de vilo:profundidade de cripta e área de absorção (μm^2) do segmento duodeno de frangos de corte aos 14 e 21 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante.

	14 dias				21 dias			
	Alt Vilo	Prof Cripta	V:C	Área Absorção	Alt Vilo	Prof Cripta	V:C	Área Absorção
OSD	795,67	47,75	18,40	20,46	860,12	66,14a	13,29	18,46
OAS	871,53	49,18	18,16	20,83	861,37	64,68ab	13,57	18,28
SID	816,18	49,59	18,08	21,97	807,72	56,31b	14,11	18,31
Sem Emulsificante	814,09	47,62	17,77	20,53	857,13	64,50	13,62	18,10
Com Emulsificante	841,50	50,06	18,66	21,65	829,01	60,25	13,70	18,60
EPM	123,98	12,86	3,16	3,09	78,32	9,55	1,96	2,44
CV (%)	14,91	26,33	17,45	14,64	9,28	15,20	14,39	13,31
Valores de p								
O x E	0,882	0,989	0,258	0,920	0,984	0,389	0,325	0,542
Óleo (O)	0,348	0,944	0,974	0,496	0,173	0,042	0,576	0,983
Emulsificante (E)	0,556	0,592	0,438	0,309	0,284	0,194	0,898	0,541

Na mesma coluna, médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey para as fontes lipídicas. OAS= Óleo Ácido de Soja; OSD= Óleo de Soja Degomado; EPM = erro padrão da média; CV= coeficiente de variação.

Tabela 11. Altura de vilo (μm), profundidade de cripta (μm), relação altura de vilo:profundidade de cripta e área de absorção (μm^2) do segmento jejuno de frangos de corte aos 14 e 21 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante.

	14 dias				21 dias			
	Alt Vilo	Prof Cripta	V:C	Área Absorção	Alt Vilo	Prof Cripta	V:C	Área Absorção
OSD	365,51	42,48	8,81	8,93	401,48	48,14	8,34	8,68
OAS	353,17	39,89	8,92	9,03	399,79	46,78	8,50	9,37
SID	362,57	45,97	8,31	8,72	376,72	44,85	8,86	8,95
Sem Emulsificante	363,75	43,54	8,65	9,06	400,18	47,57	8,46	8,87
Com Emulsificante	357,07	42,02	8,71	8,72	385,14	45,62	8,68	9,13
EPM	67,06	5,26	1,58	1,31	65,84	6,78	0,95	1,32
CV (%)	18,60	18,67	18,16	14,74	16,82	14,55	11,11	14,70
Valores de p								
O x E	0,303	0,208	0,610	0,591	0,164	0,353	0,126	0,319
Óleo (O)	0,875	0,181	0,551	0,809	0,574	0,567	0,390	0,438
Emulsificante (E)	0,750	0,569	0,907	0,400	0,487	0,426	0,468	0,566

OAS= Óleo Ácido de Soja; OSD= Óleo de Soja Degomado; EPM = erro padrão da média; CV= coeficiente de variação.

A profundidade de cripta está relacionada com o *turnover* celular do epitélio intestinal. Quanto maior a profundidade das criptas intestinais, maior a taxa de proliferação ou renovação celular, que é uma resposta do organismo para manter as características das vilosidades, evitando que a superfície de absorção seja afetada (UNI, 2000). A menor profundidade de cripta observada no segmento duodeno das aves, aos 21 dias de idade, que receberam dieta contendo SID pode estar relacionada a um menor *turnover* celular. Apesar de não apresentar diferença, a altura das vilosidades para a fonte SID foi numericamente inferior que as demais.

O menor *turnover* celular pode resultar em uma menor proliferação celular, logo, uma menor altura de vilosidade (COSTA et al., 2011). A diferença observada quanto a profundidade de cripta não foi capaz de interferir na relação vilo:cripta e na área de absorção. A relação altura de vilo e profundidade de cripta é um fator indicativo da saúde intestinal, onde uma maior relação indica melhor absorção de nutrientes e menores perdas com a renovação celular (BAVARESCO et al., 2019).

Houve interação entre a fonte lipídica e o uso do emulsificante para a energia digestível (ED) e os coeficientes de digestibilidade da energia bruta (EB) e matéria seca (MS) ($P < 0,05$) (Tabela 12). Avaliando dentro de cada fonte lipídica, observou-se efeito positivo do

emulsificante sobre a digestibilidade dos nutrientes na dieta com o OAS, resultando em uma maior ED. No entanto, para a fonte lipídica SID o emulsificante reduziu o valor de ED bem como os coeficientes de digestibilidade da EB e MS. Considerando o fator emulsificante, a adição proporcionou maior ED para o OAS em comparação as demais, e um menor valor de ED e redução nos coeficientes de digestibilidade da EB e MS para a fonte lipídica SID, em comparação às demais (Tabela 13). Avaliando os fatores isolados, o uso de emulsificante ($P=0,024$) e a fonte lipídica ($P=0,010$) SID proporcionaram menor coeficiente de digestibilidade da PB (Tabela 12).

Tabela 12. Energia digestível (kcal kg^{-1}) e coeficientes (%) de digestibilidade ileal dos nutrientes em frangos de corte aos 49 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante.

	ED	CDEB	CDPB	CDMS
OSD	2856b	69,27a	69,95a	67,21ab
OAS	2994a	70,10a	67,95a	67,34a
SID	2695c	66,09b	65,55b	65,15a
Sem Emulsificante	2886a	69,58a	69,07a	67,69a
Com Emulsificante	2810b	67,39b	66,56b	65,44b
EPM	78,340	1,888	2,420	1,777
CV (%)	2,750	2,756	3,574	2,669
Valor de P				
O*E	<,0001	<,0001	0,342	<,0001
Óleo (O)	<,0001	0,001	0,010	0,042
Emulsificante (E)	0,029	0,011	0,024	0,006

Na mesma coluna, médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença estatística pelo teste F para o uso de emulsificante e Tukey para as fontes lipídicas. ED: energia digestível, com base na matéria seca; CDEB: Coeficiente de digestibilidade da energia bruta; CDPB: Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta; CDMM: Coeficiente de digestibilidade da matéria mineral; CDMS: Coeficiente de digestibilidade da matéria seca; OAS= Óleo Ácido de Soja; OSD= Óleo de Soja Degomado; SID= Soja Integral Desativada; EPM = erro padrão da média.

Tabela 13. Desdobramento da interação entre as fontes lipídicas e a inclusão de emulsificante para energia digestível e coeficientes de digestibilidade dos nutrientes.

	ED		p	CDEB		p	CDMS		p
	Com	Sem		Com	Sem		Com	Sem	
OSD	2847b	2865	0,816	69,48a	69,07	0,826	67,50a	66,91	0,695
OAS	3084aA	2904B	0,008	71,18a	69,03	0,098	67,84a	66,83	0,482
SID	2500cB	2889A	<,001	61,52bB	70,65A	<,001	60,96bB	69,34A	0,001
p	<,001	0,810		<,001	0,473		0,002	0,183	

Na mesma linha, médias seguidas por diferentes letras maiúsculas indicam diferença estatística pelo teste F. Na mesma coluna, médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença estatística pelo teste Tukey. ED: energia digestível, com base na matéria seca; CDEB: Coeficiente de digestibilidade da energia bruta; CDMM: Coeficiente de digestibilidade da matéria mineral; CDMS: Coeficiente de digestibilidade da matéria seca; OAS= Óleo Ácido de Soja; OSD= Óleo de Soja Degomado; SID= Soja Integral Desativada.

Emulsificantes promovem a incorporação de ácidos graxos nas micelas, principalmente AGL, que apresentam menor afinidade em formar micelas, aumentando a digestibilidade da fonte lipídica proporcionando maior energia digestível (RAVINDRAN et al., 2016). Maior valor de ED foi observado para as dietas contendo OAS, seguido por OSD e SID, sendo este rico em AGL e a inclusão de emulsificante aumentou o aproveitamento dos nutrientes resultando em maior valor de ED.

O OAS é o resíduo oriundo do processo de neutralização do óleo de soja para o consumo humano, representando cerca de 6% da matéria prima e sendo constituído por uma mistura de AGL, mono e diglicerídeos (Vieira et al., 2002). A composição química relatada é correlacionada a uma menor digestibilidade devido supostamente a um ineficiente processo de emulsificação, interferindo na formação de micelas e consequentemente no processo de absorção dos lipídeos (Vieira et al., 2015; Rodriguez-Sanchez et al., 2019). Desta forma, apesar de pesquisas apresentarem o OAS como uma fonte com menor aproveitamento pelo animal, nesta pesquisa o OAS apresentou o mesmo desempenho que o OSD, independentemente do uso de emulsificante. O emulsificante desempenhou seu papel nutricional na digestão dos ácidos graxos presentes no OAS, aumentando o valor de ED. Apesar desse efeito, o aditivo não foi capaz de equiparar a conversão alimentar das aves que receberam dietas sem redução nutricional a partir dos 21 dias de idade, podendo o valor reduzido ter sido superestimado frente a capacidade de disponibilidade de energia do aditivo.

A redução da digestibilidade dos nutrientes para a dieta com SID devido à inclusão do emulsificante, pode estar relacionada à forma como o lipídeo se apresenta nesta fonte. Nas plantas e sementes, o óleo é armazenado na parede das células em organelas denominadas oleoplastos ou corpos lipídicos (GRAHAM, 2008). Estes são delimitados e impedidos de se dissiparem pela célula por uma camada fosfolipídica, formada por proteínas estruturais, predominantemente, as oleosinas (THEODOULOU; EASTMOND, 2012).

