



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**RENNAN RÔMULLO SILVA PINHEIRO**

**DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS E LIPÍDIOS ESTRUTURADOS OBTIDOS A  
PARTIR DO ÓLEO DE COCO E ÓLEO DE VÍSCERAS DE TILÁPIA EM DIETAS  
PARA LEITÕES NA FASE DE CRECHE**

**FORTALEZA**

**2019**

RENNAN RÔMULLO SILVA PINHEIRO

DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS E LIPÍDIOS ESTRUTURADOS OBTIDOS APARTIR  
DO ÓLEO DE COCO E ÓLEO DE VÍSCERAS DE TILÁPIA EM DIETAS PARA LEITÕES  
NA FASE DE CRECHE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição animal e forragicultura.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- P722d Pinheiro, Rennan Rômulo Silva.  
Diferentes fontes lipídicas e lipídios estruturados obtidos a partir do óleo de coco e óleo de vísceras de tilápia em dietas para leitões na fase de creche / Rennan Rômulo Silva Pinheiro. – 2019.  
53 f.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe.
1. Ácidos graxos de cadeia média. 2. Ácidos graxos essenciais. 3. Interesterificação lipídica. I. Título.  
CDD 636.08
-

RENNAN RÔMULLO SILVA PINHEIRO

DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS E LIPÍDIOS ESTRUTURADOS OBTIDOS A PARTIR  
DO ÓLEO DE COCO E ÓLEO DE VÍSCERAS DE TILÁPIA EM DIETAS PARALEITÕES  
NA FASE DE CRECHE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição animal e forragicultura

Aprovada em:  
29/11/2020.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Germano Augusto Jerônimo do Nascimento  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Lina Raquel Santos Araújo  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

A Deus.

Aos meus pais, Miguel Eriton Pinheiro e  
Helena Lima Silva Pinheiro

## AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Agradeço a Deus por ter me dado forças durante todos os experimentos para que eu não fraquejasse

Aos meus familiares, principalmente ao meu pai Miguel que estava comigo em todos os momentos inclusive me ajudando em manejos de fins de semana e feriados. A minha mãe Helena e minha Tia Francisca Erilucia que sempre me apoiaram e me deram conselhos para fortalecer minha jornada. A minha avó Zielda que me deu muito carinho e alegrias.

Aos colegas de graduação e pós-graduação do curso de zootecnia , em especial Ingrid Barbosa, Barbara Helena, Ana Carolina Paulino, Marina Rose, Nathalia Gurgel, Artur Bruno, Tayane Cristina, Rebeca Colares, Andreza Andrade, Samilly Alves, Gleyson Silveira, Gisa Herbester, Kamilla Sousa, Mayara Araújo, Ylana Galiza, Emilayne Vital, Fernando Camilo e Barbara Stefanny por estarem comigo, nos momentos tensos e no momentos de alegria A Dr. Lina Araújo que aceitou minha ajuda no seu experimento de doutorado e me ensinou muito com sua inteligência e humildade, e ainda por cima aceitou participar da banca de defesa.

Aos integrantes do grupo NES durante esses dois anos, que me ajudaram durante a condução dos experimentos Em especial ao João José, Lara Andrade, Rayssa Texeira, Marcelo Costa, Ster Veríssimo, Victor Viana, Luiza Medeiros, José Ramon, Joshua Costa, Mariane Costa e Lay Oliveira.

Aos colegas de fora da faculdade que estiveram ao meu lado e que me deram força para batalhar pelo meu sucesso, em especial Romulo de Oliveira, Amanda Costa, Caio Cardoso, Leandro Texeira e Juliana Annemberg.

Ao professor e orientador Pedro Watanabe por simplesmente tudo, pois foi a pessoa que me ajudou a crescer como pessoa e como profissional fazendo com que eu diminuísse minha timidez e colocasse mais minha atitude em debates e experimentos, abrindo portas e novos desafios para que eu me tornasse melhor a cada dia.

“ Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais certo de vencer é tentar mais uma vez.”

Thomas Edison

## RESUMO

Foram realizados cinco ensaios de metabolismo para determinar o conteúdo de energia metabolizável (EM) do óleo de soja, óleo de coco, óleo de tilápia e víscera, mistura física de óleo de coco e óleo de tilápia (3: 2, em kg: kg) e lipídio estruturado preparado a partir da interesterificação do óleo de vísceras de tilápia e do óleo de coco (3: 2, em kg: kg), e um ensaio para avaliar os efeitos da inclusão dessas fontes lipídicas na ração sobre o desempenho, digestibilidade das dietas, incidência de diarreia e morfometria intestinal de leitões na fase de creche. Em cada ensaio de digestibilidade, foram utilizados 15 leitões machos castrados aos 50 dias de idade. Os valores de EM foram de 8239, 8199, 8839, 8268 e 8523 kcal/ kg de MS para óleo de soja, óleo de coco, óleo de víscera de tilápia, mistura física e lipídio estruturado, respectivamente. No experimento de desempenho, 90 leitões desmamados aos 23 dias de idade, foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, com 5 tratamentos e 6 repetições, considerando a baia com três animais como unidade experimental. Leitões alimentados com dieta contendo lipídio estruturado apresentaram maior ganho de peso diário, número de células caliciformes do duodeno e área de absorção do jejuno ( $P < 0,05$ ). A interesterificação do lipídio melhora aspectos importantes na morfologia intestinal, influenciando positivamente o aproveitamento de nutrientes e conseqüentemente o desempenho dos leitões na fase de creche.

**Palavras-chave:** Ácidos graxos de cadeia média. Ácidos graxos essenciais. Interesterificação lipídica.

## ABSTRACT

Five metabolism assays were performed to determine the metabolizable energy content (ME) of soybean oil, coconut oil, tilapia viscera oil, physical mixture of coconut and tilapia viscera oils (3:2, in kg:kg) and structured lipid prepared from the interesterification of tilapia viscera and coconut oils (3:2, in kg:kg), an assay to evaluate the effects of including these lipid sources on feed on performance, digestibility of diets, diarrhea incidence and intestinal morphometry of piglets at nursery phase. In each digestibility assay, 15 castrated male piglets at 50 days of age were used. The ME values were 8239, 8199, 8839, 8268 and 8523 kcal/kg DM for the soybean oil, coconut oil, tilapia viscera oil, physical mixture and structured lipid, respectively. In the performance assays, 90 piglets weaned at 23 days of age were distributed in a randomized block design, with 5 treatments and 6 replicates, considering the pen with three animals as an experimental unit. Piglets fed diet containing structured lipid presented higher daily weight gain, number of goblet cells of the duodenum and absorptive area of the jejunum ( $P<0.05$ ). Lipid interesterification improves important aspects of intestinal morphology, positively influencing the use of nutrients and consequently the performance of piglets in the nursery phase.

**Keywords:** Essential fatty acids. Lipid interesterification. Medium chain fatty acids.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Composição em ácidos graxos de diferentes fontes de óleos .....	20
Tabela 2	– Composição percentual e nutricional da ração referência .....	25
Tabela 3	– Composição percentual e nutricional das rações experimentais para leitões na fase I (23 a 32 dias de idade) .....	28
Tabela 4	– Composição percentual e nutricional das rações experimentais para leitões na fase II (33 a 44 dias de idade).....	29
Tabela 5	– Composição percentual e nutricional das rações experimentais para leitões na fase III (45 a 65 dias de idade).....	30
Tabela 6	– Valores de energia bruta, digestível e metabolizável, coeficientes de digestibilidade da matéria seca, extrato etéreo e energia bruta das fontes lipídicas .....	34
Tabela 7	– Efeitos da inclusão de diferentes fontes lipídicas sobre o desempenho dos leitões na fase de creche.....	35
Tabela 8	– Coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, matéria mineral, extrato etéreo e energia bruta das rações utilizadas dos 45 aos 65 dias de vida dos leitões.....	37
Tabela 9	– Efeitos da inclusão de diferentes fontes lipídicas sobre a incidência de diarreia em leitões de 23 a 44 dias de idade.....	38
Tabela 10	– Efeitos da inclusão de diferentes fontes lipídicas sobre parâmetros sanguíneos em leitões no período de creche.....	41
Tabela 11	– Efeitos da inclusão de diferentes fontes lipídicas sobre parâmetros bioquímicos do sangue de leitões no período de creche.....	42
Tabela 12	– Efeitos da inclusão de diferentes fontes lipídicas sobre o pH do estômago, intestino delgado e intestino grosso sobre leitões aos 44 dias de idade .....	44
Tabela 13	– Efeitos da inclusão de diferentes fontes lipídicas sobre parâmetros morfométricos em leitões aos 44 dias de idade.....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AG	Ácidos graxos
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
dL	Decilitros
g	Gramas
kcal	Quilocaloria
kg	Quilograma
L	Litros
m	Massa
mcg	Micrograma
mg	Miligramas
ml	Mililitros
CFU	Unidade Formadora de Colónias
UFC	Universidade Federal do Ceará
UI	Unidades internacionais
$\mu$ L	Microlitros

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Fisiologia do trato gastrointestinal do leitão.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Nutrição e alimentação de leitões.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Uso de fontes lipídicas em rações para leitões .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.1</b>	<b><i>Fontes lipídicas e o perfil de ácidos graxos.....</i></b>	<b>19</b>
<b>2.3.2</b>	<b><i>Lipídios estruturados.....</i></b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E METÓDOS.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Instalações .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b>Interesterificação e mistura dos óleos de vísceras de tilápia e de coco.....</b>	<b>24</b>
<b>3.3</b>	<b>Experimento 1 - Avaliação nutricional e energética das fontes lipídicas.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4</b>	<b>Experimento 2 – Desempenho, parâmetros séricos e morfométricos.....</b>	<b>26</b>
<b>3.5</b>	<b>Análise estatística .....</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>Digestibilidade dos nutrientes e energia das fontes lipídicas.....</b>	<b>33</b>
<b>4.2</b>	<b>Parâmetros de desempenho.....</b>	<b>34</b>
<b>4.3</b>	<b>Digestibilidade dos nutrientes e energia das dietas .....</b>	<b>37</b>
<b>4.4</b>	<b>Incidência de diarreia .....</b>	<b>38</b>
<b>4.5</b>	<b>Parâmetros sanguíneos .....</b>	<b>39</b>
<b>4.6</b>	<b>pH do trato gastrointestinal .....</b>	<b>43</b>
<b>4.7</b>	<b>Morfometria intestinal.....</b>	<b>44</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>47</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na fase de creche, as mudanças decorrentes do manejo alimentar e nutricional, aliadas a outros fatores estressantes acarretam um baixo consumo de ração pelos leitões nas semanas iniciais após o desmame, resultando em uma queda no desempenho e um aumento na morbidade dos animais (KUMMER *et al.*, 2009).

Visando amenizar os efeitos da baixa ingestão de ração ao desmame, a densidade nutricional e energética das dietas pode ser aumentada visando atender à exigência nutricional dos leitões (MAHAN, 1991; TRINDADE NETO *et al.*, 2010). Para isso, ingredientes com elevado teor energético, como óleos e gorduras, são comumente empregados em dietas para leitões. No entanto, há de se considerar a baixa secreção pancreática dos leitões nessa fase e a reduzida atividade da lipase, resultando em baixo aproveitamento dos ácidos graxos e obtenção de energia a partir dos mesmos, acarretando em desequilíbrio na microflora microbiana e na saúde intestinal e causando uma maior incidência de diarreia pós-desmame (SILVA JUNIOR, 2009; STRAARUP *et al.*, 2006).

Além disso, as limitações à digestão e absorção lipídica pelos leitões estão relacionadas a composição e posição interespecífica dos ácidos graxos no triacilglicerol e resultam em problemas entéricos. De acordo com Pimenta *et al.* (2003), os leitões não aproveitam eficientemente os ácidos graxos saturados e insaturados de cadeia longa por não haver emulsificação e hidrolisação destes no trato digestório. Por outro lado, ácidos graxos de cadeia média são mais solúveis em água e não requerem a formação de micelas para digestão e absorção (BARRIER-GUILLOT *et al.*, 1996), porém apresentam toxicidade em altas concentrações e podem induzir a acidose metabólica (ULRICH *et al.*, 1996).

Nesse sentido, existe a possibilidade de rearranjo dos ácidos graxos na molécula de glicerol a partir de duas ou mais fontes lipídicas, resultando na formação de um lipídio estruturado. Dentre as vantagens do uso de lipídios estruturados, destacam-se a incorporação de ácidos graxos específicos que possuem maior aproveitamento pelos animais ou até mesmo ácidos graxos essenciais, visando o atendimento para a síntese e atividades metabólicas (FARFÁN *et al.*, 2013).

Desta forma, especificamente para animais cuja digestão e absorção lipídica são reduzidas, como em leitões recém-desmamados, os lipídios podem ser modificados de modo a potencializar o aproveitamento destes pelos animais, seja para fornecimento energético, bem como atuando na resposta imune do animal (D'AGOSTINI; GIOIELLI, 2002).

Observa-se que as pesquisas com fontes lipídicas e lipídios estruturados para leitões são escassas, havendo a necessidade de estudos a respeito das fontes, perfil e distribuição interespecífica dos ácidos graxos que potencializemo aproveitamento energético a partir de óleos e gorduras, bem como avaliar à ação de ácidos graxos essenciais na resposta imune e no desenvolvimento de leitões na fase de creche. Diante do exposto, foram realizados cinco ensaios de metabolismo, com o objetivo de determinar a energia metabolizável do óleo de soja, óleo de coco, óleo de vísceras de tilápia, mistura física de óleo de vísceras de tilápia e óleo de coco (em relação 3:2, em kg:kg) e lipídio estruturado obtido a partir do óleo de vísceras de tilápia e óleo de coco (em relação 3:2, em kg:kg) para leitões na fase de creche, e um sexto ensaio para avaliar os efeitos da utilização dessas fontes lipídicas na fase de creche sobre o desempenho, digestibilidade das dietas, incidência de diarreias, pH dos conteúdos do estômago, intestino delgado e ceco, morfometria do intestino delgado e parâmetros sanguíneos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Fisiologia do trato gastrointestinal do leitão

Os leitões no período de amamentação recebem leite materno que é rico em gorduras, lactose e caseína, sendo também de fácil digestibilidade, o que permite um desenvolvimento da morfologia intestinal com vilosidades longas e criptas com baixa profundidade no intestino delgado, auxiliando assim no desenvolvimento do animal (ROPPA, 1998). Isto ocorre porque a descamação das células durante esse período de aleitamento é baixa e a taxa de multiplicação da cripta é suficiente para substituir as células das vilosidades na mesma velocidade em que elas se descamam (ALLEE; TOUCHETTE, 1999).

