

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ - UEM
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA - PPZ

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA POLPA CÍTRICA
DESIDRATADA, COM OU SEM ADIÇÃO DE ENZIMAS
EXÓGENAS, PARA LEITÕES DOS 7 AOS 11 KG

Autor: Gustavo Henrique de Araujo

Orientador: Prof. Dr. Leandro Dalcin Castilha

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza

MARINGÁ

Estado do Paraná

Dezembro - 2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ - UEM
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA - PPZ

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA POLPA CÍTRICA
DESIDRATADA, COM OU SEM ADIÇÃO DE ENZIMAS
EXÓGENAS, PARA LEITÕES DOS 7 AOS 11 KG

Autor: Gustavo Henrique de Araújo

Orientador: Prof. Dr. Leandro Dalcin Castilha

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza

“Dissertação apresentada como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração Produção Animal”

MARINGÁ

Estado do Paraná

Dezembro - 2019



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

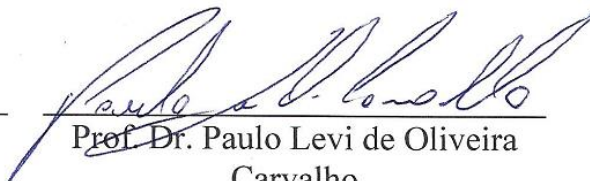
AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA POLPA CÍTRICA
DESIDRATADA, COM OU SEM ADIÇÃO DE ENZIMAS
EXÓGENAS, PARA LEITÕES DOS 7 AOS 11KG


Autor: Gustavo Henrique de Araújo
Orientador: Prof. Dr. Leandro Dalcin Castilha

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADO em 20 de dezembro de 2019.


Prof.^a Dr.^a Juliana Beatriz Toledo


Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira
Carvalho


Prof. Dr. Leandro Dalcin Castilha
Orientador

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, primeiramente aos meus pais Marilei Aparecida Cruz de Araujo e Sidney Vicente de Araujo, aos meus irmãos Maykon Sidney de Araujo e Marcela Paula de Araujo, que sempre me apoiaram e incentivaram dando forças para continuar e conquistar os meus objetivos. Amo muito vocês, obrigado por tudo!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, meu agradecimento a Deus! Por sempre me confortar dando sabedoria, saúde, paciência e mantendo as pessoas que amo sempre por perto e com saúde.

À Universidade Estadual de Maringá, por possibilitar meu desenvolvimento pessoal e profissional durante anos de estudo, concluindo o curso de zootecnia e a Pós-graduação, ao programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPZ-UEM) pela grandiosa oportunidade de realização deste trabalho e a CAPES pela concessão da bolsa de estudo durante o curso de mestrado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Leandro Dalcin Castilha, ao meu coorientador, Paulo Cesar Pozza, por todos os ensinamentos, toda dedicação, conselhos, apoio, paciência e companheirismo durante esse período.

Aos colegas do grupo de pesquisa, Leonardo Malavazzi, Gabriel Araujo, Isabela Leal, Higor Pavão, Maria Paula e Lucas Pimentel Bonagurio, pois sem a ajuda e apoio de vocês não seria capaz de desenvolver e concluir este trabalho.

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi, em especial aos do setor de suínos.

Aos amigos de turma com quem compartilhei algumas horas de estudo e troca de experiências durante esse período.

A toda minha família, que sempre me apoiaram e motivaram a continuar estudando, seguindo com foco e força atrás de meus objetivos. Por toda paciência e conselhos importantíssimos que me mantiveram firme nessa caminhada. Aos meus pais que são meus heróis e espelho de exemplo de amor, força, união, caráter e honestidade, que sempre se dedicaram e se esforçaram, financeiramente, tempo e saúde para me

manter o mais confortável possível durante toda a minha vida, meu eterno amor e gratidão por vocês, sem vocês eu não seria nada que sou hoje!

Aos meus irmãos Marcela Paula de Araujo e Maykon Sidney de Araujo, que foram incentivadoras para prosseguir na formação acadêmica, sempre me dando conselhos e força para seguir em frente, as minhas amadas sobrinhas Maria Eduarda e Luisa, despertando sorrisos e momentos de felicidade. À minha namorada Natani Caroline Nogueira, que me apoia e me incentiva com amor e companheirismo, dando forças e momentos de alegria. A todos os meus amigos da vida que acompanharam toda minha trajetória, dedico o meu muito obrigado.