Como o óleo não foi extraído da célula vegetal nessa fonte, o emulsificante pode não ter entrado em contato com os ácidos graxos no trato gastrointestinal dos animais de forma eficiente, logo, o emulsificante não possui substrato para sua ação, acarretando piora da digestibilidade. A soja integral é composta por cerca de 84% de AGI e com composição em ácidos graxos muito semelhante ao OSD (SILVA et al., 2010). Além disso, o tratamento térmico influencia na disponibilidade dos nutrientes presentes na SID e, quando de má qualidade, pode não desativar adequadamente os fatores antinutricionais presentes no grão, como os inibidores de tripsina (NUNES et al., 2015). O resultado obtido para o CDPB demonstra que o tratamento térmico utilizado pode não ter sido eficiente em desativar por completo os fatores

antinutricionais presentes no grão (OPALINSKI et al., 2010), o que diminuiu o aproveitamento das proteínas pelos animais, sendo um dos fatores que podem ter contribuído na piora da CA dos animais (Tabela 4).

Roy et al. (2010) observaram melhor aproveitamento da proteína bruta em frangos de corte utilizando o emulsificante ricinoleato de gliceril polietilenoglicol e óleo de palma como fonte lipídica, diferindo dos resultados encontrados no presente estudo. Guerreiro Neto et al. (2011) observaram maior digestibilidade da proteína bruta quando o emulsificante não foi adicionado à dieta, independentemente da fonte lipídica ser de origem animal ou vegetal, corroborando com os dados encontrados nesta pesquisa.

3.4 Conclusão

O uso de emulsificante de gordura em dietas com redução energética para frangos de corte foi capaz de manter o desempenho das aves até os 21 dias de idade. A fonte lipídica OAS pode ser uma fonte alternativa ao OSD, apresentando desempenho semelhante. A presença de emulsificante na fonte OAS reduziu em 25% o teor de triglicerídeos séricos das aves, comparada a mesma fonte sem a adição de emulsificante. As fontes lipídicas afetaram a concentração sérica de HDL. O uso do emulsificante aliado a fontes com baixa exposição do lipídeo, como a SID, é prejudicial tanto ao desempenho quanto a digestibilidade dos nutrientes. Com base nos resultados de digestibilidade, a ação do emulsificante ricinoleato de gliceril polietilenoglicol parece melhorar a utilização de fontes lipídicas de pior qualidade, com alto teor de ácidos graxos livres.

3.5 Referências bibliográficas

- AOAC. 2000. **Official methods of analysis**. 17.ed. Gaithersburg, Maryland, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- BAVARESCO, C.; NUNES, A.P.; FORGIARINI, J. et al. Morfometria intestinal e qualidade óssea de codornas japonesas alimentadas por um período prolongado com coprodutos do óleo de soja. **Archives of Veterinary Science**, v.24, n.1, 2019.
- BONTEMPO, V.; COMI, M.; JIANG, X.R. The effects of a novel synthetic emulsifier product on growth performance of chickens for fattening and weaned piglets performance of chickens for fattening and weaned piglets. **Animal**, v.10, n.4, p.592-597, 2015.
- BONTEMPO, V.; COMI, M.; JIANG, X.R. et al. Evaluation of a synthetic emulsifier product supplementation on broiler chicks. **Animal Feed Science and Technology**, v.240, p.157–164, 2018.
- BORSA, A.; KOHAYAGAWA, A.; BORETTI, L.P. et al. Efeitos da interação entre aflatoxinas e doença infecciosa bursal sobre níveis de enzimas de função hepática, colesterol e triglicerídeos em frangos de corte. **Veterinária em Foco**, v.8, n.2, p.132-142, 2011.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, n.1-2, p.248, 1976.
- BRITO, C.O.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Adição de complexo multienzimático em dietas à base de soja extrusada e desempenho de pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.457-461, 2006.
- CLARKE, E.; WISEMAN, J. Effects of extrusion conditions on trypsin inhibitor activity of full fat soybeans and subsequent effects on their nutritional value for young broilers. **British Poultry Science**, v.48, n.6, p.703-712, 2007.
- COSTA, E.M.S.; DE FIGUEIRÊDO, A.V.; MOREIRA FILHO, M.A. et al. Grão integral processado e coprodutos da soja em dietas para frangos de corte. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, n.4, p.846-854, 2015.
- COSTA, L.B.; ALMEIDA, V.V.; BERENCHTEIN, B. et al. Phytobiotic additives and sodium butyrate as alternatives to antibiotics for weanling pigs. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.231, p.733-744, 2011.
- FEINGOLD, K.R.; GRUNFELD, C. Introduction to lipids and lipoproteins In: **Endotext [Internet]**, MDText. com, Inc., 2018. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK305896/>>. Acesso em: 20/11/2019.
- FREITAS, E.R.; SAKOMURA, N.K.; NEME, R. et al. Efeito do processamento da soja integral sobre a energia metabolizável e a digestibilidade dos aminoácidos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1938- 1949, 2005.
- GE, X.K.; WANG, A.A.; YING, Z.X. et al. Effects of diets with different energy and bile acids levels on growth performance and lipid metabolism in broilers. **Poultry science**, v.98, n.2, p.887-895, 2019.
- GRAHAM, I.A. Seed storage oil mobilization. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.115-142, 2008.
- GUERREIRO NETO, A.; PEZZATO, A.; SARTORI, J. et al. Emulsifier in broiler diets containing different fat sources. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.13, n.2, p.119–125, 2011.

- IWAHASHI, A.S.; FURLAN, A.C.; SCHERER, C. et al. Utilização de complexo enzimático em rações para codornas de corte. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.33, n.3, p.273-279, 2011.
- KACZMAREK, S.A.; BOCHENEK, M.; SAMUELSSON, A.C. et al. Effects of glyceryl polyethylene glycol ricinoleate on nutrient utilisation and performance of broiler chickens. **Archives of Animal Nutrition**, v.69, n.4, p.285–96, 2015.
- KHONYOUNG, D.; YAMAUCHI, K.; SUZUKI, K. Influence of dietary fat sources and lysolecithin on growth performance, visceral organ size, and histological intestinal alteration in broiler chickens. **Livestock Science**, v.176, p.111-120, 2015.
- KISIELINSKI, K.; WILLIS, S.; PRESCHER, A. et al. A simple new method to calculate small intestine absorptive surface in the rat. **Clinical and Experimental Medicine**, v.2, n.3, p.131-135, 2002.
- KULKARNI, R.C.; DINGORE, A.D.; DURGE, S.M. et al. Supplementation of different emulsifiers on performance of broilers. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v.7, n.5, p.25-29, 2019.
- LEITE, P.R.S.C.; MENDES, F.R.; PEREIRA, M.L.R. et al. Limitações da utilização da soja integral e farelo de soja na nutrição de frangos de corte. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, p.1138-1157, 2012.
- LIMA, M.R.; SILVA, J.H.V.; ARAUJO, J.A. et al. Enzimas exógenas na alimentação de aves. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.1, n.4, p.99-110, 2007.
- LUNA, G.C. **Manual of histologic staining methods of the armed forces**. Institute of pathology. 3.ed. New York: Mc Graw-Hill, 1968, 285p.
- NUNES, R.V.; BROCH, J.; POLESE, C. et al. Avaliação nutricional e energética da soja integral desativada para aves. **Revista Caatinga**, v.28, n.2, p.143-151, 2015.
- NUNES, R.V.; BROCH, J.; WACHHOLZ, L. et al. Choosing sample sizes for various blood parameters of broiler chickens with normal and non-normal observations. **Poultry Science**, v.97, n.10, p.3746-3754, 2018.
- OPALINSKI, M.M.; CUNHA, A.; DA ROCHA, F. et al. Adição de complexo enzimático e da granulometria da soja integral desativada melhora desempenho de frangos de corte. **Ciência Rural**, v.40, n.3, p.628-632, 2010.
- PANDA, A.; SRIDHAR, K.; PRAKASH, B. et al. Acidulated Sunflower Soapstock as an Energy Source in the Diet of Broiler Chickens. **Animal Nutrition and Feed Technology**, v.16, n.2, p.337-344, 2016.
- PARK, J.H.; NGUYEN, D.H.; KIM, I.H. Effects of exogenous lysolecithin emulsifier supplementation on the growth performance, nutrient digestibility, and blood lipid profiles of broiler chickens. **Japan Poultry Science Association, Tsukuba Ibaraki**, v.55, n.3, p.190-194, 2017.
- PINHEIRO, D.F.; CRUZ, V.C.; SARTORI, J.R. et al. Effect of early feed restriction and enzyme supplementation on digestive enzyme activities in broilers. **Poultry Science**, v.83, n.9, p.1544-1450, 2004.
- RAVINDRAN, V.; TANCHAROENRAT, P.; ZAEFARIAN, F. et al. Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilisation. **Animal Feed Science and Technology**, v.213, p.1–21, 2016.
- RODRIGUEZ-SANCHEZ, R.; TRES, A.; SALA, R. et al. Effects of dietary free fatty-acid content and saturation degree on lipid-class composition and fatty-acid digestibility along the gastrointestinal tract in broiler starter chickens. **Poultry Science**, v.98, n.10, p.4929-4941, 2019.

- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4a edição. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488p.
- ROVERS, M. Saving energy and feed costs with nutritional emulsifier. **International Poultry Production**, v.22, n.4, p.7-8, 2014.
- ROY, A.S.; HALDAR, S.; MONDAL, T. et al. Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism, and serum lipid profile in broiler chickens. **Veterinary Medicine International**, v.2010, p.1-9, 2010.
- SAKOMURA, N.K.; SILVA, R.; LAURENTZ, A.C. et al. Avaliação da soja integral tostada ou extrusada sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.3, p.584-594, 1998.
- SAKOMURA, N.K.; DEL BIANCHI, M.; PIZAURRO JR, J.M. et al. Efeito da idade dos frangos de corte sobre a atividade enzimática e digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja e da soja integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.924-935, 2004.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2016, 262p.
- SANTANA, M.H.M.; SARAIVA, E.P.; COSTA, F.G.P. et al. Ajuste dos níveis de energia e proteína e suas relações para galinhas poedeiras em diferentes condições térmicas. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.12, n.1, p.139, 2018.
- SILVA, C.; CARRÃO-PANIZZU, M.C.; MANDARINO, J. et al. Avaliação de ácidos graxos da soja: grão inteiro, casca, cotilédones e hipocótilo. **Jornada Acadêmica da Embrapa Soja**, v.5, p.31-34, 2010.
- SIYAL, F.; BABAZADEH, D.; WANG, C. et al. Emulsifiers in the poultry industry. **World's Poultry Science Journal**, v.73, n.3, p.611-620, 2017.
- THEODOULOU, F.L.; EASTMOND, P.J. Seed storage oil catabolism: a story of give and take. **Current Opinion in Plant Biology**, v.15, n.3, p.322-328, 2012.
- UDOMPRASERT, P.; RUKKWAMSUK, T. Effect of an exogenous emulsifier on growth performance in weanling pigs. **Kasetsart Journal of Natural Science**, v.40, p.652-656, 2006.
- UNI, Z. Vitamin A deficiency interferes with proliferation and maturation of cells in the chicken small intestine. **British Poultry Science**, Vol. 41, p.410-415, 2000.
- UPADHAYA, S.D.; LEE, J.S.; JUNG, K.J. et al. Influence of emulsifier blends having different hydrophilic-lipophilic balance value on growth performance, nutrient digestibility, serum lipid profiles, and meat quality of broilers. **Poultry Science**, v.97, n.1, p.255-261, 2018.
- UPADHAYA, S.D.; PARK, J.W.; PARK, J.H. et al. Efficacy of 1,3-diacylglycerol as a fat emulsifier in low-density diet for broilers. **Poultry Science**, v.96, n.6, p.1672-1678, 2017.
- VIEIRA, S.L.; KINDLEIN, L.; STEFANELLO, C. et al. Energy utilization from various fat sources by broiler chickens at different ages. **International Journal of Poultry Science**, v.14, n.5, p.257-261, 2015.
- VIEIRA, S.L.; RIBEIRO, A.M.L.; KESSLER, A.M. 2002. Energy utilization of broiler feeds formulated with acidulated soybean soapstock. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.4, p.127-139, 2002.
- WANG, J.P.; ZHANG, Z.F.; YAN, L. et al. Effects of dietary supplementation of emulsifier and carbohydrase on the growth performance, serum cholesterol and breast meat fatty acid profile of broiler chickens. **Animal Science Journal**, v.87, n.2 p.250-256, 2016.

YIN, J.; JIAO, Y.; KIM, Y. et al. Effects of reducing dietary energy (Tallow) in diets containing emulsifier blend on growth performance, nutrient digestibility, and blood profile in growing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.99, n.1, p.206-209, 2018.

4 USO DE EMULSIFICANTE EM DIETAS COM DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS SOBRE A QUALIDADE DE CARNE E STATUS ANTIOXIDANTE SÉRICO DE FRANGOS DE CORTE

Resumo – Este trabalho visou determinar o efeito de dietas contendo diferentes fontes lipídicas, com ou sem a inclusão de emulsificante sobre a proteção antioxidante no sangue, o rendimento de carcaça e qualidade de carne de frangos de corte. Ao todo, 1.056 pintos de corte, machos, de um dia de idade, foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3 (com ou sem inclusão de emulsificante x três fontes lipídicas - óleo ácido de soja (OAS), óleo de soja degomado (OSD) e soja integral desativada (SID)), contendo oito repetições com 22 aves cada. O emulsificante, a base de ricinoleato de gliceril polietilenoglicol, foi adicionado às dietas considerando sua matriz nutricional de acordo com o fabricante. O uso de emulsificante e diferentes fontes lipídicas não afetou as características de proteção antioxidante das células. A inclusão de emulsificante reduziu em 5,22% o rendimento de sassami e em 10,20% a porcentagem de gordura abdominal. As diferentes fontes lipídicas influenciaram na coloração da carne. Aves alimentadas com SID apresentaram maior intensidade de amarelo (b^*) nas pernas 15 min *post mortem*. Na coloração do peito foi observado efeito para luminosidade e b^* 24 horas *post mortem*, sendo mais elevada para as aves que receberam SID na dieta. A adição de emulsificante exerceu efeito benéfico na deposição de gordura abdominal. As fontes lipídicas alteraram a coloração da carne, aumentando a intensidade de amarelo e luminosidade da carne de aves alimentadas com dietas contendo SID. Diferentes fontes lipídicas e emulsificante podem ser adicionadas às dietas sem afetar a qualidade da carne e seu perfil sérico oxidativo.

Palavras-chave: coloração da carne, óleo ácido de soja, ricinoleato de gliceril polietilenoglicol, soja integral desativada, superóxido dismutase, TBARS.

USE OF EMULSIFIER IN DIETS WITH DIFFERENT LIPID SOURCES ON MEAT QUALITY AND ANTIOXIDANT STATUS OF BROILERS

Abstract – This work aimed to determine the effect of diets containing different fat sources, with or without the inclusion of emulsifier on the antioxidant protection in the blood and meat quality of broilers. For this purpose, 1,056 male day-old broiler were distributed in a completely randomized design in a 2 x 3 factorial design (with or without emulsifier inclusion x three lipid sources – acid soybean oil (ASO), degummed soybean oil (DSO) and deactivated full-fat soybean (DFS)), with eight replications and 22 birds each. The emulsifier, based on glyceryl polyethyleneglycol ricinoleate, was added considering its nutritional matrix according to the manufacturer. The use of emulsifiers and different lipid sources has not affected the antioxidant protection characteristics of the cells. The dietary inclusion of emulsifier reduced sassami yield by 5.22% and abdominal fat by 10.20%. The different lipid sources influenced the meat color. Broilers fed diets with DFS have showed a higher intensity of yellow (b*) in the legs 15 min *post mortem*. In the color of the breast, an effect for luminosity and b* 24 hours *post mortem* has been observed, being higher for the birds that received DFS in the diet. The addition of emulsifier has had a beneficial effect on the deposition of abdominal fat. The lipid sources changed the meat color, increasing the yellow intensity and luminosity of the meat of birds fed diets containing DFS. Different lipid sources and emulsifier can be added to the diets without affecting the quality of the meat and the oxidative serum profile of birds.

Keywords: acid soybean oil, deactivated full-fat soybean, glyceryl polyethyleneglycol ricinoleate, meat color, superoxide dismutase, TBARS

4.1 Introdução

O uso de fontes lipídicas na nutrição de aves é uma prática indispensável, visto que os animais apresentam alta exigência energética que não é suprida apenas com o milho (SIYAL et al., 2017). O uso de óleo degomado de soja, principal óleo de origem vegetal utilizado na indústria avícola, apresenta elevado custo, devido à sua indexação a balança comercial e à concorrência com o consumo humano (AJANOVIC, 2011). Sendo assim, há necessidade de fontes alternativas, que possam propiciar não somente menor custo produtivo, mas aporte energético adequado, sem comprometer o desempenho das aves. Dentre as possíveis fontes alternativas, o óleo ácido de soja e a soja integral desativada apresentam semelhanças ao óleo de soja degomado.

O perfil de ácidos graxos presentes no óleo ácido de soja é semelhante ao do óleo de soja degomado, porém, apresenta-se em sua maioria (65%) na forma de ácidos graxos livres (AGL). Os AGL apresentam uma menor afinidade na formação de micelas, e consequentemente, uma menor absorção. O custo desta fonte é inferior, pois é um resíduo do refino do óleo de soja (VON SCHAUMBURG et al., 2018) sendo amplamente utilizado na alimentação de não-ruminantes, especialmente em aves.

A soja integral desativada, além de apresentar aporte energético devido a presença do óleo, também apresenta elevado teor proteico, substituindo assim, matérias primas proteicas mais caras, como o farelo de soja. No entanto, a sua reserva lipídica é armazenada em organelas na parede celular, não estando prontamente disponível (SILVA et al., 2010; RODRIGUEZ-SANCHEZ et al., 2019).

O uso de aditivos alimentares e tecnológicos é uma rotina consolidada, a fim de melhorar as características produtivas das aves (BONTEMPO et al., 2018). Neste sentido, o uso de emulsificantes melhora a utilização de gorduras e óleos pelos animais, pois auxiliam na formação das micelas, facilitando o processo de digestão e absorção dos lipídeos, aumentando a energia disponibilizada pelas fontes lipídicas (YIN et al., 2018; WANG et al., 2016).