Entretanto, nas duas primeiras semanas pós desmame, as mudanças decorrentes do manejo alimentar e nutricional aliadas a outros fatores estressantes, como mudança de ambiente e na hierarquia, acarretam alterações funcionais e estruturais no intestino delgado que compreendem a diminuição na altura dos vilos, do número de enterócitos maduros, redução da atividade específica de enzimas digestivas e absorptiva dos leitões, e aumento na profundidade de cripta (WU *et al.*, 2004), reduzindo assim a capacidade de digerir e absorver nutrientes da dieta em um momento importante, onde o leitão apresenta um elevado potencial para desenvolvimento. Essas modificações na estrutura morfológica do intestino são afetadas diretamente pela qualidade dos alimentos da dieta, pela intolerância aos antígenos presentes nos ingredientes e pela quantidade de ração consumida (LEE *et al.*, 2000; MAVROMICHALIS *et al.*, 2001).

Assim, os resíduos não digeridos podem provocar alterações na microbiota intestinal, resultando em uma diminuição da população de bactérias benéficas e aumento nas patogênicas, gerando metabólitos tóxicos ao hospedeiro, causando inflamações na mucosa intestinal (AQUINO, 2012; SILVA; NORBERG, 2003), tornando assim o ambiente mais propício para o aparecimento de enfermidades como e resultando em menor desenvolvimento do animal, com consequentes efeitos negativos sobre a taxa de crescimento nas fases subsequentes.

Devido à complexidade fisiológica dos leitões no período pós desmame, a alimentação nessa fase de creche torna-se um grande desafio, por isso pesquisas são realizadas na área da nutrição animal com objetivo de encontrar ingredientes digestíveis para maximizar o potencial genético desses animais.

## 2.2 Nutrição e alimentação de leitões

A ração, nas diferentes fases de crescimento do suíno, pode conter inúmeros ingredientes, o que possibilita manipular a dieta de maneira que os nutrientes possam atender as exigências nutricionais dos animais. Isso se torna desafiador principalmente na fase de creche, uma vez que os leitões, nessa etapa, são retirados de suas mães e em menos de 24 horas recebem dietas sob diferentes formas que geram mudanças na biota, que associada ao estresse da mudança de ambiente, a novos parâmetros de hierarquia e diferenciação da pressão de infecção, acarreta uma queda da resposta imune e uma exposição ao trato gastrointestinal, ainda em desenvolvimento, que resulta em um impacto negativo sobre o desempenho dos animais (AFONSO *et al.*, 2013; KOKETSU; DIAL, 1998).

Diante disso, a nutrição nessa fase de creche tem como principal objetivo maximizar o desempenho dos leitões, uma vez que consumo de ração é limitado logo após o desmame. Assim, para estimular o consumo de ração é comum a adoção de dietas complexas, devido à inclusão de inúmeros ingredientes para compô-la, como também pela qualidade das matérias-primas, pelo processamento e manuseio na fábrica de ração, o que possibilita minimizar o baixo desempenho nesse período. Um melhor consumo nessa fase proporciona melhor ganho diário de peso e revela a vantagem de interferir positivamente na fase de crescimento e terminação, podendo reduzir em até quatro dias a idade no peso de abate desses animais (AQUINO, 2012; DRITZ *et al.*, 1996).

Portanto, em razão das mudanças bruscas que os leitões são submetidos após o desmame, as limitações e progressos no desenvolvimento do sistema digestório devem ser considerados na formulação da dieta, aliado ao uso de ingredientes altamente digestíveis e com boa qualidade, sendo essa escolha de alimentos tão importante quanto a definição adequada dos níveis nutricionais em proteína, lisina e energia digestível (KUMMER *et al.*, 2009). Assim, para se obter máximo desempenho na fase de creche e, conseqüentemente, ao longo da vida do suíno, é necessária a adoção de um programa efetivo de alimentação com dietas contendo ingredientes de maior digestibilidade. O consumo de um leitão nessa fase representa apenas 2,6% do total de ração no abate, mas o desempenho nessa fase de creche pode influenciar em até 30% o ganho de peso dos animais até o abate (COLE; VARLEY, 2000).

Para Silva (2010), o consumo alimentar é influenciado por fatores ligados a dieta, como a densidade energética, o desbalanceamento de nutrientes, antibióticos e substâncias

antinutricionais, os flavorizantes e palatibilizantes, as formas de processamento dos ingredientes e quantidade de água. Em geral, os ingredientes mais palatáveis para suínos são aqueles derivados de proteína animal, livre de fatores antinutricionais e com alta digestibilidade de energia e proteína, que, no entanto, apresentam um maior custo para a propriedade.

Deve-se ressaltar que a fase de creche é apenas transitória, curta e com custo relativamente baixo no que se refere à alimentação, quando comparada ao período total de vida de um suíno. Por isso, a utilização de rações complexas pode ser uma estratégia importante para visar ao consumo e maximizar o potencial genético dos leitões na creche, melhorando os índices zootécnicos da propriedade.

Nesse sentido, a inclusão de fontes lipídicas como óleos e gorduras para aumentar a densidade energética da dieta para leitões tem sido uma estratégia para compensar o baixo consumo de ração após o desmame e atender as necessidades elevadas de energia dos suínos modernos (SILVA JUNIOR, 2009).

### **2.3 Uso de fontes lipídicas em rações para leitões**

A mais ampla definição para lipídios é que são substâncias encontradas nos organismos vivos, insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos, formados por ésteres de ácidos graxos de alto peso molecular que ocupam as posições sn-1, sn-2 e sn-3 da cadeia do glicerol, formando os triglicerídeos, sendo estes classificados como simples quando as três posições do glicerol são ocupadas pelo mesmo ácido graxo, como a tripalmitina, triestearina e trioleína. Entretanto, a maioria dos triacilgliceróis, apresentam ácidos graxos mistos que contêm dois ou mais ácidos graxos diferentes (KERR *et al.*, 2015; SILVA, 2014).

Os ácidos graxos são divididos em três tipos de cadeias: curta, média e longa. A primeira está representada pelos ácidos butanoico (C4) e ácido hexanóico (C6), a segunda pelos ácidos que possuem entre 7 e 12 carbonos, e a última é representada pelos ácidos graxos que possuem de 13 a 18 carbonos, tendo como principal representante o ácido linoléico que possui 18 átomos de carbono e duas duplas ligações, sendo uma no carbono nove e a outra no carbono 12, pertencente à família ômega- 6 (SOUZA, 2017).

Sendo assim, os óleos e gorduras são as fontes lipídicas mais utilizadas na formulação de rações animais, que se diferenciam pelo tamanho da cadeia carbônica e/ou grau de saturação, influenciando diretamente no estado físico em temperatura ambiente e ponto de fusão de modo que os óleos se apresentam líquidos e as gorduras se apresentam sólidas em

temperatura ambiente (PUPA, 2004). Quanto maior o grau de insaturação e/ou menor o tamanho da cadeia carbônica, menor é o ponto de fusão e, conseqüentemente, mais líquido é o lipídio (PETTIGREW; MOSER, 1991).

Por isso, o uso de gorduras e óleos na alimentação de leitões tem sido bastante pesquisado desde a década de 90 (CERA *et al.*, 1990; HOWARD *et al.*, 1990; JONES *et al.*, 1992), visando melhorar o desempenho dos mesmos ao desmame, uma vez que contribuem, em média, com 2,25 vezes mais energia por grama que carboidratos ou proteínas, pois o carbono e o hidrogênio nesta molécula estão em um estado mais reduzido e, portanto, possuem maior potencial de oxidação e produção de energia. Além de fonte energética, os ácidos graxos presentes nos lipídios podem ser constituintes das membranas das células e organelas (fosfolipídios), produção de hormônios esteroides e prostaglandinas (PETTIGREW; MOSER, 1991). Entretanto, os resultados a utilização de fontes lipídicas em rações para leitões no período pós-desmame têm se mostrado inconsistentes e, normalmente, não melhoram o desempenho, principalmente durante as primeiras semanas pós-desmame.

Dentre as fontes, os óleos vegetais são os mais utilizados nas rações de leitões, por terem maior proporção de ácidos graxos insaturados e apresentarem maior digestibilidade aparente em relação às fontes de gordura animal (CERA *et al.*, 1989). Entretanto, o leitão recém-desmamado apresenta reduzida produção, secreção e atividade da lipase e embora a inclusão de fontes lipídicas na ração possa favorecer o processamento de peletização, pode por outro lado resultar em maior predisposição a disfunções entéricas pelo menor digestibilidade de óleos e gorduras.

No entanto, como os níveis de enzimas digestivas no organismo do leitão são influenciados pela idade e pelo tipo de alimento, o aumento de lipídios na dieta é acompanhado de incremento em lipase (CORRING *et al.*, 1978) e dessa forma, a inclusão de óleo ou gordura em rações pós-desmame é importante para estimular a ação enzimática pelo pâncreas.

Além disso, a capacidade dos leitões em digerir óleos e gorduras é influenciada principalmente pelo perfil de ácidos graxos, relação ácidos graxos saturados e insaturados, e conteúdo de ácidos graxos livres presentes na fonte lipídica (POWLES *et al.*, 1995).

De forma geral, o óleo de soja, em função do menor custo e disponibilidade, é atualmente a fonte lipídica mais utilizada em dietas para leitões, apresentando predominantemente ácidos graxos insaturados de cadeia longa. Howard *et al.* (1990) e Pimenta *et al.* (2003) observaram efeito positivo da inclusão de óleo de soja em dietas para leitões na fase de creche. Outras fontes lipídicas como o óleo de coco, óleo de canola e óleo

de peixe também foram avaliadas, sendo observado aumento na taxa de crescimento e melhora na conversão alimentar (CERA *et al.*, 1989; LIU *et al.*, 2003).

No entanto, as divergências com outros estudos onde não foram observados efeitos semelhantes (MOREIRA; MAHAN, 2002) podem ser resultado de fatores como idade de desmame, o estágio pós-desmame, o nível de inclusão e as interações entre as diferentes fontes de triacilgliceróis adicionados às dietas, e principalmente a composição e perfil de ácidos graxos da fonte lipídica (MOUNTZOURIS *et al.*, 1999).

### **2.3.1 Fontes lipídicas e o perfil de ácidos graxos**

A qualidade das fontes lipídicas pode sofrer a ação de vários fatores que reduzem seu valor energético. Devido a existência desses fatores, é importante controlar a qualidade dessas gorduras utilizadas na nutrição de suínos, sendo para isso necessária a averiguação de alguns pontos importantes em relação a composição e qualidade dessas fontes lipídicas, como a acidez, umidade, impurezas e teores de insaponificáveis (VERUSSA, 2015).

Além disso, a composição de ácidos graxos das fontes lipídicas é um importante fator a ser considerado sobre a digestibilidade e absorção pelo leitão. No leite de porcas, o ácido palmítico (C16:0) representa em aproximadamente 30% e o ácido oleico em 40% do total de ácidos graxos presentes, sendo esta composição um fator importante a se considerar na absorção de fontes lipídicas.

De forma geral, o óleo de soja, em função do menor custo e disponibilidade, é atualmente a fonte lipídica mais utilizada em dietas para leitões, apresentando predominantemente ácidos graxos insaturados de cadeia longa. HOWARD *et al.* (1990) e PIMENTA *et al.* (2003) observaram efeito positivo da inclusão de óleo de soja em dietas para leitões na fase de creche.

No entanto, o óleo de coco tem sido avaliado em função da predominância de ácidos graxos de cadeia média, resultando em maior taxa de absorção, uma vez que são hidrolisados pela lipase pancreática e não necessitam da assistência de uma micela para a sua absorção pela mucosa intestinal. Além disso, não são reesterificados a triacilgliceróis dentro do enterócito, portanto não fazem parte da formação dos quilomícrons, sendo liberados direto na circulação portal, onde são transportados pela albumina sérica até o fígado. São preferencialmente utilizados para síntese de corpos cetônicos, o que resulta em melhor aproveitamento energético (CHAMPE; HARVEY, 1996; LEPINE *et al.*, 1989).

Em estudo realizado por Dove (1993), ao avaliar a inclusão de óleo de coco, óleo de soja e gordura animal em dietas para leitões desmamados aos 21 dias, observou-se que a adição de óleo de coco aumentou o ganho de peso dos animais nas duas primeiras semanas pós-desmame, comparado às outras fontes, em virtude do maior teor de ácidos graxos de cadeia média, sendo mais facilmente aproveitados pelo animal devido a maior velocidade de absorção. Já Jin *et al.* (1998) afirmaram que o óleo de coco na ração foi mais efetivo em melhorar o crescimento de leitões durante as duas semanas após o desmame, quando comparado aos óleos de milho e farelo de soja. Corroborando com estes autores, Pimenta *et al.* (2003) observaram que a inclusão de níveis crescentes até 8% de óleo de coco na ração resultou em mesmo desempenho de leitões na fase de creche, comparados àqueles alimentados com óleo de soja.

Até o presente momento não há estudos a respeito do uso de óleo de víscera de tilápia em rações para leitões, porém observa-se sua potencialidade em virtude do perfil de ácidos graxos, com predominância para os essenciais (Tabela 1). O óleo de vísceras de tilápia é tido como matéria residual do processamento das indústrias de beneficiamento deste pescado, apresentando aproximadamente 97,55% de ácidos graxos insaturados, 4,43% de ácido linoleico e 5,87% de linolênico (LEMOS, 2015). Dessa forma, além da possibilidade de uso em função de sua composição lipídica, o aproveitamento do óleo de vísceras de tilápia na alimentação de suínos também diminui o impacto ambiental pelo aproveitamento do resíduo gerado.

Tabela 1. Perfil de ácidos graxos de diferentes óleos.

	% de ácidos graxos		
	Óleo de Soja	Óleo de coco	Óleo de vísceras de tilápia
Ácido cáprico C10:0	-	14,10	-
Ácido láurico C12:0	0,01	44,60	-
Ácido mirístico C14:0	0,10	16,80	0,38
Ácido palmítico C16:0	11,49	8,20	0,86
Ácido esteárico C18:0	4,33	2,80	0,50
Ácido oléico C18:1	23,67	5,80	73,53
Ácido linoléico C18:2	52,80	1,80	4,43
Ácido linolênico C18:3	5,77	-	5,87
<b>Total de AG saturados</b>	<b>17,34</b>	<b>91,90</b>	<b>2,45</b>
<b>Total de AG insaturados</b>	<b>82,65</b>	<b>8,10</b>	<b>97,55</b>

Fonte: adaptado NRC, 1998; SU *et al.*, 2015; LEMOS, 2015.

Além de fornecer energia, as fontes lipídicas podem modular as funções imunes dependendo da sua composição, uma vez que os ácidos graxos essenciais possuem papel direto na imunologia por servirem de substrato e co-fatores enzimáticos para multiplicação celular durante a resposta imune como fagócitos e linfócitos, e para a síntese de moléculas efetoras como anticorpos e lisozimas (RIBEIRO *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2015).

Nesse sentido, a imunomodulação lipídica é influenciada principalmente por níveis de ácidos graxos linoleico (18:2n-6) e linolênico (18:3n-3), que são considerados essenciais em virtude da demanda e impossibilidade de síntese pelo animal, sendo então obtidos pelos alimentos são necessárias em virtude do fornecimento de ácidos graxos essenciais.