E a todos os professores, funcionários e pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

Este foi um período de muito aprendizado, crescimento e desenvolvimento pessoal e profissional. Com certeza é uma grande conquista e uma grande alegria.

Muito Obrigado!

BIOGRAFIA

Gustavo Henrique de Araujo, nasceu no dia 9 de agosto de 1992 na cidade de Maringá, Paraná, Brasil. Filho de Marilei Aparecida Cruz de Araujo e Sidney Vicente de Araujo.

Em março de 2010 ingressou no curso de graduação em Zootecnia, na Universidade Estadual de Maringá, onde concluiu o curso em dezembro de 2016 e obteve o diploma de Zootecnista em fevereiro de 2017.

Em março de 2017, iniciou no programa de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de mestrado, área de concentração Produção Animal – Nutrição de monogástricos, na Universidade Estadual de Maringá.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUÇÃO	1
II. REVISÃO DE LITERATURA	3
PROBLEMAS NO DESMAME DE LEITÕES	3
ALTERNATIVAS NUTRICIONAIS PARA LEITÕES PÓS-DESMAME	4
UTILIZAÇÃO DA FIBRA COMO ESTRATÉGIA ALIMENTAR PARA LEITÕES PÓS-DESMAME	6
POLPA CÍTRICA DESIDRATADA NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS	8
USO DE ENZIMAS EXÓGENAS	9
REDUÇÃO DE DIARREIAS PÓS-DESMAME	12
REFERÊNCIAS	14
III. OBJETIVOS	31
ARTIGO 1	
Avaliação nutricional da polpa cítrica desidratada, com ou sem complexo enzimático exógeno, para leitões dos 7 aos 11 kg	32
Resumo	32
1. Introdução	33
2. Material e métodos	34
3. Resultados	43
4. Discussão	48
5. Conclusão	53
Referências	53

ARTIGO 2

Polpa cítrica desidratada e complexo enzimático exógeno sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos e fecais de leitões recém-desmamados	60
Resumo	60
Highlights.....	60
1. Introdução	61
2. Material e métodos.....	62
3. Resultados.....	69
4. Discussão	74
5. Conclusão.....	79
Referências.....	80
CONSIDERAÇÕES FINAIS	80

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1: Avaliação nutricional da polpa cítrica desidratada, com ou sem complexo enzimático exógeno, para leitões dos 7 aos 11 kg

Tabela 1. Composição centesimal, química e energética da ração Pré-inicial I.....	35
Tabela 2. Composição centesimal, química e energética da ração-referência (Experimento 1).....	37
Tabela 3. Composição centesimal, química e energética das rações experimentais para leitões dos 7,0 aos 11,0 kg contendo níveis crescentes de polpa cítrica desidratada (PCD), sem ou com adição de enzimas exógenas.....	41
Tabela 4. Composição bromatológica da polpa cítrica desidratada.....	44
Tabela 5. Digestibilidade aparente dos nutrientes da polpa cítrica desidratada.....	45
Tabela 6. Coeficientes de digestibilidade (CD) e de metabolizabilidade (CM) aparente de nutrientes e energia em rações experimentais para leitões dos 7,0 aos 11,0 kg contendo níveis crescentes de polpa cítrica desidratada (PCD), sem ou com adição de enzimas exógenas.....	46

ARTIGO 2: Polpa cítrica desidratada e complexo enzimático exógeno sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos e fecais de leitões recém-desmamados

Tabela 1. Composição centesimal, química e energética das rações experimentais para leitões dos 7,0 aos 11,0 kg contendo níveis crescentes de polpa cítrica desidratada (PCD), sem ou com adição de enzimas exógenas.....	65
Tabela 2. Variáveis de desempenho de leitões recém-desmamados, alimentados com rações contendo ou não polpa cítrica desidratada (PCD) e complexo enzimático exógeno (ENZ).....	71
Tabela 3. Avaliação econômica de leitões recém-desmamados, alimentados com rações contendo ou não polpa cítrica desidratada (PCD) e complexo enzimático exógeno (ENZ).....	72
Tabela 4. Parâmetros bioquímicos do sangue de leitões recém desmamados, alimentados com rações contendo ou não polpa cítrica desidratada (PCD) e complexo enzimático exógeno (ENZ).....	73
Tabela 5. Contagem leucocitária e hematócrito de leitões recém-desmamados, alimentados com rações contendo ou não polpa cítrica desidratada (PCD) e complexo enzimático exógeno (ENZ).....	74
Tabela 6. Parâmetros fecais de leitões recém desmamados, alimentados com rações contendo ou não polpa cítrica desidratada (PCD) e complexo enzimático exógeno (ENZ).....	75
Tabela 7. Avaliação de escore fecal de leitões recém-desmamados, alimentados com rações contendo ou não polpa cítrica desidratada (PCD) e complexo enzimático exógeno (ENZ).....	76