No entanto, deve-se considerar que tanto o uso de diferentes fontes lipídicas quanto a inclusão de aditivos alimentares podem afetar o *status* antioxidante da ave e as características físico-químicas da carne. Normalmente, no organismo animal são produzidos radicais livres durante os processos metabólicos, e estes são combatidos por métodos enzimáticos (enzimas responsáveis por catalisar a dismutação do radical superóxido em H_2O_2 e O_2 , como a superóxido dismutase), e não enzimáticos (antioxidantes produzidos pelo animal ou oriundos das dietas) (CHENG et al., 2020), ocorrendo assim um equilíbrio no organismo animal.

Quando um alimento rico em ácidos graxos é adicionado às dietas, é possível alterar a proporção de radicais livres, especialmente em fontes ricas em ácidos graxos insaturados, alterando o equilíbrio entre produção e combate aos radicais livres. Os ácidos graxos insaturados são mais susceptíveis à oxidação e iniciam o processo de peroxidação nas membranas celulares (COTINGUIBA et al., 2013). A ação do emulsificante pode aumentar a absorção de diferentes ácidos graxos presentes nas fontes lipídicas. Além disso, os ácidos graxos são depositados nos músculos das aves, podendo alterar características de coloração, sabor e composição de ácidos graxos na carne (TAVÁREZ et al., 2011).

As características físicas da carne de frango influenciam no comportamento de compra dos consumidores, pois estão relacionadas com questões sensoriais e não necessariamente, nutricionais. Dentre as medidas de qualidade que agregam valor ao produto, a coloração da carne é considerada principal quesito de escolha pelo consumidor. Além disso, o pH, a capacidade de retenção de água e a força de cisalhamento, fatores ligados a maciez da carne, afetam a repetitividade da compra (MIR et al., 2017).

A hipótese do trabalho é que as diferentes fontes lipídicas, por apresentarem variação em seu perfil de ácidos graxos, podem afetar a qualidade da carne, sendo que o uso de emulsificante pode acentuar essas mudanças, por aumentar a utilização dos lipídeos. Diante destas informações, o presente estudo teve como objetivo determinar o efeito de dietas contendo diferentes fontes lipídicas, com ou sem a inclusão de emulsificante a base de ricinoleato de gliceril polietilenoglicol sobre a proteção antioxidante no sangue, o rendimento de carcaça e cortes e qualidade de carne de frangos de corte.

4.2 Material e métodos

Esse trabalho foi conduzido no Centro de Pesquisa em Avicultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, *Campus* de Marechal Cândido Rondon/PR. Os procedimentos adotados durante a realização do experimento foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética e Biossegurança da Instituição (protocolo nº 55/19). Os animais foram criados de acordo com as diretrizes éticas para pesquisa em animais estabelecidas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA)

O aviário experimental utilizado é de alvenaria, contendo muretas laterais de 0,30 m, cortinas, tela, cobertura com telhas de zinco e subdividido em boxes de 1,96 m². Cada box (unidade experimental – UE) dispunha de comedouro tubular, bebedouro tipo nipple, fonte para aquecimento (resistência 250 watts) e piso de concreto, o qual foi recoberto com maravalha de

pinus de primeiro lote. O programa de iluminação seguiu as recomendações do manual da linhagem. A renovação do ar e, quando necessário, resfriamento do ambiente foram realizados por exaustores e placas evaporativas.

Ao todo foram utilizados 1.056 pintos de corte, machos, de um dia de idade, da linhagem Ross 308 AP, provenientes de matrizes de 45 semanas de idade. As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3 (com ou sem inclusão de emulsificante x três fontes lipídicas - óleo ácido de soja (OAS), óleo de soja degomado (OSD) e soja integral desativada (SID)), oito repetições com 22 aves por UE. O emulsificante baseado em ricinoleato de gliceril polietilenoglicol foi adicionado às dietas na proporção de 350 g ton⁻¹ (recomendação do fabricante), com redução da recomendação em energia metabolizável aparente em 40 kcal kg⁻¹ de 1 a 21 dias e 50 kcal kg⁻¹ de 22 a 49 dias de idade das aves.

As dietas experimentais foram fornecidas na forma farelada e formuladas de acordo com a composição dos alimentos e recomendações nutricionais propostas por Rostagno et al. (2017), para as fases de 1 a 7, 8 a 21, 22 a 33, 34 a 42 e 43 a 49 dias de idade para frangos de corte de desempenho médio-regular (Tabelas 1, 2 e 3). Os animais receberam ração e água *ad libitum*.

Aos 21 dias, uma ave por UE, com peso médio ($\pm 5\%$) foi selecionada e, após jejum de 6 h, colheu-se sangue para a obtenção do soro. O soro foi armazenado em tubos criogênicos e mantidos em nitrogênio líquido para posterior análise de lipoperoxidação e superóxido dismutase (SOD). A lipoperoxidação sérica foi medida pelo método TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, método químico), utilizando kit comercial (Cayman Chemical) e a SOD foi determinada colorimetricamente (método enzimático), utilizando kit comercial (Cayman Chemical). Ambas as leituras foram realizadas usando um leitor de microplacas ELISA (Molecular Devices - FlexStation 3).

Aos 49 dias de idade, duas aves por UE foram individualmente pesadas e abatidas por eletronarcose seguido de sangria. Posteriormente, as aves foram depenadas e evisceradas. Para o rendimento de carcaça utilizou-se o peso da carcaça quente eviscerada (sem cabeça, pés, pescoço e gordura abdominal) em relação ao peso da ave viva antes do abate e para o rendimento de cortes (pernas, asas, peito e sassami) foi considerado o peso da carcaça fria eviscerada. Para a determinação da porcentagem de gordura abdominal foi pesado o tecido adiposo presente ao redor da cloaca, moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes e determinada a porcentagem em relação ao peso da ave viva.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais contendo diferentes fontes lipídicas com ou sem inclusão de emulsificante para as fases pré-inicial (1-7 dias) e inicial (8-21 dias) de frangos de corte.

Ingredientes (%)	1-7d						8-21d					
	OSD		OAS		SID		OSD		OAS		SID	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
Milho	56,62	57,59	55,96	57,19	56,29	57,32	58,31	59,29	57,41	58,64	57,76	58,79
Soja farelo (46%)	34,30	34,10	34,40	34,20	28,80	28,60	32,20	32,00	32,30	32,10	22,80	22,60
Farinha carne e ossos (45%)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Óleo ácido de soja	-	-	2,18	1,18	-	-	-	-	3,18	2,18	-	-
Óleo de soja degomado	1,62	0,88	-	-	-	-	2,37	1,62	-	-	-	-
Soja integral desativada	-	-	-	-	7,00	7,00	-	-	-	-	12,00	12,00
Óleo de vísceras	1,00	1,00	1,00	1,00	1,44	0,64	1,00	1,00	1,00	1,00	1,31	0,51
Fosfato bicálcico	1,097	1,095	1,097	1,096	1,088	1,087	0,877	0,876	0,878	0,877	0,862	0,861
Calcário	0,599	0,600	0,598	0,600	0,613	0,615	0,513	0,515	0,512	0,514	0,537	0,539
Sal comum	0,479	0,479	0,479	0,479	0,480	0,480	0,462	0,462	0,462	0,462	0,464	0,464
Premix Mineral ¹	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Premix Vitamínico ²	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
DL-Metionina (99%)	0,396	0,395	0,397	0,396	0,397	0,396	0,377	0,376	0,378	0,377	0,378	0,377
L-Treonina (98%)	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
Sulfato de L-Lisina (50,7%)	0,492	0,496	0,489	0,495	0,493	0,498	0,493	0,497	0,488	0,494	0,495	0,499
Cloreto de colina (60%)	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Inerte*	0,035	-	0,035	-	0,035	-	0,035	-	0,035	-	0,035	-
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada												
EM (kcal kg ⁻¹)	2975	2935	2975	2935	2975	2935	3050	3010	3050	3010	3050	3010
Proteína Bruta (%)	21,94	21,94	21,94	21,94	21,94	21,94	21,09	21,09	21,09	21,09	21,09	21,09
Cálcio (%)	0,971	0,971	0,971	0,971	0,971	0,971	0,878	0,878	0,878	0,878	0,878	0,878
Fósforo disponível (%)	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,419	0,419	0,419	0,419	0,419	0,419
Sódio (%)	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218
Lys digestível (%)	1,307	1,307	1,307	1,307	1,307	1,307	1,256	1,256	1,256	1,256	1,256	1,256
Met+cys digestível (%)	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,929	0,929	0,929	0,929	0,929	0,929

OAS=óleo ácido de soja; OSD=óleo de soja degomado; SID=soja integral desativada; ¹Premix mineral, composição por kg de dieta: Ferro 50mg; Cobre 10mg; Manganês 65mg; Zinco 65mg; Iodo 1mg; ²Premix vitamínico, inclusão por kg de dieta: Vitamina A 14300U.I.; Vitamina D3 5200U.I.; Vitamina E 71,5U.I.; Vitamina K3 3,9mg; Vitamina B1 2,99mg; Vitamina B2 9,10mg; Ácido pantotênico 15,6mg; Vitamina B6 5,2mg; Vitamina B12 3,25mcg; Ácido nicotínico 78mg; Ácido fólico 2,6mg; Biotina 325mcg; Selênio 399mcg; *A inclusão do emulsificante foi realizado em substituição ao inerte Caulim®, com redução de 40 kcal kg⁻¹ na energia metabolizável aparente da dieta.