O metabolismo destes dois ácidos graxos é competitivo, pois sua alongação ou desnaturação são dependentes de um mesmo conjunto de enzimas, embora essas enzimas tenham mais afinidade pelos ácidos graxos da família n-3 e a conversão do linolênico em ácidos graxos poli-insaturados é fortemente influenciada pelos níveis de ácido linoleico na dieta (SANTOS *et al.*, 2015). O ácido graxo linoléico (ômega 6) é o principal precursor do ácido araquidônico, que consiste em maior precursor de eicosanoides responsáveis por desencadear processos inflamatórios e pró-agregatórios, enquanto que o ácido linolênico (ômega 3) é o precursor do eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenóico (DHA), que estão envolvidos na formação de eicosanoides de ação anti-inflamatória e antiagregatória (SINN *et al.*, 2012).

Diante disso, de acordo com Innis e Dyer (1999), dietas com elevado teor de ácidos graxos essenciais são associadas a um menor risco de morbidade e mortalidade em animais susceptíveis a doenças entéricas, como é o caso de leitões recém-desmamados, além de efeito favorável sobre os lipídios plasmáticos e plaquetas. Enquanto López-Pedrosa *et al.* (1999) observaram que a administração de ácidos graxos poli-insaturados para leitões que sofreram restrição alimentar melhorou a recuperação das lesões histopatológicas do intestino delgado. Avaliando o uso de óleo de peixe em rações para leitões desmamados, Liu *et al.* (2003) afirmaram que esta fonte lipídica alterou a resposta inflamatória das citocinas, resultando em melhor desempenho dos animais durante um desafio imunitário.

Em relação à composição em ácidos graxos, os leitões desmamados utilizam mais eficientemente os ácidos graxos insaturados do que os saturados (LI *et al.*, 1990). Além disso, de acordo com Powles *et al.* (1995) o aumento na relação entre ácidos graxos insaturados e saturados aumenta a digestibilidade dos lipídios, enquanto o aumento no conteúdo de ácidos

graxos livres reduz a digestibilidade dos lipídios pelos suínos.

Há indicações de que existe uma proporção ideal de ácidos graxos para ótima eficiência digestiva e desempenho zootécnico de leitões (LI *et al.*, 1990), em virtude da melhora na digestibilidade dos lipídios da dieta e o maior crescimento de leitões na fase de creche alimentados com uma combinação de diferentes fontes lipídicas, buscando assemelhar o perfil de ácidos graxos da mistura ao do leite da porca (MOUNTZOURIS *et al.*, 2002). Assim, a formação dos lipídios estruturados visa à incorporação de ácidos graxos desejáveis a partir de duas ou mais fontes lipídicas, de modo a atender a produção energética e/ou manutenção de processos imuno-fisiológicos.

### 2.3.2 Lipídios estruturados

Lipídios estruturados são normalmente misturas de triacilgliceróis modificados para apresentar composição particular em ácidos graxos ou triacilgliceróis, a fim de obter alguma propriedade desejável, como a incorporação de ácidos graxos essenciais. Assim, os lipídios estruturados são considerados como ingrediente funcional ou nutracêutico, visto que podem propiciar o meio mais efetivo de fornecer ácidos graxos desejados para fins nutritivos e terapêuticos, visando condições metabólicas anormais (D'AGOSTINI, 2001).

Os lipídios estruturados podem ser produzidos a partir de triacilgliceróis de cadeias curta, média ou longa, de gorduras vegetais ou animais. Dependendo do tipo de substrato disponível, podem ser usados os métodos de esterificação direta, acidólise e interesterificação química, sendo esta última de menor custo, considerando as modificações pós-produção da mistura obtida (WILLIS; MARANGONI, 1999).

A interesterificação é um método de modificação da estrutura glicérica dos lipídios por meio da quebra de um triacilglicerol específico com remoção de um ácido graxo, embaralhamento deste com o restante dos ácidos graxos e sua substituição por outro ácido graxo, até a obtenção do equilíbrio. A redistribuição ou rearranjo dos ácidos graxos pode ocorrer intra ou intermoléculas de triacilgliceróis, sem alterar sua composição química. Ao contrário do que ocorre na hidrogenação, a interesterificação não promove a isomerização dos ácidos graxos de *cis* para *trans*, visto que os ácidos graxos não são modificados, mas sim redistribuídos nas ligações éster do glicerol, criando novas estruturas (D'AGOSTINI, 2001).

Dentre os processos de obtenção de um lipídio estruturado, destaca-se a interesterificação química, a partir do uso de catalisadores composto de metais alcalinos e

alquilatos de metais alcalinos, como o metóxido de sódio, sendo o uso deste vantajoso por ser de fácil manuseio e de baixo custo, podendo ser removido após a reação por lavagem com água.

A interesterificação química tem o potencial de ser aplicada para o melhoramento nutricional de óleos e gorduras, principalmente no sentido de aumentar a proporção de ácidos graxos específicos nas posições da cadeia do glicerol, a fim de melhorar sua biodisponibilidade (WILLIS; MARANGONI, 1999). Assim, o propósito de interesterificar os triacilgliceróis de cadeia média, presentes no óleo de coco, com os de cadeia longa do óleo de vísceras de tilápia deve-se ao fato de que os de cadeia média por si só não constituem um aporte lipídico suficiente e equilibrado, uma vez que lhes faltam os ácidos graxos essenciais. Além disso, os triacilgliceróis de cadeia média apresentam desvantagens que estão associadas ao seu consumo, e que consistem na toxicidade em altas concentrações e no seu potencial em induzir acidólise metabólica (ULRICH *et al.*, 1996). Assim, incorporá-los aos triacilgliceróis de cadeia longa que contenha ácidos graxos essenciais atende os requisitos necessários para a produção de lipídios estruturados com propriedades funcionais, além de evitar os problemas causados pelo uso isolado dos triacilgliceróis de cadeia média.

A distribuição interespecífica dos ácidos graxos nas moléculas de glicerol, bem como a saturação e o comprimento da cadeia são aspectos importantes tanto para as propriedades metabólicas quanto para as propriedades físicas dos lipídios estruturados. Como a simples mistura física resulta na retenção das velocidades de absorção original dos triacilgliceróis individuais, a composição estrutural diferente dos lipídios estruturados pode levar a velocidades de hidrólise e absorção diferentes (HAUMANN, 1997; LEE; AKOH, 1998).

Sob o ponto de vista nutricional, a incorporação de ácidos graxos de cadeia média nas posições sn-1 e sn-3 e um ácido graxo de cadeia longa na posição sn-2 pode ser benéfico devido à baixa atividade da lipase pancreática sob essa posição no glicerol. Assim, a posição sn-2 é a que o ácido graxo está mais biodisponível devido a ação das lipases, sendo mais facilmente absorvido como 2-monoacilglicerol (CARNIELLI *et al.*, 1995). Desta forma, lipídios estruturados com esta composição são mais completos e nutricionalmente benéficos como alimento, sendo bem tolerados e mais facilmente metabolizados que os triacilgliceróis de cadeia longa quando incorporados às emulsões lipídicas, uma vez que podem fornecer ácidos graxos de cadeia média como fonte de energia de metabolismo rápido e ácidos graxos essenciais (SANDSTROM *et al.*, 1993). Nesse sentido, considerando a mudança da dieta dos leitões a partir do desmame, a elaboração de lipídios estruturados pode visar a formação de

compostos cuja quantidade de ácidos graxos presentes na posição sn-2 seja similar ao encontrado no leite das porcas, em virtude do perfil e da posição interespecífica do ácido graxo no glicerol.

### **3 MATERIAL E METÓDOS**

#### **3.1 Instalações**

O presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Ceará e realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Projeto Universal 446510/2014-9)

Foram realizados dois experimentos no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da UFC. Em ambos, os animais foram alojados em galpão construído em alvenaria, com pé-direito de 3,0m e equipado com cortinas nas laterais para o controle da ventilação interna.

#### **3.2 Interesterificação e mistura dos óleos de vísceras de tilápia e de coco**

Previamente, foram preparadas a mistura física e o lipídio estruturado, ambos a partir do óleo de vísceras de tilápia e óleo de coco. A mistura física entre os óleos de vísceras de tilápia e de coco foi preparada na relação 3:2 (em kg:kg). Para interesterificação química com propósito de produzir lipídio estruturado foram misturados 270 g de óleo de vísceras de tilápia e 180 g de óleo de coco (relação 3:2, em kg:kg), que foram aquecidas em rotoevaporador a 60-65°C por 20 minutos. Logo após, a mistura foi aquecida em um rotoevaporador rotativo por 60 minutos em um balão de 1000 ml, a uma temperatura entre 90 a 95°C para remoção de umidade residual. Após esse período, o sistema foi resfriado a 60°C e depois adicionado o catalisador metóxido de sódio na proporção de 0,75% (m/m), sendo esse catalisador previamente diluído em uma amostra da mistura. A reação de interesterificação foi realizada sob agitação constante a 65-70°C em rotoevaporador por 60 minutos. Para interromper a reação foi adicionado 10 ml de água destilada para inativar o catalisador, mantendo a agitação por mais três minutos. Logo após os produtos foram filtrados a quente utilizando papel filtro (SILVA; GIOIELLI, 2006).

### 3.3 Experimento 1 - Avaliação nutricional e energética das fontes lipídicas

O experimento 1 foi constituído de 5 ensaios de metabolismo para avaliação de 5 diferentes fontes lipídicas (óleo de soja, óleo de coco, óleo de vísceras de tilápia, mistura física de óleo de vísceras de tilápia e óleo de coco e lipídio estruturado obtido a partir do óleo de vísceras de tilápia e óleo de coco). Em cada ensaio foram utilizados 15 leitões machos castrados de mesma linhagem comercial (Topigs Norsvin), com 50 dias de idade, alojados em gaiolas para estudos metabólicos, distribuídos entre 3 tratamentos, com 5 repetições de um animal.

Os tratamentos consistiram em:

- Ração referência (Tabela 2), composta principalmente por milho, farelo de soja e núcleo comercial de acordo com as exigências nutricionais e energéticas para leitões machos castrados (ROSTAGNO *et al.*, 2017);
- Ração teste 1, composta por 95% de ração referência e 5% da fonte lipídica;
- Ração teste 2, composta por 90% de ração referência e 10% da fonte lipídica.

Tabela 2 – Composição percentual e nutricional da ração referência.

<i>Ingredientes</i>	<i>Quantidade</i> %
Milho grão	61,85
Farelo de soja	23,20
Núcleo <sup>1</sup>	14,00
Calcário calcítico	0,95
Total	100,00
Composição nutricional e energética	
Energia metabolizável (kcal/kg)	3250
Proteína bruta (%)	18,06
Fósforo disponível (%)	0,39
Cálcio (%)	0,79
Lisina digestível (%)	1,12
Metionina + cisteína digestível (%)	0,64

<sup>1</sup> Núcleo DSM – quantidade por kg do produto: 16.050 mg de cálcio, 11.000 mg de fósforo, 7.050 mg de sódio, 0,77 mg de cobalto, 557,50 mg de cobre, 0,75 mg de cromo, 391,05 mg de ferro, 5 mg de iodo, 172,50 mg de manganês, 1,38 mg selênio, 11.230 mg de zinco, 75.000 UI de vitamina A, 19.500 UI de vitamina D3, 500 UI de vitamina E, 25 mg de vitamina K3, 20 mg de vitamina B1, 50 mg de vitamina B2, 30 mg de vitamina B6, 250 mg de vitamina B12, 22,50 mg de ácido fólico, 300 mg de ácido nicotínico, 150 mg pantotênico, 2,5 mg de biotina, 13.760 mg de lisina, 4.219 mg metionina, 4.877 mg de treonina, 761 mg de triptofano, 2.689 mg de valina, 10000 FYT de fitase, 500 KNU de  $\alpha$ -amilase, 925 FBG de endo 1,3 (4)  $\beta$ -glucanase, 1000 FXU Endo 1,4  $\beta$ -xilanase, 93.750 PROT de protease, 3,50 x 10<sup>9</sup> CFU de *Enterococcus faecium*, 1300 g de betaglucanos, 700g Mananoligossacarídeos e 110 mg de flúor.

Em todos os ensaios, o período experimental foi de 12 dias, com sete dias de adaptação à dieta e às gaiolas, posteriormente cinco dias de coleta. Para determinar o início e o final do período de coleta foi adicionado às rações 1% de óxido férrico como marcador. O consumo diário no período de coleta foi estabelecido de acordo com o peso metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$ ), de acordo com Sakomura e Rostagno (2016), sendo a ração umedecida, na proporção 1:1 (kg/kg), para facilitar a ingestão e evitar perdas. As fezes foram coletadas e pesadas duas vezes ao dia após o período de regularização do fluxo. O total fezes excretada de cada animal foi acondicionado em saco plástico, identificado e armazenado em freezer ( $-10^{\circ}\text{C}$ ). Durante o período de coleta, a urina foi coletada em baldes plásticos contendo 20 ml de solução de HCl (2N), para evitar perdas de nitrogênio e proliferação de bactérias. O volume diário excretado foi mensurado, homogeneizado, e uma amostra de 20% foi retirada e armazenada em geladeira ( $3^{\circ}\text{C}$ ). Após o período de coleta, as amostras de fezes foram descongeladas, homogeneizadas e colocadas em estufa de ventilação forçada ( $55^{\circ}\text{C}$ ) por um período de 72 horas para posterior análises de matéria seca (MS), extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB), de acordo com AOAC (1990). As amostras de urina foram homogeneizadas e secadas em estufa de  $55^{\circ}\text{C}$  para posterior determinação de energia bruta em bomba calorimétrica do modelo IKA C200.

A partir das análises, foram obtidos os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, extrato etéreo e energia, e de metabolizabilidade da energia das rações, determinando-se as energia digestível e energia metabolizável do óleo de coco, óleo de vísceras de tilápia, mistura física de óleo de coco e óleo de vísceras de tilápia (3:2) e lipídio estruturado obtido a partir do óleo de vísceras de tilápia e óleo de coco (3:2), de acordo com Matterson *et al.* (1965), considerando a média dos dois níveis de inclusão da fonte lipídica na ração teste.

Os valores de energia metabolizável (EM) das diferentes fontes lipídicas foram submetidos à análise de regressão para a estimativa do valor energético, considerando-se os consumos de EM, em função do consumo de óleo das unidades experimentais sob a restrição do intercepto igual a zero (NETER; WASSERMAN, 1974).