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1. Produção global de frutas por variedades em 2017 (milhões de toneladas)... 8

ARTIGO 1: Avaliação nutricional da polpa cítrica desidratada, com ou sem complexo enzimático exógeno, para leitões dos 7 aos 11 kg

Figura 1. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS – A), dos carboidratos não fibrosos (CDCNF – B), do cálcio (CDCa – C) e do fósforo (CDP – D) em rações para leitões dos 7,0 aos 11,0 kg sem ou com adição de enzimas exógenas..... 47

Figura 2. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS – A), da energia bruta (CDEB - B), da fibra em detergente ácido (CDFDA – C), dos carboidratos não fibrosos (CDCNF – D) e da matéria orgânica (CDMO – E) e coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB – F) em rações para leitões dos 7,0 aos 11,0 kg contendo níveis crescentes de polpa cítrica desidratada (PCD)..... 48

RESUMO

A polpa cítrica desidratada (PCD) constitui um coproduto oriundo da indústria da laranja com viabilidade para uso na dieta de suínos, porém o elevado conteúdo de fibra pode limitar seu uso para leitões, fato que pode ser mitigado mediante uso de enzimas exógenas. Foram realizados três experimentos com o objetivo de determinar a composição química, energética e a digestibilidade dos nutrientes da polpa cítrica desidratada (PCD) para leitões dos 7 aos 11 kg, além de realizar uma avaliação sobre níveis de inclusão de PCD, com ou sem complexo enzimático exógeno, sobre a digestibilidade dos nutrientes e energia da dietas, desempenho, viabilidade econômica, parâmetros bioquímicos, hematológicos e parâmetros fecais dos leitões. No Experimento 1, foram utilizados 12 leitões mestiços, machos castrados, com peso médio inicial de $9,12 \pm 0,35$ kg, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo, em delineamento experimental inteiramente ao acaso, com dois tratamentos seis repetições. Os tratamentos foram a ração referência (RR) e a ração teste (RT), composta por 10% de PCD + 90% de RR. No Experimento 2, foram utilizados 40 leitões mestiços, machos castrados, com peso médio inicial de $9,16 \pm 0,37$ kg, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo em delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 X 4, cujos tratamentos consistiram na adição ou não de complexo enzimático exógeno versus níveis de inclusão de PCD (0, 30,60 e 90 g/kg) às rações, com cinco repetições por tratamento. As rações experimentais foram isonutritivas, formuladas com os dados de composição bromatológica e EM da PCD determinados no Experimento 1. Em ambos experimentos, foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente (CD) dos nutrientes e energia bruta (EB) da PCD (Experimento 1) e das rações experimentais (Experimento 2), além do coeficiente de metabolizabilidade (CM) da EB. O Experimento 1 revelou que os principais componentes bromatológicos da PCD foram os carboidratos totais (851,13 g/kg), carboidratos não fibrosos (678,10 g/kg), pectina (206,83 g/kg) e fibra em detergente neutro (193,04 g/kg). Os maiores CD foram obtidos para os carboidratos não fibrosos (83,08%), matéria orgânica (79,67%) e energia bruta (78,91%). No Experimento 2, o *blend* enzimático exógeno resultou em aumento no CDMS (90,37%), CDCNF (90,43%), CDCa (58,40%) e CDP (43,87%), enquanto os níveis crescentes de PCD resultaram em redução linear do CDMS, CDEB, CDFDA, CDCNF, CDMO e CMEB. No Experimento 3, foram utilizados 48 leitões mestiços, 24 machos castrados e 24 fêmeas, com peso médio inicial de $6,52 \pm 0,22$ kg, desmamados

com 21 dias de idade. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 X 2, cujos tratamentos consistiram na adição ou não de PCD (30 g/kg) e de complexo enzimático exógeno às rações, com seis repetições por tratamento e dois animais por unidade experimental (um macho e uma fêmea). Em todos experimentos os animais foram submetidos a uma fase de adaptação de 12 dias se alimentando com ração pré-inicial I. O complexo enzimático exógeno foi composto por um *blend* comercial à base de carboidrases (xilanase, beta-glucanase, alfa-galactosidase e celulase – 2.700,00 u/g) e fitase (5.000,00 u/g), sendo adicionado às rações de acordo com a recomendação do fabricante (130g / tonelada de ração). Neste contexto, a inclusão de 30 g/kg de polpa cítrica desidratada em dieta para leitões (7 aos 11kg) resulta em menor concentração plasmática de colesterol total, enquanto a inclusão de complexo enzimático exógeno proporciona maior peso final, maior retorno econômico e maior concentração de cálcio plasmático.