Tabela 2. Composição percentual e calculada das rações experimentais contendo diferentes fontes lipídicas com ou sem inclusão de emulsificante para as fases crescimento I (22-33 dias) e crescimento II (34-42 dias).

Ingredientes (%)	22-33d						34-42d					
	OSD		OAS		SID		OSD		OAS		SID	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
Milho	64,91	66,08	63,80	65,29	64,33	65,56	70,56	71,73	69,66	71,16	70,01	71,25
Soja farelo (46%)	25,70	25,50	25,90	25,70	16,30	16,10	20,90	20,70	21,00	20,80	11,50	11,30
Farinha carne e ossos (45%)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Óleo ácido de soja	-	-	3,57	2,31	-	-	-	-	3,10	1,83	-	-
Óleo de soja degomado	2,66	1,72	-	-	-	-	2,30	1,36	-	-	-	-
Soja integral desativada	-	-	-	-	12,00	12,00	-	-	-	-	12,00	12,00
Óleo de vísceras	1,00	1,00	1,00	1,00	1,62	0,62	1,00	1,00	1,00	1,00	1,24	0,23
Fosfato bicálcico	0,686	0,684	0,687	0,685	0,671	0,670	0,301	0,299	0,302	0,300	0,286	0,284
Calcário	0,376	0,378	0,374	0,377	0,400	0,402	0,339	0,341	0,337	0,340	0,363	0,365
Sal comum	0,438	0,438	0,439	0,438	0,440	0,440	0,412	0,412	0,412	0,412	0,414	0,413
Premix Mineral ¹	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Premix Vitamínico ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
DL-Metionina (99%)	0,333	0,332	0,335	0,333	0,334	0,333	0,289	0,288	0,290	0,289	0,290	0,289
L-Treonina (98%)	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,103
Sulfato de L-Lisina (50,7%)	0,539	0,544	0,534	0,541	0,541	0,546	0,550	0,555	0,545	0,552	0,551	0,557
Cloreto de colina (60%)	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Inerte*	0,035	-	0,035	-	0,035	-	0,035	-	0,035	-	0,035	-
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada												
EM (kcal kg ⁻¹)	3150	3100	3150	3100	3150	3100	3200	3150	3200	3150	3200	3150
Proteína Bruta (%)	18,61	18,61	18,61	18,61	18,61	18,61	16,79	16,79	16,79	16,79	16,79	16,79
Cálcio (%)	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634
Fósforo disponível (%)	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
Sódio (%)	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197
Lys digestível (%)	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014
Met+cys digestível (%)	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750

Thr digestível (%)	0,742	0,742	0,742	0,742	0,742	0,742	0,669	0,669	0,669	0,669	0,669	0,669
--------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

OAS=óleo ácido de soja; OSD=óleo de soja degomado; SID=soja integral desativada; ¹Premix mineral, composição por kg de dieta: Ferro 50mg; Cobre 10mg; Manganês 65mg; Zinco 65mg; Iodo 1mg; ²Premix vitamínico, composição por kg de dieta: Vitamina A 11000U.I.; Vitamina D3 4000U.I.; Vitamina E 55U.I.; Vitamina K3 3mg; Vitamina B1 2,3mg; Vitamina B2 7mg; Ácido pantotênico 12mg; Vitamina B6 4mg; Vitamina B12 2,5mcg; Ácido nicotínico 60mg; Ácido fólico 2mg; Biotina 250mcg; Selênio 300 mcg; *A inclusão do emulsificante foi realizado em substituição ao inerte Caulim®, com redução de 50 kcal kg⁻¹ na energia metabolizável da dieta.

Tabela 3. Composição percentual e calculada das rações experimentais contendo diferentes fontes lipídicas com ou sem inclusão de emulsificante para fase final (42-49 dias).

Ingredientes (%)	OSD		OAS		SID	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
Milho	71,09	72,15	69,68	71,26	70,37	71,60
Soja farelo (46%)	18,60	18,50	18,90	18,60	9,30	9,10
Farinha carne e ossos (45%)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Óleo ácido de soja	-	-	4,39	3,14	-	-
Óleo de soja degomado	3,27	2,34	-	-	-	-
Soja integral desativada	-	-	-	-	12,00	12,00
Óleo de vísceras	1,00	1,00	1,00	1,00	2,28	1,28
Fosfato bicálcico	0,189	0,188	0,191	0,189	0,175	0,173
Calcário	0,291	0,293	0,289	0,292	0,315	0,317
Sal comum	0,400	0,400	0,400	0,400	0,402	0,402
Premix Mineral ¹	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Premix Vitamínico ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
DL-Metionina (99%)	0,269	0,268	0,270	0,269	0,270	0,269
L-Treonina (98%)	0,099	0,099	0,099	0,099	0,098	0,098
Sulfato de L-Lisina (50,7%)	0,543	0,549	0,537	0,544	0,544	0,550
Cloreto de colina (60%)	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Inerte*	0,035	-	0,035	-	0,035	-
Celite	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada						
EM (kcal kg ⁻¹)	3250	3200	3250	3200	3250	3200
Proteína Bruta (%)	15,79	15,79	15,79	15,79	15,79	15,79
Cálcio (%)	0,581	0,581	0,581	0,581	0,581	0,581
Fósforo disponível (%)	0,271	0,271	0,271	0,271	0,271	0,271
Sódio (%)	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192
Lys digestível (%)	0,954	0,954	0,954	0,954	0,954	0,954
Met+cys digestível (%)	0,706	0,706	0,706	0,706	0,706	0,706
Thr digestível (%)	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630

OAS=óleo ácido de soja; OSD=óleo de soja degomado; SID=soja integral desativada; ¹Premix mineral, composição por kg de dieta: Ferro 50mg; Cobre 10mg; Manganês 65mg; Zinco 65mg; Iodo 1mg; ²Premix vitamínico, composição por kg de dieta: Vitamina A 11000U.I.; Vitamina D3 4000U.I.; Vitamina E 55U.I.; Vitamina K3 3mg; Vitamina B1 2,3mg; Vitamina B2 7mg; Ácido pantotênico 12mg; Vitamina B6 4mg; Vitamina B12 2,5mcg; Ácido nicotínico 60mg; Ácido fólico 2mg; Biotina 250mcg; Selênio 300 mcg; *A inclusão do emulsificante foi realizado em substituição ao inerte Caulim®, com redução de 50 kcal kg⁻¹ na energia metabolizável da dieta.

Para a análise da qualidade de carne, coletou-se o peito inteiro e a perna direita das aves abatidas por UE, para aferição do pH e colorimetria, bem como análise da capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC).

O pH e a coloração da carne foram determinados 15 minutos e 24 horas *post mortem*. A análise de pH foi realizada diretamente no filé do peito direito (*Pectoralis major*) e perna das aves com auxílio de peagâmetro portátil HI 99163 (Hanna Instruments) (OLIVO et al., 2001). A coloração foi determinada em duas diferentes regiões da parte interna do músculo do peito e da parte interna da perna utilizando o colorímetro portátil CR-400 (Konica Minolta Sensing, São Paulo, Brasil). Os componentes L*(luminosidade – nível de escuro a claro), a*(intensidade de vermelho/verde) e b* (intensidade de amarelo/azul) foram expressos no sistema de cor Cielab (HONIKEL, 1998).

A CRA foi realizada de acordo com o método de centrifugação proposto por Nakamura e Katok (1985). Amostras de aproximadamente 1g do músculo do peito *in natura* foram retiradas após o resfriamento em água e gelo por 30 min. As amostras foram envoltas em papel filtro qualitativo, centrifugadas (Centrífuga Kasvi K14-4000, Kasvi, São Paulo, BR) a 2000 rpm por 4 min, pesadas, secas em estufa a 70°C por 12 h e pesadas novamente.

Para a determinação da PPC, os filés de peito *in natura* foram pesados, envoltos em papel laminado e cozidos em chapa aquecedora de modelo comercial com aquecimento até 180°C, verificando a temperatura interna de cada amostra. Quando atingida a temperatura interna de 80°C as amostras foram retiradas da chapa e mantidas em repouso até estabilizarem a temperatura ambiente. As amostras foram novamente pesadas e a PPC foi determinada por diferença de peso (HONIKEL, 1998). Após a análise de PPC as amostras foram utilizadas para determinação da FC. As amostras foram cortadas em três paralelepípedos (1 x 1 x 4 cm), com as fibras no sentido perpendicular à lâmina do aparelho, para determinação da FC em quilograma força (kgf cm⁻²), com auxílio do equipamento Brookfield CT3 Texture Analyzer, acoplado com a probe TA 3/100, fixture TA – SBA, calibrado com força de 0,01 kg, deformação 20 mm e velocidade do teste de 2,5 mm.s⁻¹.

Os dados foram avaliados quanto a normalidade, pelo teste de Shapiro–Wilk e quando não apresentaram distribuição normal, foram submetidos ao teste de Kruskal Wallis, seguido do teste de Friedman. Quando distribuídos dentro da normalidade, os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativo, para a comparação do fator emulsificante foi utilizado o teste F e para a comparação entre as diferentes fontes lipídicas foi utilizado o teste de Tukey. O nível de significância adotado em todos os testes de hipótese foi

de 5% de probabilidade. Todas as avaliações estatísticas foram realizadas por intermédio do programa SAS (2017), versão *student*.