### **3.4 Experimento 2 – Desempenho, parâmetros séricos e morfométricos**

No experimento 2, foram utilizados 90 leitões desmamados aos 23 dias de idade em média, de mesma linhagem comercial (Topigs Norsvin), distribuídos entre 5 tratamentos em um delineamento em blocos ao acaso, com 6 repetições por tratamento, considerando a

baia contendo 3 animais como unidade experimental. Os animais receberam ração e água à vontade durante os 42 dias do período experimental. Para a formação dos blocos foi considerado o peso inicial dos animais, considerando o peso médio de  $6,06 \pm 0,49$  para o bloco de leves e  $7,6 \pm 0,53$  para o bloco de animais pesados. Os tratamentos consistiram em:

OS - Ração contendo óleo de soja como fonte lipídica; OC - Ração contendo óleo de coco como fonte lipídica;

OVT - Ração contendo óleo de vísceras de tilápia como fonte lipídica;

MF - Ração contendo e mistura física de óleo de vísceras de tilápia e óleo de coco (relação 3:2, em kg:kg);

LE - Ração contendo lipídio estruturado obtido a partir do óleo de vísceras de tilápia e óleo de coco (relação 3:2, em kg:kg).

As rações foram formuladas para a fase I (23 a 32 dias), fase II (33 a 44 dias) e fase III (45 a 65 dias), considerando-se os valores da composição química dos alimentos e as exigências nutricionais dos leitões para a fase de creche, de acordo com Rostagno et al. (2017). A partir dos valores de energia metabolizável das fontes lipídicas, obtidos no experimento 1, as rações foram formuladas para os tratamentos com inclusão das fontes lipídicas (óleo de coco, óleo de vísceras de tilápia, mistura física de óleo de coco e óleo de vísceras de tilápia e lipídio estruturado obtido a partir do óleo de vísceras de tilápia e óleo de coco), de modo a mantê-las isonutritivas e isoenergéticas (Tabela 3, 4 e 5).

Tabela 3 – Composição percentual e nutricional das rações experimentais para leitões na fase I (23 a 32 dias de idade).

Ingredientes	Fontes lipídicas <sup>4</sup>				
	OS	OC	OVT	MF	LE
Milho grão	48,60	48,55	48,85	48,58	48,71
Farelo de soja	23,38	23,39	23,33	23,38	23,36
Carbolac 2+ <sup>1</sup>	15,99	15,99	15,99	15,99	15,99
Plasma Sanguíneo Spray <sup>2</sup>	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75
Óleo de soja	2,00	-	-	-	-
Óleo de coco	-	2,04	-	-	-
Óleo de vísceras de tilápia	-	-	1,80	-	-
Mistura física	-	-	-	2,01	-
Lipídio estruturado	-	-	-	-	1,91
Fosfato bicálcico	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76
Calcário calcítico	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
Sup. mineral e vitamínico <sup>3</sup>	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
L-Lisina HCl	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
DL-Metionina	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Total	100	100	100	100	100
Composição nutricional e energética					
Energia metabolizável (kcal/kg)	3400	3400	3400	3400	3400
Proteína bruta (%)	21,42	21,42	21,42	21,42	21,42
Fósforo disponível (%)	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Cálcio (%)	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Lisina digestível (%)	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Metionina + cisteína digestível (%)	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81

<sup>1</sup>Carbolac 2+ - 33% de lactose. <sup>2</sup>Plasma Sanguíneo Spray (78% de proteína bruta) – DSM. <sup>3</sup>Suplemento mineral-vitamínico – quantidade por kg do produto: 20 g de colina, 1125000 UI de vitamina A, 250000 UI de vitamina D3, 5000 UI de vitamina E, 500 mg de vitamina K3, 225 mg de vitamina B1, 750 mg de vitamina B2, 250 mg de vitamina B6, 3750 mcg de vitamina B12, 3250 mg de niacina, 2500 mg de ácido pantotênico, 125 mg de ácido fólico, 10 mg de biotina, 20 g de ferro, 18 g de cobre, 7500 mg de manganês, 20 g de zinco, 200 mg de iodo, 62,5 mg de selênio, 125 FTU de fitase e 8250 mg Bacitracina metileno disalicilato. <sup>4</sup>OS: ração com inclusão de óleo de soja; OC: ração com inclusão de óleo de coco; OVT: ração com inclusão de óleo de vísceras de tilápia; MF: ração com inclusão de mistura simples de óleos de vísceras de tilápia e coco; LE: ração com inclusão do lipídio estruturado.

Tabela 4 – Composição percentual e nutricional das rações experimentais para leitões na fase II (33 a 44 dias de idade).

Ingredientes	Fontes lipídicas <sup>4</sup>				
	OS	OC	OVT	MF	LE
Milho grão	59,43	59,40	59,71	59,44	59,57
Farelo de soja	24,51	24,51	24,45	24,50	24,48
Carbolac 2+ <sup>1</sup>	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Leite em pó integral	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Plasma Sanguíneo Spray <sup>2</sup>	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Óleo de soja	2,00	-	-	-	-
Óleo de coco	-	2,02	-	-	-
Óleo de vísceras de tilápia	-	-	1,78	-	-
Mistura física	-	-	-	1,99	-
Lipídio estruturado	-	-	-	-	1,89
Fosfato bicálcico	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87
Calcário calcítico	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sup. mineral e vitamínico <sup>3</sup>	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
L-Lisina HCl	0,48	0,48	0,48	0,48	0,49
DL-Metionina	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Total	100	100	100	100	100
<b>Composição nutricional e energética</b>					
Energia metabolizável (kcal/kg)	3375	3375	3375	3375	3375
Proteína bruta (%)	19,87	19,87	19,87	19,87	19,87
Fósforo disponível (%)	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Cálcio (%)	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Lisina digestível (%)	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Metionina + cisteína digestível (%)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

<sup>1</sup>Carbolac 2+ - 33% de lactose. <sup>2</sup>Plasma Sanguíneo Spray (78% de proteína bruta) – DSM. <sup>3</sup>Suplemento mineral-vitamínico – quantidade por kg do produto: 20 g de colina, 1125000 UI de vitamina A, 250000 UI de vitamina D3, 5000 UI de vitamina E, 500 mg de vitamina K3, 225 mg de vitamina B1, 750 mg de vitamina B2, 250 mg de vitamina B6, 3750 mcg de vitamina B12, 3250 mg de niacina, 2500 mg de ácido pantotênico, 125 mg de ácido fólico, 10 mg de biotina, 20 g de ferro, 18 g de cobre, 7500 mg de manganês, 20 g de zinco, 200 mg de iodo, 62,5 mg de selênio, 125 FTU de fitase e 8250 mg Bacitracina metileno disalicilato. <sup>4</sup>OS: ração com inclusão de óleo de soja; OC: ração com inclusão de óleo de coco; OVT: ração com inclusão de óleo de vísceras de tilápia; MF: ração com inclusão de mistura simples de óleos de vísceras de tilápia e coco; LE: ração com inclusão do lipídio estruturado.

Tabela 5 – Composição percentual e nutricional das rações experimentais para leitões na fase III (45 a 65 dias de idade).

Ingredientes	Fontes lipídicas <sup>4</sup>				
	OS	OC	OVT	MF	LE
Milho grão	62,59	62,54	62,83	62,57	62,70
Farelo de soja	25,94	25,95	25,90	25,95	25,92
Farelo de trigo	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94
Óleo de soja	2,00	-	-	-	-
Óleo de coco	-	2,04	-	-	-
Óleo de vísceras de tilápia	-	-	1,80	-	-
Mistura física	-	-	-	2,01	-
Lipídio estruturado	-	-	-	-	1,91
Fosfato bicálcico	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59
Celite 545	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Calcário calcítico	0,78	0,79	0,79	0,79	0,79
Sup. mineral e vitamínico <sup>1</sup>	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
L-Lisina HCl	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
DL-Metionina	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Total	100	100	100	100	100
<b>Composição nutricional e energética</b>					
Energia metabolizável (kcal/kg)	3250	3250	3250	3250	3250
Proteína bruta (%)	18,06	18,06	18,06	18,06	18,06
Fósforo disponível (%)	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Cálcio (%)	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Lisina digestível (%)	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
Metionina + cisteína digestível (%)	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64

<sup>1</sup>Suplemento mineral-vitamínico – quantidade por kg do produto: 20 g de colina, 1125000 UI de vitamina A, 250000 UI de vitamina D3, 5000 UI de vitamina E, 500 mg de vitamina K3, 225 mg de vitamina B1, 750 mg de vitamina B2, 250 mg de vitamina B6, 3750 mcg de vitamina B12, 3250 mg de niacina, 2500 mg de ácido pantotênico, 125 mg de ácido fólico, 10 mg de biotina, 20 g de ferro, 18 g de cobre, 7500 mg de manganês, 20 g de zinco, 200 mg de iodo, 62,5 mg de selênio, 125 FTU de fitase e 8250 mg Bacitracina metileno disalicilato.

<sup>2</sup>OS: ração com inclusão de óleo de soja; OC: ração com inclusão de óleo de coco; OVT: ração com inclusão de óleo de vísceras de tilápia; MF: ração com inclusão de mistura simples de óleos de vísceras de tilápia e coco; LE: ração com inclusão do lipídio estruturado.

As rações foram administradas na forma farelada, sendo disponibilizadas três vezes ao dia, sendo as sobras recolhidas e o peso dos animais registrados ao final de cada fase. As variáveis de desempenho zootécnico avaliadas foram o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA). O cálculo do CDR foi realizado por meio da diferença entre o peso da ração fornecida e o peso das sobras recolhidas no período, dividido pelo número de dias do período experimental. O cálculo do GDP foi feito a partir da diferença do peso final de cada fase e peso inicial do leitão, dividido pelo número de dias do período experimental. A CA foi calculada em função da relação entre o consumo de ração e o ganho de peso durante cada fase do período experimental.

Durante a fase III (43 a 63 dias), foram avaliadas as digestibilidades das dietas a

partir do método de coleta parcial de fezes. Às rações foi adicionado 1% de Celite 545 em substituição ao inerte, para determinação da digestibilidade das mesmas usando como indicador a cinza insolúvel em ácido. No início da fase, os animais passaram por três dias de adaptação dos animais às rações. Após a adaptação, o período de coleta de fezes ocorreu por 5 dias consecutivos, sendo as alíquotas de fezes coletadas duas vezes ao dia, evitando-se àquelas contaminadas com urina e sobras de ração. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados e sob congelamento (-4° C). Ao final do período de coleta, as amostras foram descongeladas e homogeneizadas, amostradas e submetidas aos processos de secagem e moagem. Das amostras de ração e fezes foram realizadas análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), energia bruta (EB), seguindo as recomendações de Detmann et al. (2012), e de cinza insolúvel em ácido (CIA), utilizando a metodologia descrita por Leão et al. (2008). A partir das análises e da quantificação do indicador (CIA), foram determinados os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da energia das rações experimentais.

A avaliação das fezes dos animais foi realizada durante as fases I e II do período experimental (23 a 32 dias e de 33 a 44 dias de idade), sendo observada a incidência de diarreia nos três leitões de cada baia, realizada por um único observador, sempre no mesmo horário, às 08h00. Mediante análise visual, foi realizada diariamente a avaliação, conforme classificação de 1 a 4 (1 – fezes sólidas; 2 – fezes pastosas; 3 – fezes líquidas/pastosas e 4 – fezes líquidas), em que apenas os escores 3 e 4 indicaram a incidência de diarreia.

Para avaliação dos parâmetros sanguíneos dos animais, foram realizadas duas coletas de sangue de um mesmo animal sorteado por baia, aos 43 e 65 dias de idade, sendo analisados o hemograma, o leucograma e as proteínas séricas nas duas idades e parâmetros bioquímicos somente na primeira coleta. Para o hemograma e leucograma, foram coletados 2 mL de sangue por punção da veia jugular, sendo colocados em tubos contendo anticoagulante (EDTA). Por meio do hemograma, foram determinadas as concentrações de hemácias ( $\mu\text{L}$ ), hemoglobina (g%), hematócrito (%), VCM ( $\mu\text{m}^3$ ) e CHCM (%). Foi realizada a contagem diferencial de leucócitos, calculando-se as percentagens de linfócitos, neutrófilos segmentados, monócitos e plaquetas. Para a avaliação das proteínas séricas e parâmetros bioquímicos, foram coletados 4 mL de sangue, por acesso a veia jugular, sendo as amostras centrifugadas e no soro resultante avaliadas as concentrações de proteínas séricas totais

Aos 44 dias de idade, um leitão sorteado de cada repetição foi eutanasiado, mediante insensibilização por eletronarcose seguida de sangria. Imediatamente após a evisceração, foram retirados os conteúdos do estômago, intestino delgado e intestino grosso,

colocados separadamente em recipientes plásticos para determinação do pH, com auxílio de peagâmetro digital.

Com relação ao intestino foi retirado um fragmento fechado com aproximadamente 3 cm de comprimento do duodeno e do jejuno. O fragmento do duodeno foi coletado a 15 cm da inserção do estômago e o fragmento do jejuno foi coletado a 95 cm da junção ileocecal. As peças intestinais (duodeno e jejuno) foram fixados em solução de Metacarn (60% de metanol; 30% de clorofórmio; 10 de ácido acético) por doze horas e mantidos sobre refrigeração. Em seguida, foram armazenados em solução de álcool (70%). As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Histologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), Campus de Areia/PB, para confecção das lâminas histológicas, onde foram realizadas as análises morfométricas do epitélio intestinal por microscopia de luz.

Para confecção das lâminas, foram realizados cortes longitudinais nas amostras, estas foram armazenadas em cassetes, onde permaneceram em solução de álcool (70%) por 24 horas. Após este período, foram lavadas em água corrente para retirada do fixador e posteriormente desidratadas em séries crescentes, desde 70% até álcool absoluto.

Posteriormente, foi realizada a clarificação com xilol e impregnação em parafina histológica com ponto de fusão a 56 °C. Foram confeccionados blocos de parafina para serem seccionados a 5,0 µm em micrótomo rotativo, utilizando navalhas descartáveis laminadas. Os cortes foram colocados para flutuar em água aquecida, de onde foram colocados sobre lâminas de vidro e a coloração dos cortes para visualização de altura de vilo (AV), profundidade de cripta (PC) e largura de vilo (LV), espessura de mucosa (EMU) foi realizada com hematoxilina-eosina, já para visualização e contagem de células caliciformes (CC), a coloração utilizada foi a PAS (Ácido-periódico Schiff).

Para avaliar a de altura de vilo (AV), profundidade de cripta (PC) e largura de vilo (LV), espessura de mucosa (EMU) e contagem de células caliciformes (CC), foi realizada a metodologia modificada descrita por Moreira Filho et al. (2015), sendo a EM determinada através da soma entre AV e PC. Já a área absortiva (AA) foi determinada a partir do produto entre AV e LV. Para as leituras das lâminas histológicas, foram utilizados microscópio de luz modelo Olympus BX53 e câmera Zeiss Axion, acoplada com programa de captura de imagens digitais Cellsens Dimension.