Palavras-chave: Coproduto da laranja, enzimas exógenas, saúde intestinal de leitões.

ABSTRACT

Dehydrated citrus pulp (DCP) is an orange industry by-product with viability to be used in pig diets, but its higher fiber content may limit it for piglets, a fact that can be mitigated by the exogenous enzymes application. Three experiments were carried out to determine the chemical, energetic composition and nutrient digestibility of dehydrated citrus pulp (DCP) for piglets from 7 to 11 kg, as well as to evaluate the DCP inclusion levels, with or without exogenous enzymes, on nutrients and energy dietary digestibility, as for performance, economic viability, blood biochemical and hematological parameters and fecal parameters of piglets. In Experiment 1, twelve castrated male crossbred piglets with initial average weight of 9.12 ± 0.35 kg were housed individually in metabolism cages in a completely randomized design with two treatments and six replicates. The treatments were the reference diet (RD) and the test diet (TD), consisting of 10% DCP + 90% RD. In Experiment 2, forty castrated male crossbred piglets, with initial average weight of 9.16 ± 0.37 kg, were housed individually in metabolism cages in a randomized block design in a 2 X 4 factorial scheme, which consisted of the addition or not of exogenous enzyme complex versus DCP inclusion levels (0, 30, 60 and 90 g/kg) to diets, with five replicates per treatment. The experimental diets were isonutritive, formulated with the DCP bromatological composition and metabolizable energy data determined in Experiment 1. In both experiments, the DCP apparent digestibility coefficients (ADC) of nutrients and gross energy (GE) (Experiment 1) and experimental diets (Experiment 2) were determined, besides the GE metabolizability coefficient (MC). Experiment 1 revealed that the main DCP bromatological components were total carbohydrates (851.13 g/kg), non-fibrous carbohydrates (678.10 g/kg), pectin (206.83 g/kg) and neutral detergent fiber (193.04 g/kg). The highest ADC were obtained for non-fibrous carbohydrates (83.08%), organic matter (79.67%) and gross energy (78.91%). In Experiment 2, the exogenous enzymes blend resulted in an increase in ADC values of DM (90.37%), NFC(90.43%), Ca (58.40%) and P(43.87%), while increasing levels of DCP resulted in a linear reduction in ADC of DM, GE, ADF, NDF, OM and MCGE. In Experiment 3, forty-eight crossbred piglets, 24 castrated males and 24 females, with initial average weight of 6.52 ± 0.22 kg, weaned at 21 days old were used. The animals were distributed in a randomized block design in a 2 X 2 factorial scheme, which treatments consisted in addition or not of DCP (30 g/kg) and exogenous enzyme complex to diets, with six replicates per treatment and two animals per

experimental unit (one male and one female). In all experiments the animals were submitted to a 12-day adaptation phase feeding on pre-starter ration I. The exogenous enzyme complex was composed of a commercial blend of carbohydrates (xylanase, beta-glucanase, alpha-galactosidase and cellulase – 2.700.00 u/g) and phytase (5,000.00 u/g), being added to according to manufacturer's recommendation (130 g/t feed). In this context, the inclusion of 30 g/kg of dehydrated citrus pulp in piglet diet (7 to 11 kg) results in lower plasma total cholesterol concentration, while inclusion of exogenous enzyme complex provides higher final weight, higher economic return and higher plasma calcium concentration.

Keywords: Orange by-products, exogenous enzymes, intestinal health of piglets.

I. INTRODUÇÃO

A produção mundial de carne suína, de acordo com o relatório anual de 2018 da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), teve uma produção em 2017 de 110,961 milhões de toneladas no mundo (ABPA, 2018). Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal, o Brasil é o 4º maior produtor mundial e o 4º maior do ranking em exportação de carne suína, com a produção de 3.759 milhões de toneladas (3% do total da produção mundial), ficando atrás da União Europeia, Estados Unidos e Canadá. A carne suína consumida no Brasil per capita/ano é de 14,7 quilos, sendo o sexto maior consumidor (ABPA, 2018; ANTUNES, 2018), fazendo da suinocultura uma atividade muito importante e de crescimento constante.