4.3 Resultados e discussão

Não foi observado interação ($P > 0,05$) entre os fatores fonte lipídica e emulsificante para a atividade sérica de superóxido dismutase (SOD) e TBARS (Tabela 4). Considerando os fatores isolados também não foi observado interferência dos tratamentos avaliados sobre o *status* sérico antioxidante ($P > 0,05$).

Tabela 4. Atividade de Superóxido dismutase (SOD) e TBARS mensurados no soro sanguíneo de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante.

	SOD (U ml ⁻¹)	TBARS (μM de MDA)
Com Emulsificante	1,286	1,369
Sem Emulsificante	1,493	1,518
Fonte Lipídica		
OAS	1,555	1,400
OSD	0,959	1,508
SID	1,668	1,436
EPM	0,669	0,211
CV (%)	48,883	14,580
	Valores de p	
O*E	0,296	0,503
Óleo (O)	0,339	0,503
Emulsificante (E)	0,296	0,096

Valores de p para as fontes lipídicas e para o uso de emulsificante na variável SOD obtidos pelo teste de Kruskal-Wallis e comparação entre fontes e emulsificante pelo teste de Friedman; Valores de p para uso de emulsificante de gordura na variável TBARS obtidos pelo teste F e comparação entre as fontes lipídicas pelo teste de Tukey; SOD= superóxido dismutase; MDA (malonaldeído); OAS= Óleo Ácido de Soja; OSD= Óleo de Soja Degomado; SID= Soja Integral Desativada.

O malonaldeído (MDA) é um produto oriundo de ácidos graxos poli-insaturados peroxidados e o aumento do seu conteúdo representa um indicador de peroxidação lipídica (OGBUAGU et al., 2018), sendo mensurado através de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). A SOD representa a primeira defesa endógena contra o estresse oxidativo, catalisando a dismutação do radical superóxido em peróxido de oxigênio e oxigênio molecular (AKBARIAN et al., 2014).

No presente estudo, tanto as diferentes fontes lipídicas quanto a inclusão dietética do emulsificante não alteraram os valores séricos de SOD e TBARS, logo, estes não interferiram

nos níveis oxidativos. Esta é uma característica vantajosa, visto que não foi adicionado antioxidante as dietas, demonstrando que a adição de emulsificante e as fontes lipídicas não prejudicaram o organismo do animal.

Os ácidos graxos poli-insaturados presentes nas lipoproteínas e nas membranas celulares podem reagir com radicais livres, iniciando uma reação conhecida como peroxidação lipídica ou lipoperoxidação, que pode ser utilizada como marcador de danos oxidativos celulares, que afetam a resposta imune dos animais (DIBNER et al., 1996; HALLIWELL, 2007).

O início do processo de oxidação nos tecidos animais está ligado principalmente a presença de radicais livres, oriundos do metabolismo animal ou da dieta, sendo o radical hidroxila o mais importante para a iniciação do processo, pois este é capaz de remover rapidamente o hidrogênio dos ácidos graxos (ADAMS, 1999; BARBOSA et al., 2010). Os lipídeos, especialmente os ácidos graxos insaturados, são os principais alvos do radical hidroxila, havendo uma dependência direta entre o grau de insaturação e a susceptibilidade à oxidação, e quando ingeridos podem afetar a susceptibilidade a oxidação das membranas celulares, proteínas e DNA (SOARES, 2002).

Essas reações também acontecem em óleos, gorduras, vitaminas lipossolúveis e pigmentos carotenoides, reagindo espontaneamente com o oxigênio, e, quando fornecidos aos animais, exercem efeitos negativos sobre o desempenho, a sanidade animal e a qualidade da carne (RACANICCI et al., 2008). Manter o equilíbrio entre a produção e o combate de radicais livres é de extrema importância para sustentar a homeostase metabólica, mantendo as proteínas, lipídeos, carboidratos e nucleotídeos íntegros (SANTOS et al., 2014).

Não houve interação ($P > 0,05$) entre as fontes lipídicas e o uso de emulsificante sobre o rendimento de carcaça, rendimento de cortes e porcentagem de gordura abdominal. Considerando os fatores isolados, observou-se que a inclusão do emulsificante, independentemente da fonte lipídica utilizada, reduziu o rendimento de sassami ($P = 0,032$) e a porcentagem de gordura abdominal ($P = 0,009$) (Tabela 5).

A inclusão do emulsificante nas dietas baseia-se na capacidade desse aditivo em auxiliar na digestão e absorção dos lipídios, promovendo a incorporação de ácidos graxos nas micelas. É uma etapa essencial no transporte de produtos da digestão lipídica através do epitélio do trato gastrointestinal (RAVINDRAN et al., 2016). Esses mecanismos de ação podem fornecer mais energia aos frangos de corte, principalmente na fase inicial, devido à baixa produção de lipase e sais biliares nesse período (UPADHAYA et al., 2018); e também para frangos alimentados com dietas contendo fontes lipídicas com alta concentração de ácidos graxos livres, como o OAS, o que reduz a concentração de monoglicerídeos disponível e dificulta o processo de

emulsificação natural (ROVERS, 2014). Apesar das evidências, o uso de emulsificante não foi capaz de manter o rendimento de sassami. Essa diferença também pode estar associada a idade de abate das aves, abatidas com peso médio de 4008g, acarretando miopatias no sassami e assim, prejudicando o rendimento do mesmo.

Tabela 5. Rendimento (%) de carcaça e cortes, e porcentagem (%) de gordura abdominal de frangos de corte, aos 49 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante.

	Carcaça	Peito	Pernas	Asas	Sassami	Gordura Abdominal
Com Emulsificante	71,25	28,14	32,37	9,69	5,63b	2,20b
Sem Emulsificante	71,21	28,56	32,37	9,88	5,94a	2,45a
Fonte Lipídica						
OAS	71,59	28,64	32,13	9,69	5,86	2,40
OSD	71,25	28,38	32,46	9,99	5,71	2,20
SID	70,86	28,03	32,52	9,68	5,79	2,38
EPM	1,550	2,172	2,137	0,999	0,702	0,453
CV (%)	2,176	7,661	6,602	10,208	12,133	19,451
Valores de p						
O*E	0,125	0,562	0,298	0,750	0,176	0,267
OLEO (O)	0,169	0,528	0,729	0,395	0,698	0,140
Emulsificante (E)	0,908	0,353	0,994	0,363	0,032	0,009

Na mesma coluna, médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença estatística pelo teste F para o uso de emulsificante e Tukey para as fontes lipídicas. OAS= Óleo Ácido de Soja; OSD= Óleo de Soja Degomado; SID= Soja Integral Desativada; EPM = erro padrão da média.

Os efeitos do uso de emulsificantes no rendimento de carcaça, rendimento de cortes e porcentagem de gordura abdominal relatados na literatura permanecem contraditórios. Guerreiro Neto et al. (2011) ao avaliar o uso de emulsificante com diferentes fontes lipídicas não verificaram variação do rendimento de carcaça e de cortes. Em contrapartida, Wang et al. (2016) avaliando o estearoil-2-lactilato de sódio (0,05%), derivado do leite, em dieta com redução energética, observaram aumento do percentual de gordura abdominal de frangos de corte aos 35 dias, comparada a dieta sem adição do aditivo. O uso de 1,3-diacylglicerol não afetou a deposição de gordura abdominal de frangos de corte aos 35 dias de idade alimentados com dietas com diferentes densidades energéticas (UPADHAYA et al., 2017). Esses resultados contraditórios podem estar associados à fatores externos aos experimentos, como a forma de separação dos cortes, geralmente manual e muito suscetível a divergências.

Não foi observado interação ($P>0,05$) entre as fontes de lipídeo utilizadas e a inclusão de emulsificante sobre as características de qualidade da carne. Avaliando os fatores isoladamente também não foi observado influência dos tratamentos ($P>0,05$) (Tabela 6).

Tabela 6. Qualidade de carne de frangos de corte, aos 49 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante.

	CRA (%)	PPC (%)	FC (kgf/cm ²)	pH Perna		pH Peito	
				15 min	24h	15 min	24h
Com Emulsificante	61,91	32,04	3,47	6,12	5,99	6,00	5,84
Sem Emulsificante	62,95	31,64	3,19	6,11	6,02	6,00	5,83
Fonte Lipídica							
OAS	60,86	32,68	3,07	6,17	6,06	6,04	5,89
OSD	63,61	31,03	3,57	6,08	5,97	5,95	5,80
SID	62,82	31,82	3,36	6,09	5,99	6,01	5,83
EPM	3,29	2,70	0,90	0,18	0,14	0,16	0,13
CV (%)	5,27	8,47	26,98	2,96	2,33	2,61	2,24
Valores de p							
O*E	0,771	0,122	0,099	0,324	0,887	0,621	0,269
Óleo (O)	0,063	0,237	0,298	0,303	0,200	0,237	0,152
Emulsificante (E)	0,288	0,620	0,294	0,733	0,506	0,905	0,809

CRA: Capacidade de retenção de água; PPC: Perda de peso por cocção; FC: Força de cisalhamento; OAS= Óleo Ácido de Soja; OSD= Óleo de Soja Degomado; SID= Soja Integral Desativada;

A redução do pH da carne *post mortem* é o principal aspecto da transformação do músculo em carne e tem efeito decisivo sobre a aparência e qualidade da mesma (ORDÓÑEZ et al., 2005). A carne de peito de frangos de corte usualmente apresenta pH final em torno de 5,80 a 5,92 (MUDALAL et al., 2015; TASONIERO et al., 2016), demonstrando que todos os resultados obtidos se encontram dentro da normalidade. Além disso, o pH apresenta relação com os demais parâmetros de qualidade, como a capacidade de retenção de água, perda de água por cocção, maciez, suculência, cor e vida de prateleira (MIR et al., 2017), o que pode estar relacionado com o fato dos demais parâmetros de qualidade não terem sido afetados, exceto a coloração.