### 3.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o procedimento PROC GLM do programa estatístico SAS e as médias das variáveis comparadas pelo teste Student Newman-Keuls a 5% de probabilidade. Para a avaliação da incidência de diarreia, os dados foram transformados pela função  $y = \arcsen(x/100)^{1/2}$ , de acordo com o recomendado por Barbin (2003). Para os dados de parâmetros séricos, os dados referentes a coleta aos 23 e 65 dias de idade foram utilizados como covariável e as médias comparadas pelo teste Student Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Digestibilidade dos nutrientes e energia das fontes lipídicas

Os valores de energia bruta, digestível, metabolizável e coeficiente de digestibilidade da matéria seca do óleo de soja observados no presente trabalho foram inferiores aos encontrados por Bertol e Ludke (1999) e Jung et al. (2003). Foram observados também valores inferiores de energia bruta do óleo de coco e peixe aos de Nascif et al. (2004) e Junqueira et al. (2005), em função da variabilidade nas composições bromatológicas desses óleos devido aos diferentes processos de obtenção e processamento (Tabela 6).

Com a determinação de energia observou-se que a mistura física maior valor para o teor de energia bruta em relação ao lipídio estruturado, mas não foi observado o mesmo resultado nas variáveis de energia digestível e metabolizável. Isso possivelmente ocorreu devido ao processo de interesterificação, que melhorou as propriedades do lipídio estruturado, possivelmente devido a maior participação de ácidos graxos de cadeia média nas posições sn-1 e sn-3 do glicerol, e assim aumentando o aproveitamento de energia da fonte lipídica.

Tabela 6 – Valores de energia bruta, digestível e metabolizável na matéria seca, coeficientes de digestibilidade da matéria seca, extrato etéreo, energia bruta das fontes lipídicas.

Fontes lipídicas	Variáveis <sup>1</sup>					
	EB (kcal/kg)	ED (kcal/kg)	EM (kcal/kg)	CDMS (%)	CDEE (%)	CDEB (%)
Óleo de soja	9213	8928	8239	87,24	93,23	89,42
Óleo de coco	8814	8492	8199	86,89	90,11	93,02
Óleo de vísceras de tilápia	9870	9122	8839	85,86	87,82	89,55
Mistura física	9859	8492	8268	87,03	94,22	83,86
Lipídio estruturado	9776	9131	8523	86,59	88,01	87,18

<sup>1</sup>Variáveis: EB: energia bruta; ED: energia digestível; EM: energia metabolizável; CDMS: coeficientes de digestibilidade da matéria seca; CDEE: coeficientes de digestibilidade do extrato etéreo; CDEB: coeficiente de digestibilidade da energia bruta.

## 4.2 Parâmetros de desempenho

No período I não foi observado efeito ( $P>0,05$ ) da inclusão de diferentes fontes lipídicas sobre o consumo diário de ração. Já para o ganho de peso observou-se que os leitões alimentados com ração contendo lipídio estruturado obtiveram melhores resultados em relação aqueles que receberam ração contendo óleo de coco, óleo de vísceras de tilápia e mistura física, mas não diferiu em relação ao óleo de soja. Para a conversão alimentar, a adição do lipídio estruturado na ração proporcionou melhores resultados em relação aos tratamentos que incluíam na dieta óleo de coco e mistura física, mas não diferiu dos tratamentos de óleo de soja e óleo de peixe. No período II não ocorreu diferença significativa ( $P>0,05$ ) da inclusão de diferentes fontes lipídicas sobre os índices zootécnicos avaliados (Tabela 7).

Tabela 7 – Efeitos da inclusão de diferentes fontes lipídicas sobre o desempenho dos leitões na fase de creche.

Variáveis <sup>1</sup>	Tratamentos experimentais <sup>2</sup>					CV (%) <sup>3</sup>	Valor de P
	OS	OC	OVT	MF	LE		
Período I (23 a 32 dias de idade)							
CDR, kg	0,191	0,188	0,152	0,171	0,227	25,35	0,1194
GPD, kg	0,104 <sup>ab</sup>	0,079 <sup>b</sup>	0,078 <sup>b</sup>	0,075 <sup>b</sup>	0,141 <sup>a</sup>	34,65	0,0101
CA	1,84 <sup>ab</sup>	2,23 <sup>a</sup>	2,08 <sup>ab</sup>	2,34 <sup>a</sup>	1,66 <sup>b</sup>	17,09	0,0146
CDR, kg	0,191	0,188	0,152	0,171	0,227	25,35	0,1194
GPD, kg	0,104 <sup>ab</sup>	0,079 <sup>b</sup>	0,078 <sup>b</sup>	0,075 <sup>b</sup>	0,141 <sup>a</sup>	34,65	0,0101
Período II (23 a 44 dias de idade)							
CDR, kg	0,383	0,348	0,325	0,354	0,399	18,73	0,3776
GPD, kg	0,197	0,180	0,176	0,188	0,226	24,04	0,3797
CA	2,02	1,95	1,90	1,91	1,78	12,23	0,4783
Período total (23 a 65 dias de idade)							
CDR, kg	0,579	0,472	0,497	0,508	0,588	17,62	0,1562
GPD, kg	0,294	0,246	0,257	0,282	0,337	19,58	0,0678
CA	1,98 <sup>a</sup>	1,92 <sup>a</sup>	1,96 <sup>a</sup>	1,81 <sup>ab</sup>	1,75 <sup>b</sup>	6,18	0,0089

<sup>1</sup>CDR: Consumo diário de ração; GPD: Ganho de peso diário; CA: Conversão alimentar. <sup>2</sup>OS: ração com inclusão de óleo de soja; OC: ração com inclusão de óleo de coco; OVT: ração com inclusão de óleo de vísceras de tilápia; MF: ração com inclusão de mistura física de óleos de vísceras de tilápia e coco; LE: ração com inclusão do lipídio estruturado. <sup>3</sup>CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls (P<0,05).

No período total não foram observados efeitos (P>0,05) da inclusão de diferentes fontes lipídicas sobre o consumo diário de ração e ganho de peso diário. Já para conversão alimentar, observou-se melhor resultado nos animais que consumiram ração contendo lipídio estruturado em relação aos que consumiram rações contendo as demais fontes lipídicas, embora não diferindo daqueles alimentados com ração contendo a mistura física.

O desempenho semelhante entre os animais alimentados com ração contendo óleo de soja e coco corroboram com os resultados encontrados por Pimenta *et al.* (2003) ao avaliarem essas duas fontes lipídicas em rações para leitões desmamados. No período I, o efeito significativo (P<0,05) entre os tratamentos com inclusão da mistura física e do lipídio estruturado para conversão alimentar, pode ter ocorrido pela mudança de ácidos graxos na cadeia de glicerol melhorando esse parâmetro de desempenho nos primeiros dias pós desmame.

O comprimento de cadeia dos ácidos graxos é um fator determinante para absorção e digestão dos lipídios, uma vez que ácidos graxos de diferentes comprimentos de cadeia possuem diferentes destinos metabólicos. Nesse sentido, o óleo de coco tem sido

sugerido como uma fonte lipídica adequada para leitões devido seu alto conteúdo de ácidos graxos de cadeia média, uma vez que estes são absorvidos de maneira mais rápida no lúmen intestinal comparado aos ácidos de cadeia longa saturados, podendo proporcionar um melhor aproveitamento desses ácidos graxos e assim influenciar de maneira positiva o desempenho do animal (CERA *et al.*, 1989).

Fakler *et al.*, (1993) observaram diferenças significativas no ganho de peso diário de leitões desmamados alimentados com dietas contendo óleo de coco. Entretanto no presente estudo não foi verificado esse efeito nas variáveis avaliadas, corroborando com Weng (2017), que não observou diferença nos parâmetros de desempenho utilizando óleo de coco e soja para leitões desmamados, podendo estar relacionada com o nível de inclusão e qualidade das fontes lipídicas utilizadas na ração.

Segundo Hedemann *et al.* (2001), a inclusão dos óleos de coco e peixe na dieta proporcionam efeitos similares sobre o desempenho de leitões desmamados, sendo explicado pela maior quantidade ácidos graxos de cadeia média contidos no óleo de coco, que na oxidação possui uma menor dependência de carnitina, acarretando uma rápida disponibilidade de energia, enquanto no óleo de peixe ocorre um maior estímulo sobre a secreção pancreática e enzima lipase, aumentando assim seu aproveitamento. Esses dados corroboram com os valores encontrados no presente estudo e no trabalho de Nguyen *et al.* (2004), que testaram essas duas fontes lipídicas para suínos em crescimento. Entretanto Liu *et al.* (2011) observaram um maior ganho de peso diário de leitões desmamados, no período de 21 a 28 dias idade, que consumiram 10% de óleo de coco em relação aos que receberam 10% de óleo de peixe na dieta.

A inclusão de óleos nas rações proporciona alguns resultados controversos no desempenho de leitões devido a variabilidades na composição dos mesmos, justificado pela falta de padronização e controle de qualidade durante as etapas de processamento e armazenamento destes produtos, exceto quando se trata do óleo de soja, cujo o processo de obtenção é bem estabelecido nas indústrias.

Straarup *et al.* (2006) avaliando lipídio estruturado a base de óleo de coco e canola na dieta de leitões, demonstraram que a interesterificação influenciou positivamente as características físico-químicas e nutricionais do lipídio obtido em laboratório, melhorando a digestibilidade da fonte lipídica, implicando um aumento da utilização de gordura quando os ácidos graxos de cadeia média estavam presentes na gordura da dieta. Além disso, os perfis de ácidos graxos dos tecidos e órgãos indicaram a utilização dos ácidos graxos de cadeia média como fonte de energia, resultando em uma deposição de ácidos graxos de cadeia longa,

resultando em um melhor desempenho no crescimento dos leitões e diminuindo a mortalidade, corroborando com o presente estudo, onde os leitões que consumiram o lipídio estruturado obtiveram melhor conversão alimentar em relação ao que consumiram as fontes simples.

### 4.3 Digestibilidade dos nutrientes e energia das dietas

Observou-se que as fontes lipídicas influenciaram o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes, com exceção da matéria mineral (Tabela 8). Para os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS) e energia bruta (CDEB) observou-se diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos que incluíram o óleo de soja e o lipídio estruturado, que não diferiram das demais fontes lipídicas. Em relação ao coeficiente de proteína bruta (CDPB), foram observados efeitos positivos com a inclusão da mistura física e lipídio estruturado nas rações, quando comparados com os óleos de soja, coco e vísceras de tilápia, que não diferiram entre si. Já para o coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE), a inclusão da mistura física e do lipídeo estruturado proporcionou maiores valores quando comparados com os tratamentos que incluíam óleo de soja e vísceras de tilápia nas rações, entretanto não diferiram do tratamento que incluía óleo de coco.

Tabela 8 - Coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, matéria mineral, extrato etéreo e energia bruta das rações utilizadas dos 45 aos 65 dias de vida dos leitões.

Variáveis <sup>1</sup>	Tratamentos experimentais <sup>2</sup>					CV (%) <sup>3</sup>	Valor de P
	OS	OC	OVT	MF	LE		
CDMS (%)	86,71 <sup>b</sup>	88,77 <sup>ab</sup>	89,41 <sup>ab</sup>	90,54 <sup>ab</sup>	91,68 <sup>a</sup>	2,21	0,0030
CDPB (%)	88,37 <sup>b</sup>	88,50 <sup>b</sup>	89,64 <sup>b</sup>	91,82 <sup>a</sup>	93,03 <sup>a</sup>	2,01	0,0003
CDMM (%)	54,19	61,22	54,57	62,41	55,70	11,22	0,0753
CDEE (%)	80,29 <sup>b</sup>	83,30 <sup>ab</sup>	79,47 <sup>b</sup>	85,70 <sup>a</sup>	86,97 <sup>a</sup>	4,10	0,0026
CDEB (%)	87,27 <sup>b</sup>	89,38 <sup>ab</sup>	88,43 <sup>ab</sup>	90,44 <sup>ab</sup>	91,4 <sup>a</sup>	2,62	0,0435

<sup>1</sup>CDMS: coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CDPB: coeficiente de digestibilidade da proteína bruta; CDMM: coeficiente de digestibilidade da matéria mineral; CDEE: coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo; CDEB: coeficiente de digestibilidade da energia bruta. <sup>2</sup>OS: ração com inclusão de óleo de soja; OC: ração com inclusão de óleo de coco; OVT: ração com inclusão de óleo de vísceras de tilápia; MF: ração com inclusão de mistura física de óleos de vísceras de tilápia e coco; LE: ração com inclusão do lipídeo estruturado. <sup>3</sup>CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls ( $P < 0,05$ ).

A interesterificação lipídica melhorou o aproveitamento da matéria seca e da

energia bruta na dieta com lipídio estruturado, quando comparado com a que incluía óleo de soja na sua composição. No entanto, esse processo químico não promoveu efeito positivo sobre essas variáveis em relação as rações que possuíam as fontes lipídicas simples, que foram utilizadas na obtenção do lipídio estruturado. A mesma ausência de resultado significativo foi observada quando foram comparados o lipídio estruturado e a mistura física do óleo de coco e óleo de vísceras de tilápia.

Em relação ao CDEE e CDPB, os resultados do presente estudo corroboraram com Straarup *et al.* (2006), que avaliou uma mistura física e lipídio estruturado a base de óleo de coco e canola na dieta de leitões. Os resultados do experimento demonstraram que a presença de uma fonte ácidos graxos de cadeia média combinada com uma de ácidos graxos insaturados nas dietas melhorou a digestibilidade do extrato etéreo, em comparação com a dieta que possuía a predominância de um dos tipos de ácidos graxos. Desse modo, ao melhorar a digestibilidade da gordura faz com que ocorra um aumento na concentração de ácidos biliares livres, o que pode melhorar o aproveitamento da proteína bruta, uma vez que estes componentes da bile desestabilizam a estrutura da proteína e tornando-a mais suscetível à proteólise e assim corroborando com a melhor conversão alimentar dos animais do presente estudo (MACKIE; MACIERZANKA, 2010; STRAARUP *et al.*, 2003).

#### 4.4 Incidência de diarreia

A inclusão das diferentes fontes lipídicas nas dietas não resultou em diferenças significativas na incidência de diarreia em leitões até os 44 dias de idade (Tabela 9).

Tabela 9 – Efeitos da inclusão de diferentes fontes lipídicas sobre a incidência de diarreia em leitões de 23 a 44 dias de idade.

Consistência das fezes	Tratamentos experimentais <sup>2</sup>					CV (%) <sup>3</sup>	Valor de P
	OS	OC	OVT	MF	LE		
Sólida (normal)	22	26	33	31	28		
Pastosa	35	28	40	38	36		
Líquida (diarreia)	69	72	53	57	62	27,08	0,6284
Total	126	126	126	126	126		
% de diarreia	54,76	57,14	42,06	45,24	49,21		
MODT <sup>1</sup>	0,84	0,86	0,70	0,72	0,78		

<sup>1</sup>MODT (médias de incidência de diarreia transformadas). <sup>2</sup>OS: ração com inclusão de óleo de soja; OC: ração com inclusão de óleo de coco; OVT: ração com inclusão de óleo de vísceras de tilápia; MF: ração com inclusão de mistura física de óleos de vísceras de tilápia e coco; LE: ração com inclusão do lipídio estruturado. <sup>3</sup>CV:

Coefficiente de variação.