Alterações decorrentes do desmame em associação com a baixa idade dos animais acarreta em problemas de desempenho, pois, os animais ficam expostos à ocorrência de diarreias e queda na digestão e absorção de nutrientes por causa da imaturidade fisiológica e imunológica desses animais, tornando o ambiente gastrointestinal propício para proliferação de microrganismos patogênicos (PLUSKE et al., 2003; GOMEZ, et al., 2015).

A mudança na alimentação dos leitões que passam da dieta líquida para dietas sólidas, dificulta a adaptação do sistema imunológico e digestório desses animais, pois estão ainda em desenvolvimento (SANTOS et al., 2016). O uso da alimentação como ferramenta para mitigar esses problemas é muito importante, sendo necessário fornecer uma dieta de alta digestibilidade e palatabilidade para melhor adaptação desses animais a nova fase (MARTINS et al., 2018).

Ingredientes fibrosos e alimentos alternativos em níveis moderados podem melhorar a saúde e desempenho dos leitões na fase de desmame, tendo como principais benefícios além do fornecimento dos nutrientes a modulação das populações microbianas presentes no trato digestório (PETTIGREW, 2008), pois possuem o sistema gastrointestinal pouco desenvolvido, acarretando em baixo aproveitamento e tornando um ambiente propício para fermentação microbiana que utilizam os componentes da fibra como substrato no intestino grosso (GOMES et al., 2006; BUDIÑO et al., 2015) equilibrando a microbiota intestinal que resulta em redução de diarreias pós-desmame (GONZALES, 2004; CARDOZO, 2006).

A polpa cítrica desidratada (PCD) constitui um coproduto oriundo da indústria da laranja com viabilidade para uso na dieta de suínos, porém o elevado conteúdo de fibra

pode limitar seu uso para suínos jovens, fato que pode ser mitigado mediante uso de enzimas exógenas, como carboidrases e fitase.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a composição química, energética e a digestibilidade dos nutrientes da PCD para leitões dos 7 aos 11 kg, além de realizar uma avaliação sobre níveis de inclusão de PCD, com ou sem complexo enzimático exógeno, sobre a digestibilidade dos nutrientes e energia da dietas, desempenho, viabilidade econômica, parâmetros bioquímicos e hematológicos sanguíneos e parâmetros fecais dos leitões.

II. REVISÃO DE LITERATURA

PROBLEMAS NO DESMAME DE LEITÕES

O desmame é um dos períodos mais estressantes para os suínos que inicia a fase de creche, onde é realizada a separação dos animais de suas mães, mistura com animais desconhecidos, mudança da alimentação líquida para alimentos sólidos e alteração do ambiente (ANDRADE et al. 2015). Estes fatores, associados, com a imaturidade fisiológica e imunológica dos leitões, tornam o ambiente gastrointestinal propício à proliferação de microrganismos patogênicos, podendo aumentar as desordens entéricas como ocorrência de diarreias, menor digestão e absorção de nutrientes dietéticos e, conseqüentemente, o desempenho desses animais (PLUSKE et al., 2003; GOMEZ, et al., 2015). A incapacidade de lidar com essas alterações resulta em graves danos intestinais nos leitões, ocorrendo imediatamente após o período de desmame (CAMPBELL et al., 2013), resultando em transtornos digestivos e redução no consumo de alimento, acarretando aos animais um estado de anorexia ou até a óbito (MONTAGNE et al., 2003).

Durante a lactação e o período pós-desmame, o trato gastrointestinal dos leitões está em desenvolvimento e a microbiota endógena tem grande impacto sobre o sistema morfológico, fisiológico e imunológico (WILLING e VAN KESSEL, 2007; KONSTANTINOV e SMIDT, 2008). Para o leitão, o leite materno é a principal fonte de energia e de fácil digestão, sendo um alimento rico em gordura, lactose e caseína (RIGUEIRA, 2009). O fornecimento de dietas que contenham ingredientes de elevada digestibilidade é essencial para o consumo de ração pelos leitões, atendendo positivamente as necessidades dos animais (KUMMER et al., 2009). Diante dessa realidade, fornecer aos leitões uma nutrição balanceada pode ser importante ferramenta para mitigar os problemas nessa fase de produção na suinocultura (OLIVEIRA et al., 2012).