As fontes lipídicas presentes na alimentação exercem influência sobre o perfil lipídico da carne (POTENÇA et al., 2010), logo, a presença de fontes ricas em ácidos graxos insaturados resulta em carnes com altos teores desses ácidos graxos. Neste sentido, a presença de insaturações no perfil lipídico da carne pode alterar propriedades físicas (RUIZ et al., 2001; SIRRI et al., 2003), incluindo textura, perda de umidade no cozimento, podendo alterar a qualidade do produto. Segundo Ruiz et al. (2001) e Sirri et al. (2003), o aumento na proporção de ácidos graxos insaturados diminui o ponto de fusão da gordura, melhorando a textura da carne. No entanto, apesar das evidências não foi observado efeito das fontes lipídicas sobre a qualidade da carne.

Bontempo et al. (2018) também não observaram diferença nas características ligadas a pH e maciez da carne testando diferentes fontes lipídicas e o uso de emulsificante. Zhao e Kim

(2017) avaliando níveis de lisofosfolipídeos como emulsificante em dietas com dois níveis de energia, não verificaram diferenças sobre o pH e a capacidade de retenção de água.

Não houve interação ($P>0,05$) entre os fatores fonte lipídica e emulsificante para a coloração da carne. No entanto, avaliando os fatores isolados, observou-se influência ($P=0,030$) das fontes lipídicas sobre a coloração da carne da perna, sendo que as aves alimentadas com dietas contendo SID apresentaram maior intensidade de amarelo (b^*) 15 min *post mortem*, quando comparada as alimentadas com dietas contendo OAS. Na carne do peito, observou-se efeito para Luminosidade (L^*) ($P=0,003$) e intensidade de amarelo ($P=0,002$) 24 horas *post mortem*, sendo mais elevada para as aves que receberam dietas contendo SID (Tabela 7).

A carne do peito das aves que receberam dietas contendo SID apresentou maior luminosidade e maior valor para o componente b^* , o que poderia estar correlacionado a um pH mais baixo e maior ingestão de pigmentos (PÉREZ-VENDRELL et al., 2001; ALVES et al., 2016). No entanto, o pH da carne não diferiu entre as fontes e o teor de carotenoides na SID é baixo, sendo esse, um fato incomum.

A coloração é a primeira característica observada na decisão de compra pelos consumidores, principalmente em produtos desossados, como é o peito (BONTEMPO et al., 2018). A quantidade de mioglobina presente nos músculos é associada às variações na coloração da carne *in natura*, e pode variar de acordo com o sexo, idade e localização anatômica do músculo, principalmente em frangos, que apresentam colorações extremas em diferentes músculos, como o rosa pálido apresentado no peito e vermelho intenso para as pernas (HARDER et al., 2010). A cor da superfície dos cortes está relacionada a absorção seletiva da luz pela mioglobina, podendo ser alterada por outros componentes importantes, como as fibras musculares e suas proteínas (OLIVO et al., 2001). Além disso, a coloração da pele e da carne de frango é influenciada pela presença de carotenoides na alimentação (PÉREZ-VENDRELL et al., 2001).

A adição de óleos e gorduras na dieta de aves pode melhorar a absorção de carotenoides presentes na dieta (ALBUQUERQUE ROCHA et al., 2008). Dutra Jr. et al. (1991) observaram que, quando incluído óleo na ração, houve uma melhora na coloração da carcaça. Além disso, a adição de emulsificante em dietas pode alterar a coloração da carne do produto final em função do aumento na digestibilidade e absorção de pigmentos lipossolúveis no músculo peitoral (BONTEMPO et al., 2018). No entanto, não foi possível observar influência do emulsificante sobre a coloração da carne.

Tabela 7. Colorimetria da carne de frangos de corte, aos 49 dias de idade, alimentados com dietas com diferentes fontes lipídicas, com ou sem emulsificante de gordura.

	Perna						Peito					
	15 min <i>post mortem</i>			24h <i>post mortem</i>			15 min <i>post mortem</i>			24h <i>post mortem</i>		
	L *	a*	b*	L *	a*	b*	L *	a*	b*	L *	a*	b*
Com Emulsificante	57,76	3,15	5,29	53,59	3,53	4,12	48,81	2,25	3,46	47,90	2,99	5,34
Sem Emulsificante	58,27	3,20	5,19	54,26	3,17	4,59	49,11	2,23	4,14	48,76	2,86	5,54
Fonte Lipídica												
OAS	58,18	3,03	4,32b	54,59	3,28	3,58	48,60	2,35	3,00	47,72b	3,03	4,81b
OSD	57,56	3,52	4,93ab	53,58	3,28	4,57	48,48	2,32	4,19	47,44b	2,75	5,10b
SID	58,30	2,97	6,46a	53,60	3,50	4,92	49,82	2,04	4,21	49,84a	3,00	6,41a
EPM	2,38	1,25	2,24	2,40	1,29	1,96	2,60	0,98	1,73	2,01	1,14	1,23
CV (%)	4,10	39,28	42,49	4,44	38,60	45,07	5,30	43,71	45,84	4,16	38,84	22,61
Valores de p												
O*E	0,660	0,765	0,084	0,272	0,958	0,479	0,407	0,761	0,516	0,075	0,276	0,325
Óleo (O)	0,655	0,396	0,030	0,401	0,850	0,147	0,282	0,649	0,093	0,003	0,744	0,002
Emulsificante (E)	0,474	0,887	0,874	0,337	0,335	0,417	0,689	0,966	0,191	0,148	0,695	0,591

Na mesma coluna, médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey para as fontes lipídicas. L *=Luminosidade; a *=intensidade de vermelho/verde; b *= intensidade de amarelo/azul; OAS= Óleo Ácido de Soja; OSD= Óleo de Soja Degomado; SID= Soja Integral Desativada; EPM = erro padrão da média.

Akit et al. (2014) e Ali et al. (2017) avaliando o uso de emulsificante sobre a qualidade da carne suína e de peito de frango, respectivamente, observaram aumento nos teores de a^* e redução dos valores de L^* . Em contraste, Kim et al. (2008) não encontraram diferenças na coloração da carne suína utilizando lecitina como emulsificante.

3.4 Conclusão

A adição de emulsificante reduziu a porcentagem de gordura abdominal em 10,20% e rendimento de sassami em 5,22%, não sendo afetada pelas fontes lipídicas. A adição de emulsificante bem como de diferentes fontes lipídicas na dieta não influenciou o rendimento de carcaça e demais cortes, a qualidade da carne e o *status* sérico oxidativo das aves, logo, podem ser utilizadas sem afetar os parâmetros. As fontes lipídicas alteraram a coloração da carne, aumentando a intensidade de amarelo nos cortes avaliados das aves que receberam dietas que continham SID. A luminosidade da carne de aves alimentadas com dietas contendo SID também aumentou em relação a OAS e OSD. Diferentes fontes lipídicas podem ser utilizadas sem afetar parâmetros de qualidade e *status* oxidante da carne.

3.5 Referências bibliográficas

- ADAMS, C.A. **Nutricines: food components in health and nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, 1999. 128 p.
- AJANOVIC, A. Biofuels versus food production: Does biofuels production increase food prices? **Energy**, v.36, p.2070–2076, 2011.
- AKBARIAN, A.; GOLIAN, A.; KERMANSHAHI, H. et al. Antioxidant enzyme activities, plasma hormone levels and serum metabolites of finishing broiler chickens reared under high ambient temperature and fed lemon and orange peel extracts and *Curcuma xanthorrhiza* essential oil. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.99, n.1, p.150-162, 2014.
- AKIT, H.; COLLINS, C.L.; FAHRI, F.T. et al. Dietary lecithin improves dressing percentage and decreases chewiness in the longissimus muscle in finisher gilts. **Meat Science**, v.96, n.3, p.1147-1151, 2014.
- ALBUQUERQUE ROCHA, V.R.R.; JÚNIOR, W.M.D.; RABELLO, C.B.V. et al. Substituição total do milho por sorgo e óleo de abatedouro avícola em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.95-102, 2008.
- ALI, S.F.; CHAO, W.; XIAOLI, W. et al. Growth, serum biochemical indices, antioxidant status and meat quality of broiler chickens fed diet supplemented with sodium stearyl-2 lactylate. **Pakistan Veterinary Journal**, v.37, n.4, 2017.
- ALVES, M.G.M.; DE FREITAS ALBUQUERQUE, L.; BATISTA, A.S.M. Qualidade da carne de frangos de corte. **Essentia-Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA**, v.17, n.2, 2016.
- BARBOSA, K.B.F.; COSTA, N.M.B.; ALFENAS, R.D.C.G. et al. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, v.34, n.4, p.629-643, 2010.
- BONTEMPO, V.; COMI, M.; JIANG, X.R. et al. Evaluation of a synthetic emulsifier product supplementation on broiler chicks. **Animal Feed Science and Technology**, v.240, p.157–164, 2018.
- CHENG, Y.; CHEN, Y.; LI, J. et al. Dietary β -sitosterol regulates serum lipid level and improves immune function, antioxidant status, and intestinal morphology in broiler. **Poultry Science**, v.99, p.1400-1408, 2020.
- COTINGUIBA, G.G.; DO NASCIMENTO SILVA, J.R.; DE SÁ AZEVEDO, R.R. et al. Método de avaliação da defesa antioxidante: uma revisão de literatura. **Journal of Health Sciences**, v.15, n.3, p.231-237, 2013.
- DUTRA JR.; W.M.; ARIKI, J.; KRONKA, S.N. et al. Níveis de óleo de abatedouro avícola no desempenho e características da carcaça de frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.5, p.475-482, 1991.