A inclusão da mistura física e do lipídio estruturado nas dietas de leitões resultaram em um maior aproveitamento de extrato etéreo, uma vez que esses aparentemente possuem, em sua composição, uma proporção mais perto do ideal entre ácidos graxos de cadeia média e longa, proporcionando assim uma maior taxa de absorção e conseqüentemente diminuindo o substrato para microrganismos patogênicos, que produzem toxinas e danificam a mucosa intestinal (CHAMPE; HARVEY, 1996; WENG, 2017). Tendo em vista isso, esperava-se que a inclusão dessas fontes lipídicas nas dietas dos leitões na fase de creche pudesse diminuir a incidência de diarreia.

Além disso, a maioria dos ácidos graxos de cadeia média, presente em três fontes testadas, estão na forma não dissociada e solúvel em gordura, podendo penetrar nas membranas semipermeáveis de bactérias e chegar no citoplasma. Dentro da célula eles se dissociam devido a um pH alcalino e baixam o pH, fazendo com que ocorra supressão de enzimas citoplasmáticas e sistemas de transporte de nutrientes, levando à morte celular (HANCZAKOWSKA, 2017).

No presente estudo incidência de diarreias aconteceu principalmente nas primeiras semanas, corroborando com Sbardella *et al.* (2012) que avaliaram óleo de arroz para leitões na fase de creche. A incidência de diarreia nas semanas iniciais pós desmame ocorreram por conta do baixo consumo de ração após o desmame, ocasionando um aumento no catabolismo, alterando assim a morfologia intestinal com encurtamento das vilosidades, aumento da mitose nas células da cripta, resultando em piora na relação vilosidade:cripta. Essas mudanças podem acarretar em declínio da função intestinal com redução nas atividades enzimática e absorptiva, resultando em diarreia e baixo desempenho nos leitões desmamados (LIMA *et al.*, 2009).

#### **4.5 Parâmetros sanguíneos**

Nas análises de hemograma e leucograma dos animais aos 43 dias de idade, observou-se diferenças significativas entre os tratamentos para hemácias, linfócitos, neutrófilos e volume corpuscular médio (VCM). Os animais que consumiram óleo de soja apresentaram um aumento na quantidade de hemácias, neutrófilos e linfócitos em relação aos demais, que não diferiram entre si. Para o VCM, a diferença significativa ficou restrita entre os animais alimentados com óleo de coco e os alimentados com óleo de vísceras de tilápia,

obtendo-se maiores valores com óleo de coco. Foi observado também um aumento nas proteínas séricas dos animais que consumiram ração com lipídio estruturado comparados aos alimentados com as demais fontes lipídicas (Tabela 10).

Tabela 10 – Efeitos da inclusão de diferentes fontes lipídicas sobre parâmetros sanguíneos em leitões no período de creche.

Variáveis <sup>1</sup>	Tratamentos experimentais <sup>2</sup>					CV (%) <sub>3</sub>	Valor de P
	OS	OC	OVT	MF	LE		
<b>Idade I (43 dias)</b>							
<b>Hemograma</b>							
Hemácias ( x10 <sup>6</sup> /μl)	7,68 <sup>a</sup>	7,08 <sup>b</sup>	6,97 <sup>b</sup>	6,82 <sup>b</sup>	7,24 <sup>ab</sup>	5,54	0,0097
Hemoglobina (g/%)	12,00	11,54	10,68	10,75	11,75	7,85	0,0555
Hematócrito (%)	39,00	37,67	35,17	35,00	38,00	7,27	0,0574
VCM (μm <sup>3</sup> )	50,77 <sup>ab</sup>	53,35 <sup>a</sup>	50,38 <sup>b</sup>	51,17 <sup>ab</sup>	52,42 <sup>ab</sup>	3,35	0,0362
CHCM (%)	30,73	30,63	31,15	30,63	30,90	1,65	0,3681
<b>Leucograma</b>							
Leucócitos (μl)	13,60	18,44	16,98	14,28	15,17	21,84	0,1232
Neutrófilos (%)	20,67 <sup>a</sup>	32,50 <sup>b</sup>	30,83 <sup>b</sup>	30,67 <sup>b</sup>	29,00 <sup>b</sup>	18,32	0,0059
Linfócitos (%)	75,33 <sup>a</sup>	64,17 <sup>b</sup>	63,67 <sup>b</sup>	65,00 <sup>b</sup>	67,25 <sup>b</sup>	7,95	0,0057
Eosinófilos (%)	1,67	0,83	1,50	1,00	2,00	85,80	0,4480
Monócitos (%)	2,33	2,33	2,33	3,00	1,50	66,24	0,5788
<b>Plaquetograma</b>							
Plaquetas (x10 <sup>3</sup> /μl)	524,33	642,08	607,67	627,50	532,00	27,95	0,6177
Proteínas (g/dL)	6,27 <sup>b</sup>	6,33 <sup>b</sup>	6,53 <sup>b</sup>	6,37 <sup>b</sup>	6,90 <sup>a</sup>	4,59	0,0083
<b>Idade II (65 dias)</b>							
<b>Hemograma</b>							
Hemácias ( x10 <sup>6</sup> /μl)	8,69	8,87	9,00	9,00	8,70	7,60	0,8781
Hemoglobina (g/%)	13,08	13,27	12,72	12,63	12,38	7,75	0,5568
Hematócrito (%)	44,67	44,08	43,60	43,33	43,85	6,79	0,9493
VCM (μm <sup>3</sup> )	50,55	50,78	48,73	48,60	50,43	5,74	0,5211
CHCM (%)	29,72	29,58	28,28	29,12	28,80	4,08	0,2464
<b>Leucograma</b>							
Leucócitos (μl)	16,37	26,82	19,30	17,18	21,25	39,20	0,1908
Neutrófilos (%)	39,17	47,67	38,50	35,67	40,00	38,40	0,7321
Linfócitos (%)	55,83	45,33	58,67	58,00	54,50	28,78	0,5967
Eosinófilos (%)	1,83	2,00	0,67	1,50	1,17	67,10	0,1511
Monócitos (%)	3,67	4,50	2,17	4,83	4,17	45,45	0,1102
<b>Plaquetograma</b>							
Plaquetas (x10 <sup>3</sup> /μl)	650,17	755,50	593,00	630,00	528,83	23,00	0,1311
Proteínas (g/dL)	7,33	6,47	6,93	6,93	7,03	7,76	0,1262

<sup>1</sup>VCM: Volume Corpuscular Médio; CHCM: Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média. <sup>2</sup>OS: ração com inclusão de óleo de soja; OC: ração com inclusão de óleo de coco; OVT: ração com inclusão de óleo de vísceras de tilápia; MF: ração com inclusão de mistura física de óleos de vísceras de tilápia e coco; LE: ração com inclusão do lipídio estruturado. <sup>3</sup>CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls (P<0,05).

Tabela 11 – Efeitos da inclusão de diferentes fontes lipídicas sobre parâmetros bioquímicos do sangue de leitões no período de creche.

Variáveis <sup>1</sup>	Tratamentos experimentais <sup>2</sup>					CV (%) <sup>3</sup>	Valor de P
	OS	OC	OVT	MF	LE		
Triglicerídeos (mg/dL)	29,83	33,83	24,00	28,00	21,67	46,67	0,5311
ALT/TGP (U/L)	38,50	56,17	40,83	38,33	37,17	31,77	0,4315
AST/TGO (U/L)	33,50	42,17	48,00	48,83	43,33	60,18	0,8527
Colesterol total (mg/dL)	78,6 <sup>b</sup>	107,17 <sup>a</sup>	74,17 <sup>b</sup>	58,33 <sup>b</sup>	69,33 <sup>b</sup>	34,07	0,0458
GGT (U/L)	32,83	41,00	34,00	28,50	22,83	45,57	0,2996
Fosfatase alcalina (U/L)	228,67	304,17	269,17	254,50	238,67	39,79	0,7403
Albumina (g/dL)	2,73	3,10	2,70	2,27	2,52	32,6	0,5692

<sup>1</sup>ALT/TGP: transaminase glutâmico-pirúvica; AST/TGO: transaminase glutâmico oxalacética; GGT: gama glutamil transferase. <sup>2</sup>OS: ração com inclusão de óleo de soja; OC: ração com inclusão de óleo de coco; OVT: ração com inclusão de óleo de vísceras de tilápia; MF: ração com inclusão de mistura física de óleos de vísceras de tilápia e coco; LE: ração com inclusão do lipídio estruturado. <sup>3</sup>CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls (P<0,05).

Nos parâmetros bioquímicos (Tabela 11) dos leitões aos 43, foi observado diferença significativa no colesterol total, onde os animais que consumiram óleo de coco apresentaram um aumento do colesterol total em relação aos demais, que não diferiram entre si.

Os efeitos (P<0,05) encontrados na coleta I em relação ao número de hemácias ( $\times 10^6/\mu\text{l}$ ) e no VCM ( $\mu\text{m}^3$ ) pode estar atribuído a situações de estresse, onde ocorre uma liberação de adrenalina e noradrenalina, e com isso aumenta a necessidade de oxigenação nos tecidos, resultando na contração do baço e liberação de eritrócitos na corrente sanguínea (MATOS *et al.*, 2017).

Na coleta I, o aumento da porcentagem de linfócitos nos leitões que consumiram óleo de soja na dieta pode estar relacionado com o baixo aproveitamento de ácidos graxos desse lipídio, aumentando assim o substrato para microrganismos indesejados. Com isso ocorreu uma maior produção de células do sistema imune responsáveis pelo combate a parasitas e infecções (GANNER; SCHATZMAYR, 2012; UTIYAMA *et al.*, 2006).

A aumento no nível de proteínas séricas em animais saudáveis pode ser um indicativo do melhor aproveitamento aminoacídico (MOREIRA *et al.*, 2014), corroborando assim com a melhor digestibilidade da proteína observada nos leitões que consumiram ração com lipídio estruturado.

Com relação aos para bioquímicos, estudos com animais têm mostrado que as concentrações de colesterol total aumentam quando gorduras saturadas substituem lipídios monoinsaturados, poli-insaturados ou carboidratos (PIMENTA *et al.*, 2003). Segundo Allan *et*

*al.* (2000), as concentrações de colesterol total foram mais altas em suínos que receberam dietas contendo gordura de coco, comparando com suínos que receberam óleo de peixe ou carboidrato.

Isso ocorre, pois as dietas com altos teores de gorduras insaturadas resultam em um aumento na atividade de ACAT e decréscimo no "pool" hepático de colesterol livre devido ao efeito da acil-CoA colesterol aciltransferase (ACAT), uma enzima hepática chave no metabolismo do colesterol. Esta enzima esterifica o colesterol livre a colesteril-éster, dentro do citoplasma dos hepatócitos, mas prefere ácidos graxos insaturados do que ácidos graxos saturados como substrato para a esterificação (ALLAN *et al.*, 2000). Assim, o resultado observado no presente trabalho em relação ao colesterol total foi o esperado, corroborando com Pimenta *et al.* (2003), que utilizaram óleo de soja e gordura de coco nas rações para leitões na fase de creche.

Por outro lado, a ausência de efeitos significativos sobre a concentração de triglicerídeos não corroboraram com Cera *et al.*, (1989) e Pimenta *et al.*, (2003), que relataram um aumento na concentração de triglicerídeos ao utilizarem gordura de coco em rações para leitões no período de creche, sendo esses resultados explicado pela uma alta porcentagem de ácido láurico na composição da gordura de coco. Este ácido graxo, além de não precisar da formação de micelas para ser absorvido, após a absorção entra direto no sangue portal e vai para o fígado, sendo rapidamente metabolizado (BACH; BABAYAN, 1982; CHAMPE; HARVEY, 1996).

#### **4.6 pH do trato gastrointestinal**

A inclusão das diferentes fontes lipídicas nas dietas não resultou em diferenças significativas ( $P>0,05$ ) na avaliação do pH dos conteúdos do estômago, intestino delgado e ceco (Tabela 12). O pH do conteúdo do trato gastrintestinal tende a aumentar ao longo do seu comprimento, chegando ao neutro no reto. Os valores de pH do estômago dos leitões do presente estudo mostraram-se na faixa ideal, entre 2,0 e 3,5, para a otimização da atividade das enzimas digestivas do suco gástrico e fora da faixa ótima, entre 4,3 e 9,5, para o crescimento da *E. coli* (ADAMS, 2000; BLANCHARD, 2000; SUIRYANRAYNA; RAMANA, 2015).

Tabela 12 – Efeitos da inclusão de diferentes fontes lipídicas sobre o pH do estômago, intestino delgado e intestino grosso sobre leitões aos 44 dias de idade.

Variáveis	Tratamentos experimentais <sup>1</sup>					CV (%) <sup>2</sup>	Valor de P
	OS	OC	OVT	MF	LE		
Estômago	2,47	3,03	3,21	3,31	2,96	28,13	0,4827
Intestino Delgado	6,26	5,61	5,94	6,25	5,59	7,78	0,0534
Intestino Grosso	5,87	5,83	5,72	5,78	5,86	4,49	0,8626

<sup>1</sup>OS: ração com inclusão de óleo de soja; OC: ração com inclusão de óleo de coco; OVT: ração com inclusão de óleo de vísceras de tilápia; MF: ração com inclusão de mistura física de óleos de vísceras de tilápia e coco; LE: ração com inclusão do lipídio estruturado. <sup>2</sup>CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls ( $P < 0,05$ ).

Esperavam-se maiores valores de pH no conteúdo intestinal dos animais que consumiram óleo de soja e óleo de vísceras de tilápia na dieta, por conta de um menor aproveitamento de ácidos graxos, que serviriam como substrato para proliferação de microrganismos patogênicos, aumentando assim a produção de metabólitos e modificando o pH (OETTING *et al.*, 2006). Entretanto, no presente estudo não foram observadas essas alterações, demonstrando que a adição de diferentes óleos na dieta não altera o pH dos conteúdos do trato digestório dos leitões aos 44 dias de idade.

#### 4.7 Morfometria intestinal

Observou-se que a adição das diferentes fontes lipídicas nas dietas não alterou os parâmetros de profundidade de cripta, espessura de vilosidade e relação vilosidade:cripta no duodeno dos leitões aos 44 dias de idade (Tabela 13). Entretanto os leitões alimentados com ração contendo lipídio estruturado apresentou em uma maior altura de vilosidade em relação aqueles alimentados com ração contendo óleo de vísceras de tilápia, embora não tenha diferido das demais fontes. Já para células caliciformes, foi observado uma maior quantidade nos animais que consumiram ração com inclusão de lipídio estruturado em relação aos que consumiram óleo de coco, óleo de vísceras de tilápia na dieta e mistura física, mas não diferindo daqueles alimentados com ração contendo óleo de soja. Para área absorptiva e espessura de mucosa observou-se um efeito negativo nos animais que consumiram ração com óleo de vísceras de tilápia em relação aos que foram alimentados com as demais fontes lipídicas.