ALTERNATIVAS NUTRICIONAIS PARA LEITÕES PÓS-DESMAME

A perda de peso e ocorrência de diarreia nos primeiros dias pós-desmame está associada aos microrganismos patogênicos que se proliferam no intestino delgado, ainda

em desenvolvimento nos leitões (HEO et al., 2013). O uso de antibióticos para equilibrar a microbiota intestinal pode gerar a seleção de cepas bacterianas resistentes, principal motivo pelo qual diversos países proibiram o uso desses produtos na nutrição animal (CAIRO et al., 2018). Estratégias alternativas de manejo e nutrição são essenciais para minimizar os efeitos negativos do desmame, obtendo-se assim, melhor produtividade (CAMPBELL et al., 2013).

Após o desmame, o desenvolvimento fisiológico dos animais é comprometido se for executado de forma inadequada (HÖTZEL et al., 2007; BAPTISTA et al., 2011). Alguns fatores como a transição do alimento líquido para o alimento sólido fornecido pós-desmame provocam alterações importantes, podendo causar inflamações no intestino (MOESER et al., 2017). Nesse período, ocorre redução no tamanho das vilosidades e aumento na profundidade de cripta intestinal (PLUSKE et al., 1996). As vilosidades intestinais têm como função aumentar a superfície de absorção dos nutrientes e contribuem para defesa contra infecções. O aumento da profundidade da cripta está associado com o incremento do número de células secretórias, que podem influenciar na patogênese da diarreia (PLUSKE et al. 1997; PIERCE, 2005). Os suínos após o desmame têm sua capacidade digestiva de carboidratos, proteínas e gordura limitada, e isso ocorre mediante a baixa síntese de enzimas. Dessa forma, a enzima lactase diminui gradativamente pela inclusão de alimentos sólidos e as outras enzimas digestivas endógenas alcançam total atividade por meados dos 42 dias de vida do leitão (SANTOS et al., 2016).

Alterações histológicas e bioquímicas no trato gastrointestinal ocorrem nesse período, tendo como resultado inicial baixa capacidade digestiva e absorptiva nos órgãos desses animais, afetando o metabolismo, crescimento e saúde dos suínos (HÖTZEL e MACHADO FILHO, 2004). Os fatores fisiológicos envolvidos no desenvolvimento e função do trato gastrointestinal dos leitões associados ao período de desmame são de extrema importância na performance dos leitões nessa fase (MOESER et al., 2017). Portanto, é essencial que a formulação de dietas para os suínos na fase pós-desmame supra as necessidades fisiológicas desses animais, disponibilizando nas rações ingredientes altamente digestíveis, simples e de baixo custo, maximizando o aproveitamento dos nutrientes presentes nos ingredientes, para melhor crescimento e desenvolvimento do animal (PLUSKE et al., 2003).

Durante a lactação, o leitão recebe o leite materno rico em gordura, lactose e caseína, sendo um alimento altamente digestível e que permite rapidamente o

desenvolvimento dos animais. Com o manejo do desmame, os leitões são submetidos a rações fareladas, com amido, óleos e proteínas vegetais que dificultam a adaptação do sistema digestório e imunológico, pois não estão adequadamente desenvolvidos (SANTOS et al., 2016). As rações mais comuns produzidas para suínos são as fareladas, úmidas, granuladas e peletizadas, processadas e modificando a estrutura física dos alimentos, quantidade de umidade, densidade, palatabilidade e digestibilidade dos nutrientes (COSTA, 2006), facilitando a adaptação alimentar dos animais em cada fase de produção. No intuito de minimizar o estresse nutricional e melhorar o desempenho da leitegada durante a fase de creche, é importante que o mais cedo possível seja fornecida ração de alta palatabilidade e digestibilidade aos lactentes (MARTINS et al., 2018).

As dietas mais adequadas para suínos desmamados aos 21 dias de idade devem conter ingredientes de alto valor nutricional, formuladas com inclusão de grãos de cereais, farelo de soja, produtos lácteos como o leite em pó desnatado e integral, soro de leite, açúcar, gordura, leveduras, plasma suíno seco, aminoácidos sintéticos, dentre outros (IAFIGLIOLA, 2001). A inclusão de dietas úmidas com melhor palatabilidade para suínos tem sido utilizada como estratégia no intuito de melhorar o ganho de peso, conversão alimentar, qualidade da carcaça e reduzir os custos de produção, melhorar a saúde do animal e possibilitar a reciclagem dos subprodutos da indústria alimentícia (MARTINS et al., 2008).