- DIBNER, J.J.; KITCHELL, M.L.; ATWELL, C.A. et al. The effect of dietary ingredients and age on the microscopic structure of the gastrointestinal tract in poultry. **Journal Applied of Poultry Science**, v.5, n.3, p.70-77, 1996.
- GUERREIRO NETO, A.; PEZZATO, A.; SARTORI, J. et al. Emulsifier in broiler diets containing different fat sources. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.13, n.2, p.119-125, 2011.
- HALLIWELL, B. Biochemistry of oxidative stress. **Biochemical Society Transactions**, v.35, n.5, p.1147-1150, 2007.
- HARDER, M.N.C.; SPADA, F.P.; SAVINO, V.J.M. et al. Coloração de cortes cozidos de frangos alimentados com urucum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n2, p.507-509, 2010.
- HONIKEL, K.O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Journal Meat Science**, v.49, p.447-457, 1998.
- KIM, W.; SHINDE, P.; CHAE, B.J. Effect of lecithin with or without chitooligosaccharide on the growth performance, nutrient digestibility, blood metabolites and pork quality of finishing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.88, n.2, p.283-292, 2008.
- MIR, N.A.; RAFIQ, A.; KUMAR, F. et al. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v.54, n.10, p.2997-3009, 2017.
- MUDALAL, S.; LORENZI, M.; SOGLIA, F. et al. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. **Animal**, v.9, n.4, p.728-734, 2015.
- NAKAMURA, M.; KATOK, K. Influence of thawing method on several properties of rabbit meat. **Bulletin of Ishika Prefecture College of Agriculture**, v.11, p.45-49, 1985.
- OGBUAGU, N.E.; ALUWONG, T.; AYO, J.O. et al. Effect of fisetin and probiotic supplementation on erythrocyte osmotic fragility, malondialdehyde concentration and superoxide dismutase activity in broiler chickens exposed to heat stress. **Journal of Veterinary Medical Science**, v.80, n.12, p.1895-1900, 2018.
- OLIVO, R.; SOARES, A.L.; IDA, E.I. et al. Dietary vitamin e inhibits poultry PSE and improves pémeat functional properties. **Journal of Food Biochemistry**, v.25, n.4, p.271-283, 2001.
- ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de Alimentos: Alimentos de origem animal**. 1.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. Vol.2. 279p.
- PÉREZ-VENDRELL, A.M.; HERNANDEZ, J.M.; LLAURADO, L. et al. Influence of source and ratio of xanthophyll pigments on broiler chicken pigmentation and performance. **Poultry Science**, v.80, n.3, p.320-326, 2001.
- POTENÇA, A.; MURAKAMI, A.E.; MATSUSHITA, M. et al. Perfil lipídico e maciez da carne de coxa e sobrecoxa de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes fontes lipídicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1774-1783, 2010.

- RACANICCI, A.M.C.; MENTEN, J.F.M.; D'ARCE, M.A.B.R. et al. Efeito do uso de óleo de víceras de aves oxidado na ração de frangos de corte sobre o desempenho, a composição da carcaça e a estabilidade oxidativa da carne da sobrecoxa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.443-449, 2008.
- RAVINDRAN, V.; TANCHAROENRAT, P.; ZAEFARIAN, F. et al. Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilisation. **Animal Feed Science and Technology**, v.213, p.1–21, 2016.
- RODRIGUEZ-SANCHEZ, R.; TRES, A.; SALA, R. et al. Effects of dietary free fatty-acid content and saturation degree on lipid-class composition and fatty-acid digestibility along the gastrointestinal tract in broiler starter chickens. **Poultry Science**, v.98, n.10, p.4929-4941, 2019.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4a edição. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488p.
- ROVERS, M. Saving energy and feed costs with nutritional emulsifier. **International Poultry Production**, v.22, n.4, p.7-8, 2014.
- RUIZ, J.A.; GUERRERO, L.; ARNAU, J. et al. Descriptive sensory analysis of meat from broilers fed diets containing vitamin E or beta-carotene as antioxidants and different supplemental fats. **Poultry Science**, v.80, n.7 p.976-982, 2001.
- SANTOS, R.L.D.; BOTTEON, R.D.C.; BOTTEON, P.D.T.L. et al. Peroxidação lipídica em cabras com anemia e doença respiratória tratadas com ferro por via parenteral. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.34, n.11, p.1081-1084, 2014.
- SILVA, C.; CARRÃO-PANIZZI, M.C.; MANDARINO, J. et al. Avaliação de ácidos graxos da soja: grão inteiro, casca, cotilédones e hipocótilo. **Jornada Acadêmica da Embrapa Soja**, v.5, p.31-34, 2010.
- SIRRI, F.; TALLARICO, N.; MELUZZI, A. et al. Fatty acid composition and productive traits of broiler fed diets containing conjugated linoleic acid. **Poultry Science**, v.82, n.8, p.1356-1361, 2003.
- SIYAL, F.; BABAZADEH, D.; WANG, C. et al. Emulsifiers in the poultry industry. **World's Poultry Science Journal**, v.73, n.3, p.611-620, 2017.
- SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v.15, n.1, p.71-81, 2002.
- TASONIERO, G.; CULLERE, M.; CECCHINATO, M. et al. Technological quality, mineral profile, and sensory attributes of broiler chicken breasts affected by White Striping and Wooden Breast myopathies. **Poultry Science**, v.95, n.11, p.2707–2714, 2016.
- TAVÁREZ, M.A.; BOLER, D.D.; BESS, K.N. et al. Effect of antioxidant inclusion and oil quality on broiler performance, meat quality, and lipid oxidation. **Poultry Science**, v.90, n.4, p.922-930, 2011.

- UPADHAYA, S.D.; LEE, J.S.; JUNG, K.J. et al. Influence of emulsifier blends having different hydrophilic-lipophilic balance value on growth performance, nutrient digestibility, serum lipid profiles, and meat quality of broilers. **Poultry Science**, v.97, n.1, p.255-261, 2018.
- UPADHAYA, S.D.; PARK, J.W.; PARK, J.H. et al. Efficacy of 1,3-diacylglycerol as a fat emulsifier in low-density diet for broilers. **Poultry Science**, v.96, n.6, p.1672-1678, 2017.
- VON SCHAUMBURG, P.; UTTERBACK, P.; PARSONS, C.M. Further evaluation of a slope-ratio precision-fed rooster assay and a limit-fed broiler chicken growth assay for relative metabolizable energy and relative bioavailable energy values of fats and oils. **Poultry Science**, v.98, n.4, p.1723-1731, 2018.
- WANG, J.P.; ZHANG, Z.F.; YAN, L. et al. Effects of dietary supplementation of emulsifier and carbohydrase on the growth performance, serum cholesterol and breast meat fatty acid profile of broiler chickens. **Animal Science Journal**, v.87, n.2 p.250-256, 2016.
- YIN, J.; JIAO, Y.; KIM, Y. et al. Effects of reducing dietary energy (Tallow) in diets containing emulsifier blend on growth performance, nutrient digestibility, and blood profile in growing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.99, n.1, p.206-209, 2018.
- ZHAO, P.Y.; KIM, I.H. Effect of diets with different energy and lysophospholipids levels on performance, nutrient metabolism, and body composition in broilers. **Poultry Science**, v.96, n.5, p.1341-1347, 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa demonstram que a inclusão de emulsificante foi capaz de manter o desempenho animal até os 21 dias de idade, apesar da redução energética. No entanto, nas fases subsequentes, não conseguiu manter o desempenho. A SID aliada ao uso de emulsificante piora a digestibilidade dos nutrientes, afetando também a conversão alimentar dos animais. Apesar disso, as fontes lipídicas e o uso de emulsificante não exercem efeito sobre o rendimento de carcaça e cortes, o *status* oxidativo das células e a qualidade da carne.

Novos estudos acerca dos custos das dietas e diferentes fontes, como as de origem animal, devem ser realizados na busca de resultados expressivos sobre o desempenho produtivo e econômico, com fontes mais acessíveis economicamente. A avaliação da inclusão *on top* do emulsificante pode demonstrar o efeito benéfico da adição deste aditivo as dietas. Além disso, a investigação do perfil de ácidos graxos depositados e o *status* oxidante na carne seriam interessantes para avaliar possíveis alterações na qualidade do produto final.

Os resultados obtidos e aqueles oriundos de futuros estudos ajudarão a cadeia avícola, a qual busca soluções constantes quanto às questões ambientais (excreção de nutrientes no solo), de segurança alimentar e sustentabilidade.