No jejuno, não foram verificadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) nos

parâmetros de profundidade de cripta, relação vilosidade:cripta e quantidade de células caliciformes. Entretanto a adição do lipídio estruturado e óleo de soja nas rações aumentou a altura de vilosidade em relação aos animais que consumiram ração com inclusão da mistura física, mas não diferindo dos tratamentos que incluíam óleo de coco e óleos de vísceras de tilápia na dieta. Foi observado que a inclusão de lipídios estruturado aumentou a espessura de vilosidade dos leitões em relação aos alimentados com as demais fontes lipídicas. Observou-se que a adição do lipídio estruturado e do óleo de soja nas rações melhorou a área absorptiva em relação aos demais óleos. Para espessura de mucosa, observou-se efeito significativo da adição do óleo de soja em relação ao óleo de coco e mistura física, mas não diferindo dos tratamentos que incluíam óleo de vísceras de tilápia e lipídios estruturado nas rações. Entretanto para esse mesmo parâmetro morfométrico foi observado um melhor efeito da adição do lipídio estruturado e óleo de vísceras de tilápia nas rações em relação a inclusão da mistura física.

Tabela 13 – Efeitos da inclusão de diferentes fontes lipídicas sobre parâmetros morfométricos em leitões aos 44 dias de idade.

Variáveis <sup>1</sup>	Tratamentos experimentais <sup>2</sup>					CV (%) <sup>3</sup>	Valor de P
	OS	OC	OVT	MF	LE		
Duodeno							
AV, $\mu\text{m}$	255,66 <sup>ab</sup>	259,19 <sup>ab</sup>	231,66 <sup>b</sup>	266,27 <sup>a</sup>	267,58 <sup>a</sup>	28,97	0,0280
PC, $\mu\text{m}$	132,19	135,63	143,00	142,80	128,34	35,21	0,2659
EV, $\mu\text{m}$	122,58	123,76	123,53	117,60	120,60	25,90	0,7522
AA, $\mu\text{m}^2$	31110 <sup>a</sup>	31857 <sup>a</sup>	28413 <sup>b</sup>	31122 <sup>a</sup>	32040 <sup>a</sup>	37,96	0,0345
EMU $\mu\text{m}$	387,21 <sup>a</sup>	394,46 <sup>a</sup>	373,00 <sup>b</sup>	409,59 <sup>a</sup>	395,19 <sup>a</sup>	23,14	0,0234
V/C	1,93	1,93	1,63	1,86	2,09	39,08	0,3539
CC	71,50 <sup>ab</sup>	59,33 <sup>b</sup>	59,00 <sup>b</sup>	63,83 <sup>b</sup>	77,50 <sup>a</sup>	13,57	0,0053
Jejuno							
AV, $\mu\text{m}$	283,21 <sup>a</sup>	256,85 <sup>ab</sup>	264,86 <sup>ab</sup>	234,32 <sup>b</sup>	282,59 <sup>a</sup>	30,45	0,0013
PC, $\mu\text{m}$	100,79	109,78	104,08	113,53	94,45	34,64	0,0565
EV, $\mu\text{m}$	117,28 <sup>b</sup>	112,75 <sup>b</sup>	104,41 <sup>b</sup>	113,57 <sup>b</sup>	129,32 <sup>a</sup>	26,78	0,0001
AA, $\mu\text{m}^2$	33111 <sup>a</sup>	28673 <sup>b</sup>	27456 <sup>b</sup>	26445 <sup>b</sup>	36378 <sup>a</sup>	38,73	<0,0001
EMU $\mu\text{m}$	483,54 <sup>a</sup>	365,57 <sup>bc</sup>	368,31 <sup>ab</sup>	347,40 <sup>c</sup>	379,39 <sup>ab</sup>	25,72	0,0011
V/C	2,83	2,36	2,54	2,07	2,91	38,06	0,6163
CC	52,66	46,50	56,33	53,33	58,33	16,10	0,1962

<sup>1</sup>AV: altura de vilosidade; PC: profundidade de cripta; EV: espessura de vilosidade; AA: área absorptiva; EMU: espessura de mucosa; V/C: relação altura de vilosidade/profundidade de cripta; CC: células caliciformes. <sup>2</sup>OS: ração com inclusão de óleo de soja; OC: ração com inclusão de óleo de coco; OVT: ração com inclusão de óleo de vísceras de tilápia; MF: ração com inclusão de mistura física de óleos de vísceras de tilápia e coco; LE: ração com inclusão do lipídio estruturado. <sup>3</sup>CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls (P<0,05).

A altura de vilosidade observada nos animais alimentados com ração contendo lipídio estruturado pode estar relacionado com o melhor atendimento das necessidades dos enterócitos. Além disso, a maior presença de células caliciformes também observada aos animais que receberam o lipídio estruturado na ração pode estar relacionado a melhor saúde intestinal dos leitões, considerando a maior produção de muco, composto por glicoproteínas que protegem e lubrificam o revestimento do intestino, reduzindo a abrasão mecânica e invasão bacteriana (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013; ZLOTOWSKI, 2008).

No jejuno, a ausência efeitos significativos ( $P>0,05$ ) para profundidade de cripta, relação altura de vilosidade:profundidade de cripta e células caliciformes, corroborando com os resultados encontrado por Sbardella *et al.* (2012) utilizando óleo de arroz em substituição ao óleo de soja na dietas de leitões desmamados.

A maior altura e espessura de vilosidade nos animais alimentados com dietas que incluíam lipídio estruturado em relação aos que consumiram a dieta contendo mistura física, podendo estar relacionado com a interesterificação química, influenciando positivamente essas características morfológicas dos leitões na fase creche. Entretanto Li *et al.* (1990), relataram que a suplementação de uma simples mistura de óleo de coco e soja na proporção de 1:1 aumento a altura e largura das vilosidades em comparação a suplementação individual de óleo de coco ou óleo de soja. Essas divergências enfatizam a ideia de Sbardella *et al.* (2012), de que há indicações de que exista uma proporção ideal de ácidos graxos na dieta para atender as necessidades dos enterócitos. Com isso a elaboração de um lipídio estruturado é uma das formas de modular o perfil de ácidos graxos de tal forma a atender as necessidades dos leitões. Nesse sentido, o lipídio estruturado de óleo de vísceras de tilápia e óleo de coco parece ser próximo ao que o animal precisa.

Nos animais suplementados com dietas que possuíam óleo de soja e lipídio estruturado foi observado uma maior área absorptiva no jejuno ( $P<0,05$ ) comparado aos que consumiram ração com mistura física, óleo de vísceras de tilápia e coco. Desta forma, a interesterificação química dos óleos na dieta de leitões melhorou o aproveitamento de nutrientes, uma vez que essa fonte lipídica aumentou a superfície de absorção, por conta do aumento na altura das vilosidades, melhorando assim a ação das enzimas digestivas ligadas a membrana apical dos enterócitos e o transporte de nutrientes (CERA *et al.*, 1998), corroborando com o ganho de peso diário dos leitões, comparado aos animais que receberam ração com inclusão das fontes lipídicas independentes e/ou de mistura física destas fontes.

As fontes lipídicas e as suas respectivas proporções nas misturas física e/ou

interesterificação em laboratório ainda precisam ser melhores elucidadas para aproximar o perfil de ácidos graxos da dieta ao do leite da fêmea suína para obter melhores resultados de desempenho.

## **5 CONCLUSÃO**

Os valores de energia metabolizável do óleo de soja, óleo de coco, óleo de vísceras de tilápia, mistura física de óleo de coco e óleo de vísceras de tilápia e lipídio estruturado elaborado a partir da interesterificação do óleo de vísceras e óleo de coco para leitões na fase de creche foram de 8239, 8199, 8839, 8268 e 8523 kcal/kg de MS respectivamente.

A inclusão da mistura física e do lipídeo estruturado nas rações para leitões na fase de creche melhoraram o aproveitamento da proteína bruta e do extrato etéreo. A inclusão do lipídeo estruturado na dieta de leitões melhora a conversão alimentar no período total de creche e proporciona uma maior quantidade de células caliciformes no duodeno e maior área absorptiva no jejuno.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, A. C. Acidifiers: important components of pig feeds. **Technical Information**, Singapore, p. 1-6, 2000.
- AFONSO, E. R.; PARAZZI, L. J.; MARINO, C. T.; MARTINS, S. M. M. K.; SILVA, C. C.; GAMEIRO, A. H.; MORETTI, A. D. S. A. Associação de probióticos adicionados à dieta de leitões no aleitamento e na creche: índices zootécnicos e economicidade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 14, n. 1, p. 161-176, 2013.
- ALLAN, F. J.; JOHNSON, R. N.; MCNUTT, P. V.; JAMES, K. A. C.; THOMPSON, K. G.; MANTELOW, B. W. Determination of fasting and postprandial lipoprotein cholesterol concentrations in pig: a comparison of methods. **Nutrition Research**, [s.l.], v. 20, n. 1, p. 1623- 1631, 2000.
- ALLEE, G. L.; TOUCHETTE, K. J. Efectos de la nutrición sobre la salud intestinal y el crecimiento de lechones. In: **Avances en nutrición y alimentación animal**. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, [s.l.], p. 125-144, 1999.
- AOAC. Official methods of analysis of AOAC. In: **International**, Washington, DC: Association of Official Analytical Chemist International, 1990.
- AQUINO, T. M. F. **Farelo de arroz parboilizado em ração para leitões na fase de creche**. 2012. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- BACH, A. C; BABAYAN, V. G. Medium-chain triglycerides: an update. **American Journal Clinical Nutrition**, [s.l.], v. 36, p. 950-962, 1982.
- BARBIN, D. **Planejamento e análise estatística de experimentos agropecuários**. Arapongas: Midas, 2003. 194p.
- BARRIER-GUILLOT, B.; CASADO, P.; MAUPETIT, P.; JONDREVILLE, C., GATEL, F.; LARBIER, M. Wheat Phosphorus Availability: 2-In Vivo Study in Broilers and Pigs; Relationship with Endogenous Phytasic Activity and Phytic Phosphorus Content in Wheat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Boigneville, v. 70, n. 1, p. 69-74, 1996.
- BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V. Determinação dos Valores de Energia e do Balanço de Nitrogênio de Alguns Alimentos para Leitões na Fase Inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 128, n. 6, p. 1279-1287, 1999.
- BLANCHARD, P; WRIGHT, F. Less buffering, more enzymes and organic acids. **Pig Progress**, [s.l.], v. 16, n. 3, p. 23-25, 2000.
- CARNIELLI, V. P.; LUIJENDIJK I. H. T.; VAN BEEK, R. H. T.; BOERMA, G. J. M.; DEGENHART, H. J.; SAUER, P. J. J. Effect of dietary triacilglycerl fatty acid positional distribution on plasma lipid classes and their fatty acid composition in pretern infants. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Rotterdam, v. 62, p. 776-781, 1995.

CERA, K. R.; MAHAN, D. C.; REINHART, G. A. Apparent fat digestibilities and performance responses of postweaning swine fed diets supplemented with coconut oil, corn oil or tallow. **Journal of Animal Science**, Delaware, v. 67, n. 8, p. 2040-2047, 1989.

CERA, K. R.; MAHAN, D. C.; REINHART, G. A. Effect of weaning, week postweaning and diet composition on pancreatic and small intestinal luminal lipase response in young swine. **Journal of Animal Science**, Delaware, v. 68, n. 2, p. 384- 390, 1990.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. **Bioquímica ilustrada**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 446 p. 1996.

CHIANG, S. H.; PETTIGREW, J. E.; CLARKE, S. D.; CORNELIUS, S. G. Digestion and absorption of fish oil by neonatal piglets. **The Journal of Nutrition**, Minnesota, v. 119, n. 11, p. 1741- 1743, 1989.

COLE, M.; VARLEY, M. **Weight watchers from birth**. Pig International, [s.l.], 2000.

CORRING, T.; AUMAITRE, A.; DURAND, G. Development of digestive enzymes in the piglet from birth to 8 weeks. **Annals of Nutrition and Metabolism**, [s.l.], v. 22, n. 4, p. 231-243, 1978.

D'AGOSTINI, D. **Obtenção de lipídios estruturados por interesterificação de triacilgliceróis de cadeia média e longa**. 2001. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas). Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo, 2001.

D'AGOSTINI, D; GIOIELLI, L. A. Distribuição estereoespecífica de lipídios estruturados a partir de gorduras de palma, palmiste e triacilgliceróis de cadeia média. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 38, n.3, p. 345-354, 2002.

DOVE, C. R. The effect of adding copper and various fat sources to the diets of weanling swine on growth performance and serum fatty-acid profiles. **Journal of Animal Science**, Georgia, v. 71, n. 8, p. 2187-2192, 1993.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVÊDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, 2012.

DRITZ, S. S.; OWEN, K. Q.; NELSSSEN, J. L.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D. Influence of weaning age and nursery diet complexity on growth performance and carcass characteristics and composition of high-health status pigs from weaning to 109 kilograms. **Journal of Animal Science**, Kansas, v. 74, n. 12, p. 2975-2984, 1996.

FARFÁN, M.; VILLALÓN, M. J.; ORTÍZ, M. E.; NIETO, S.; BOUCHON, P. The effect of interesterification on the bioavailability of fatty acids in structured lipids. **Food chemistry**, Santiago, v. 139, p. 571-577, 2013.

FAKLER, T. M.; ADAMS, C. M.; MAXWELL, C. V. Effect of dietary fat source on performance and fatty acid absorption in the early-weaned pig. **Journal Animal Science**, [s.l.], v. 71, p.174, 1993.

GANNER, A.; SCHATZMAYR, G. Capability of yeast derivatives to adhere enteropathogenic bacteria and to modulate cells of the innate immune system. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Tulln, v. 95, n. 2, p. 289–297, 2012.

HANCZAKOWSKA, E. The use of medium-chain fatty acids in piglet feeding – a review. **Annals of Animal Science**, Kraków, v. 17, n. 4, p. 967–977, 2017.

HAUMANN, B. F. Structured lipids allow fat. **Inform**, [s.l.], v. 8, n. 10, p. 1004-1011, 1997.

HEDEMANN, M. S.; PEDERSEN, A. R.; ENGBERG, R. M. Exocrine pancreatic secretion is stimulated in piglets fed fish oil compared with those fed coconut oil or lard. **The Journal of Nutrition**, Tjele, v. 131, n. 12, p. 3222-3226, 2001.

HOWARD, K.A.; FORSYTH, D. M.; CLINE, T. R. The effect of an adaptation period to soybean oil additions in the diets of young pigs. **Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 68, n. 3, p. 678-688, 1990.

INNIS, S. M.; DYER, R. A. Dietary canola oil alters hematological indices and blood lipids in neonatal piglets fed formula. **The Journal of Nutrition**, Vancouver, v. 129, n. 7, p. 1261-1268, 1999.