A utilização de ingredientes alimentares alternativos pode auxiliar na redução dos custos com a alimentação dos leitões na fase inicial, a partir do conhecimento dos valores nutricionais desses alimentos e seus benefícios para um funcionamento eficaz no trato gastrointestinal dos animais (PASCOAL et al., 2012).

UTILIZAÇÃO DA FIBRA COMO ESTRATÉGIA ALIMENTAR PARA LEITÕES PÓS-DESMAME

Na fase de pós-desmame, os animais são muito jovens e sensíveis a dietas com altos níveis de fibra, de modo que o menor aproveitamento do alimento fibroso ocorre pela menor área de disseminação da população microbiana, pois o desenvolvimento gastrointestinal é menor nesse período (GOMES et al., 2006). Os componentes da fibra dietética no intestino delgado são minimamente digeridos, servindo como substrato para a fermentação microbiana no intestino grosso (BUDIÑO et al., 2015).

Proteínas e frações de carboidratos que não são bem digeridos servem de substratos comumente utilizados por microrganismos, geralmente, patogênicos e responsáveis pela diarreia pós-desmame (KIM et al., 2012). Utilizando alimentos fibrosos na fase inicial, a modulação da microbiota intestinal pode ser influenciada, pois a fração fibrosa também não é digerida enzimaticamente, ficando disponível para a fermentação microbiana (MOLIST et al., 2009). Os principais produtos finais desta fermentação são os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que podem promover alterações na viscosidade da digesta intestinal, tamanho dos órgãos digestivos e morfologia intestinal (SERENA et al., 2008; BUDIÑO et al., 2015). A fibra pode ser benéfica por certos efeitos fisiológicos, como aumentos das secreções gástricas e intestinais, do turnover dos enterócitos e o estímulo para a motilidade intestinal (WHITNEY et al., 2006).

Os suínos apresentam em seu trato gastrointestinal (TGI) uma complexa diversidade de microrganismos importantes para sua sobrevivência, a modulação e equilíbrio destes microrganismos em sua microbiota intestinal dependem do tipo de alimento consumido (DINIS, 2010). Os leitões recém-desmamados secretam baixas quantidades de ácido clorídrico e tornam o pH relativamente alto, refletindo em um ambiente propício a proliferação de bactérias patogênicas tolerantes a esse nível de acidez. Nos leitões lactentes, o pH decresce com a produção de ácido láctico, funcionando como mecanismo seletivo de bactérias resistentes a esta acidez, proporcionando proteção contra a penetração de bactérias patogênicas (CANIBE e JANSEN, 2009).

Desta forma, destacam-se os promotores da simbiose entre hospedeiro e a flora intestinal, como as fibras prebióticas que são compostos não digeríveis que afetam benéficamente o hospedeiro e passíveis de fermentação pelas bactérias benéficas do trato gastrointestinal, que têm a capacidade de modular várias propriedades do sistema imunológico e de atuar sobre o sistema linfóide (GIBSON e ROBERFROID, 1995; WALTZ et al., 2005).

Os resíduos agroindustriais fornecem as principais fontes fibrosas utilizadas na alimentação animal, em que o processamento de frutas para obtenção de polpas gera considerável quantidade de resíduo (CARVALHO et al., 2014). O objetivo de pesquisas realizadas com alimentos alternativos é de substituir ingredientes nobres como o milho e o farelo de soja, que compõem grande parte da dieta de suínos, por ingredientes que

apresentem melhor custo benefício e que não afetem parâmetros zootécnicos (WATANABE, 2007).

Um dos principais fatores limitantes no uso de novas fontes alternativas de alimento nas dietas de suínos é a quantidade de fibra presente no alimento, quando incluído na dieta. Ainda assim, se o alimento for muito fibroso pode acarretar em mudança na composição de carboidratos, passando de uma dieta rica em amido para uma dieta com alto teor de polissacarídeos não amiláceos (PNA's), principais componentes da fibra dietética (AGYEKUM e NYACHOTI, 2017).

As enzimas digestivas dos suínos não são adequadas para degradar os PNA's (BEDFORD e SCHULSE, 1998), e a fibra dietética refere-se ao conjunto de componentes dietéticos resistentes à digestão por enzimas endógenas secretadas pelos animais (BACH KNUDSEN et al., 2001). Os PNA's e a lignina compõem a "fibra dietética", que representam a parede celular vegetal. Os tipos de fibras variam em relação à solubilidade, viscosidade, capacidade de retenção de água, capacidade de ligação aos minerais e moléculas orgânicas (URRIOLA et al., 2013).