JIN, C. F.; KIM, J. H.; HAN, I. K.; JUNG, H. J.; KWON, C. H. Effects of various fat sources and lecithin on the growth performance and nutrient utilization in pigs weaned at 21 days of age. **Asian-australasian Journal of Animal Sciences**, [s.l.], v. 11, n. 2, p. 176-184, 1998

JONES, D. B.; HANCOCK, J. D.; HARMON, D. L.; WALKER, C. E. Effects of exogenous emulsifiers and fat sources on nutrient digestibility, serum-lipids, and growth-performance in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, , Manhatan, v. 70, n. 11, p. 3473-3482, 1992.

JUNG, H. J.; KIM, Y. Y.; HAN, I. K. Effects of Fat Sources on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Serum Traits and Intestinal Morphology in Weaning Pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, [s.l.], v. 16, n. 7, p. 1035-1040, 2003.

JUNQUEIRA, O. M.; ANDREOTTI, M. O.; ARAÚJO, L. F.; DUARTE, K. F.; CANCHERINI, L. C.; RODRIGUES, E. A. Valor Energético de Algumas Fontes Lipídicas Determinado com Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 34, n.6, p. 2335- 2339, 2005.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. Tecido nervoso. **Histologia Básica: Texto & Atlas. 12th ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan**, p. 149-175, 2013.

KERR, B. J; KELLNER, T. A.; SHURSON, G. C. Characteristics of lipids and their feeding value in swine diets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. [s.l.], v. 6, 2015.

KOKETSU Y.; DIAL G. D. Factors associated with average pig weight at weaning on farms using early weaning. **Animal Science**, Minnesot, v. 66, n. 1, p.247-253, 1998.

KUMMER. R.; GONÇALVES, M. A. D.; LIPPKE, R. T.; MARQUES, B.M.F.P.P.; MORES T.J. Fatores que influenciam no desempenho dos leitões na fase de creche. **Acta Scientiae**

**Veterinariae**, Porto Alegre, v. 37, n. 1, p. 195-209, 2009.

LEÃO, V. P. D. C.; FERREIRA, J. Q.; FIGUEIREDO, M. P. D.; VIANA, A. E. S.; PEREIRA, L. G. R. Cinza insolúvel em ácido em ensaio de digestibilidade em ovinos alimentados com cana-de-açúcar e feno da parte aérea da mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Vitória da Conquista, v. 9, n. 3, p. 480-487, 2008.

LEE, K. T.; AKOH, C. C. Characterization of enzymatically synthesized structured lipids containing eicosapentaenoic, docosahexaenoic, and caprylic acids. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Athens, v. 75, n. 4, p. 495-499, 1998.

LEE, C. H.; HAN, Y. K.; LEE, K. U.; KIM, J. D.; CHO, W. T.; KO, T. G.; HAN, IN. K. Study on the nutritive value of dextrin as a carbohydrate source for pigs weaned at 21 days of age. **Journal of Animal and Feed Sciences**, Jablonna, v. 9, n. 4, p. 647-663, 2000.

LEMOES, D. M. M. **Óleo de vísceras de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus* L.) E oiticica (*Licania rigida* Benth.): obtenção de gorduras poliinsaturadas pelo método de complexação com ureia**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) -Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

LEPINE, A. J.; BOYD, R. D.; WELCH, J. A.; RONEKER, K. R. Effect of colostrum or medium-chain triglyceride supplementation on the pattern of plasma glucose, non-esterified fatty acids and survival of neonatal pigs. **Journal of Animal Science**, Ithaca, v. 67, p. 983-990, 1989.

LI, D. F.; THALER, R. C.; NELSEN, J. L.; HARMON, D. L.; ALLEE, G. L.; WEEDEN, T. L. Effect of fat sources and combinations on starter pig performance, nutrient. **Journal of Animal Science**, Manhattan, v. 68, p. 3694-3704, 1990.

LIMA, G. J. M. M.; MORÉS, N.; SANCHES, R. N. As diarreias nutricionais na suinocultura. **Acta Scientiae Veterinariae**, [s.l.], 37(Supl 1): s17-s30, 2009.

LIU, Y.L. et al. Effects of fish oil supplementation on the performance and the immunological, adrenal, and somatotropic responses of weaned pigs after an lipopolysaccharide challenge. **Journal of Animal Science**, Columbia, v. 81, n. 11, p. 2758-2765, 2003.

LIU, Z.; CHEN, D.; YU, B.; LV, M.; MAO, X.; HAN, G.; CHEN, H.; MAO, Q. Effect of different fat sources on growth performance and lipid metabolism in weaned piglets. **Chinese Journal of Animal Nutrition**, [s.l.], v. 23, n. 9, p. 1466-1474, 2011.

LÓPEZ-PEDROSA, J. M.; RAMÍREZ, M.; TORRES, M. I.; GIL, A. Dietary phospholipids rich in long-chain polyunsaturated fatty acids improve the repair of small intestine in previously malnourished piglets. **The Journal of nutrition**, Granada, v. 129, n. 6, p. 1149-1155, 1999.

MACKIE, A.; MACIERZANKA, A. Colloidal aspects of protein digestion. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, Colney, v. 15, n. 1-2, p. 102-108, 2010.

MAHAN, D. C. Efficacy of initial postweaning diet and supplemental coconut oil or soybean

oil for weanling swine. **Journal of Animal Science**, Columbus, v. 69, n. 4, p. 1397-1402, 1991.

MATOS, A. V. S.; WATANABE, P. H.; FREITAS, E. R.; SANTOS, K. M.; ARAUJO, L. R. S.; NEPOMUCENO, R. C.; VEIRA, A. M.; VIEIRA, E. H. M. Calcium anacardate as growth promoter for piglets at the nursery phase. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Fortaleza, v. 52, p. 1253-1260, 2017.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W.; SINGSEN, E. P. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Storrs, Connecticut, University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965.

MAVROMICHALIS, I.; HANCOCK, J. D.; HINES, R. H.; SENNE, B. W.; CAO, H. Lactose, sucrose, and molasses in simple and complex diets for nursery pigs. **Animal feed science and technology**, Manhattan, v. 93, n. 3-4, p. 127-135, 2001.

MOREIRA FILHO, A. L. B.; OLIVEIRA, C. J. B.; OLIVEIRA, H. B.; CAMPOS, D. B.; GUERRA, R. R.; COSTA, F. G. P.; GIVISIEZ, P. E. N. High Incubation Temperature and Threonine Dietary Level Improve Ileum Response Against Post Hatch Salmonella Enteritidis Inoculation in Broiler Chicks. **PloS One**, Areia, v. 10, n. 7, 2015.

MOREIRA, F. R. D. C.; COSTA, A. N.; MARTINS, T. D. D.; SILVA, J. H. V. D.; MEDEIROS, H. R. D.; CRUZ, G. R. B. D. Substituição parcial do milho por sorgo granífero na alimentação de suínos nas fases de creche, crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 15, n. 1, p. 94-107, 2014.

MOREIRA, I.; MAHAN, D. C. Effect of dietary levels of vitamin E (all-rac-tocopheryl acetate) with or without added fat on weanling pig performance and tissue alpha-tocopherol concentration. **Journal of Animal Science**, Columbus, v. 80, n. 3, p. 663-669, 2002.

MOUNTZOURIS, K. C.; GILMOUR, S. G.; RASTALL, R. A. Continuous production of oligodextrans via controlled hydrolysis of dextran in an enzyme membrane reactor. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 67, n. 5, p. 1767-1771, 2002.

NASCIF, C. C. C.; GOMES, P. C.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S. Determinação dos Valores Energéticos de Alguns Óleos e Gorduras para Pintos de Corte Machos e Fêmeas aos 21 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 375-385, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. 1998. **Nutrients requeriments of swine**. 10 ed. Washington: NRC, p. 189, 1998.

NETER, J.; WASSERMAN, W. Applied linear statistical models, 1974. 842p.

NGUYEN, L. Q.; EVERTS, H.; BEYNEN, A. C. Influence of dietary linseed, fish and coconut oil on growth performance of growing pigs kept on small holdings in central Vietnam. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, Hue City, v. 88, n. 5-6, p. 204-210, 2004.

OETTING, L. L.; UTIYAMA, C. E.; GIANI, P. A.; RUIZ, U. D. S.; MIYADA, V. S. Efeitos de extratos vegetais e antimicrobianos sobre a digestibilidade aparente, o desempenho, a

morfometria dos órgãos e a histologia intestinal de leitões recém-desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 35, n. 4, p. 1389-1397, 2006.

PETTIGREW, J. E.; MOSER, R. L. Fat in swine nutrition. **Swine nutrition**. chap. 8, p.133-145, 1991.

PIMENTA, M. E. S. G.; LIMA, J. A. F.; FIALHO, E. T.; LOGATO, P. V. R.; MURGAS, L. D. S.; BERTECHINI, A. G. Diferentes fontes e níveis de lipídios no desempenho de leitões pós-desmame. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v.27, n.5, p.1130-1137, 2003.

POWLES, J.; WISEMAN, J.; COLE, D. J. A.; JAGGER, S. Prediction of the apparent digestible energy values of fats given to pigs. **Animal Science**, Loughborough, v. 61, p. 149-154, 1995.

PUPA, J. M. R. Óleos e gorduras na alimentação de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, [s.l.], v. 1, p. 69-73, 2004.

RIBEIRO A. M. L., PINHEIRO C. C.; GIANFELICE M. Nutrientes que afetam a imunidade dos leitões. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 36, p. 119-124,2008.

ROPPA, L. Avanços na nutrição de leitões. **Anuário Suinícola**, [s.l.], janeiro, 1998.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. V.; RODRIGUES, P. B.; LIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **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.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. (Ed). Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2a Ed. Jaboticabal: FUNEP. 2016. 262p.

SANDSTROM, R., HYLINDER, A., KORNER, U., LUNDHOLM, K. Structured triglycerides to postoperative patients - a safety and tolerance study. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, Gothenburg, v. 17, n. 2, p. 153-157, 1993.

SANTOS, V.L.; CONTREIRA, C. L.; FARINA, G.; GENTILINI, F. P.; ANCIUTI, M. A.; RUTZ, F. Imunonutrição em aves e suínos: fundamentos e imunonutrientes. **Nutritime Revista Eletrônica**, [s.l.] v.12, n.6, p.4411-4425, 2015.

SBARDELLA, M.; BERENCHTEIN, B.; ANDRADE, C.; PERINA, D. P.; ALMEIDA, V. V.; MIYADA, V. S. Rice oil as a soybean oil replacement in weanling pig diets. **Livestock Science**, Piracicaba, v. 145, n. 1-3, p. 21-27, 2012.

SILVA, F. L. **Desempenho e qualidade dos ovos de codorna europeias (*Coturnix coturnix coturnix*) alimentadas com dietas contendo óleo de soja ou girassol suplementadas com vitamina E**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

SILVA JUNIOR, A. Interações químico-fisiológicas entre acidificantes, probióticos, enzimas e lisofosfolípidios na digestão de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n.

spe, p. 238-245, July 2009.

SILVA, L. P.; NORBERG, J. L. Prebióticos na nutrição de não ruminantes. **Revista de Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p.55-65, 2003.

SILVA, R. V.; GIOIELLI, L. A. Propriedades físicas de lipídios estruturados obtidos a partir de banha e óleo de soja. **Brazilian journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v. 42, n. 2, p. 223- 235, 2006.

SINN, N.; MILTE, C. M.; STREET, S. J.; BUCKLEY, J. D.; COATES, A. M.; PETKOV, J.; HOWE, P. R. Effects of n-3 fatty acids, EPA v. DHA, on depressive symptoms, quality of life, memory and executive function in older adults with mild cognitive impairment: a 6- month randomised controlled trial. **British Journal of Nutrition**, Adelaide v.107, p.1682–1693, 2012.

SOUZA, C. S. **Utilização de misturas de óleos vegetais na ração de suínos em terminação**. 2017. Dissertação (Mestrado em produção animal). Programa de Pós-graduação em Produção Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2017.

STRAARUP, E. M.; DANIELSEN, V.; JAKOBSEN, K.; HØY, C. E. Fat digestibility, nitrogen retention, and fatty acid profiles in blood and tissues of post-weaning piglets fed interesterified fats. **Journal of Animal Feed Science**, Lyngby, v. 12, p. 539–559, 2003.

STRAARUP, E. M.; DANIELSEN, V.; HØY, C. E.; JAKOBSEN, K. Dietary structured lipids for post-weaning piglets: fat digestibility, nitrogen retention and fatty acid profiles of tissues. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Lyngby, v. 90, n. 3-4, p. 124-135, 2006.

SU, Y.; SHE, Y.; HUANG, Q.; SHI, C.; LI, Z.; HUANG, C.; PIAO, X.; LI, D. The effect of inclusion level of soybean oil and palm oil on their digestible and metabolizable energy content determined with the difference and regression method when fed to growing pigs. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, [s.l.], v. 28, n. 12, p. 1751, 2015.

SUIRYANRAYNA, M. V. A. N.; RAMANA, J. V. A review of the effects of dietary organic acids fed to swine. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, [s.l.], v. 6, p. 1-11, 2015.

TRINDADE NETO, M. A.; BERTO, D. A.; NYACHOTI, C. M.; SCHAMMASS, E. A. Energy and amino acid content in phase 1 nursery diet: piglet performance and body chemical composition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, São Paulo, v. 39, n. 6, p. 1286-1294, June, 2010.

ULRICH, H.; PASTORES, S. M.; KATZ, D. P.; KVETAN, V. Parenteral use of medium-chain triglycerides: a reappraisal. **Nutrition**, New York, v. 12, n. 4, p. 231-238, 1996.

UTIYAMA, C. E; OETTING, L. L.; GIANI, P. A.; RUIZ, U. S; MIYADA, V. S. Efeitos de antimicrobianos, prebióticos, probióticos e extratos vegetais sobre a microbiota intestinal, a frequência de diarreia e o desempenho de leitões recém-desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**. [s.l.], v. 35, n. 6, p. 2359-2367, 2006.

VERUSSA, G. H. Uso de lipídios na nutrição de suínos. **Nutritime Revista Eletrônica**, Mato

Grosso, v.12, n.5, p.4288-4301, 2015.

WENG, R. C. Dietary fat preference and effects on performance of piglets at weaning. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, [s.l.], v. 30, n. 06, p. 834-842, 2017.

WILLIS, W. M.; MARANGONI, A. G. Assessment of lipase and chemically catalysed lipid modification strategies for the production of structured lipids. **Journal of American Oil Chemist's Society**, Ontario, v.76, n.4, p.443-450, 1999.

WU, G.; KNABE, D. A.; KIM, S. W. Arginine nutrition in neonatal pigs. **Journal of Nutrition**, Lubbock, v. 134, n. 10, p. 2783-2790, 2004.

ZLOTOWSKI, P.; DRIEMEIER, D.; BARCELLOS, D. E. S. N. Patogenia das diarreias dos suínos: modelos e exemplos. **Acta scientiae veterinariae**, Porto Alegre, v. 36, n. 1, p. 81-86, 2008.