Os suínos são animais monogástricos de ceco não funcional (CLOSE, 1994). Na alimentação desses animais existe grande variedade de produtos alimentares não consumidos pelo o homem e que podem ser explorados na suinocultura. Uma variedade de métodos de processamento pode ser explorada como adição de enzimas, moagem, ensilagem e peletização para a utilização desses subprodutos destinados para melhor disponibilidade de nutrientes e promover o uso desses alimentos na alimentação animal (CLOSE, 1993). Os componentes dietéticos da fibra são pouco digeridos no intestino delgado, servindo de substrato para fermentação microbiana no intestino grosso, sendo de alto valor nutritivo para os animais (BUDIÑO et al., 2015).

As fibras solúveis como pectinas, gomas e algumas hemiceluloses não são digeridas no intestino delgado pois formam um tipo de gel viscoso quando dissolvidas em água, servindo de substrato sendo facilmente fermentadas pela microflora do intestino grosso. As fibras insolúveis como lignina, celulose e algumas hemiceluloses não formam géis, tendo sua fermentação limitada. (BERNAUD & RODRIGUES, 2013). A utilização de alimentos fibrosos fornece a possibilidade de formar estratégias alimentares direcionando a produção suinícola para melhorar o bem-estar dos animais, controle de ganho de peso e saciedade (BECKER, B. G., 2001).

POLPA CÍTRICA DESIDRATADA NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS

A alimentação animal representa cerca de 70-75% do custo total de produção, podendo ser ampliada por questões regionais referentes à produção dos principais insumos (TEIXEIRA et al., 2013; DUARTE et al., 2013). A utilização de subprodutos na alimentação animal proporciona uma diversidade e flexibilidade na formulação de rações para os suínos, diminui a competição de alimentos com a dieta humana e os custos com ingredientes utilizados na formulação de rações (ANDRADE et al., 2015). Benefícios podem ser usufruídos utilizando esses resíduos na composição de dietas, sendo necessária a avaliação bromatológica e eficiência econômica da utilização dos subprodutos, pois esses alimentos não seguem um padrão e contêm variações nutricionais (AMORIM et al., 2015).

As frutas cítricas estão entre as mais consumidas no planeta (Figura 1). O Brasil se destaca por ser um dos maiores produtores de citrus do mundo, sendo que 75% da produção é consumida na forma de suco (ABECitrus, 2009). Em 2017, com produção de 18,7 milhões de toneladas, o Brasil se destacou em primeiro lugar no ranking mundial de produção de citrus, refletindo a produtividade de 29,641 quilos por hectare, ocupando também o destaque de primeiro lugar em exportação de suco concentrado. Os países que dão sequência ao ranking de produção mundial são EUA, China, Índia, México, Egito e Espanha (IBGE, 2013; KIST et al., 2018). O Estado do Paraná é um dos maiores produtores do país em suco concentrado de laranja (IBGE, 2017).

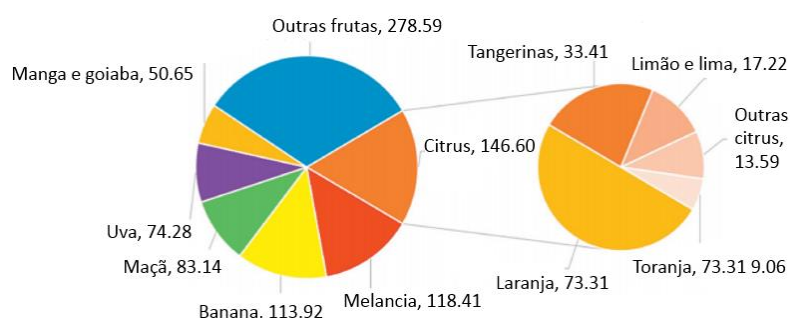


FIGURA 1. Produção global de frutas por variedades em 2017 (milhões de toneladas).

(Adaptado: FAO, 2019)

No Brasil, a laranja tem um período de produção em meados do mês de maio até o mês de janeiro, quando ocorre a entressafra de grãos como o milho e a soja

(CARVALHO, 1995), sendo excelente alternativa para os produtores de suínos fornecerem na dieta esse alimento para os animais, em substituição a parte do milho. A polpa cítrica é um subproduto da indústria da laranja caracterizada por seu elevado valor energético e por possuir peculiaridades de fermentação que a coloca como produto intermediário entre volumoso e concentrado (FEGEROS et al., 1995). É considerado como produto intermediário por ser rico em pectinas, celulose e polissacarídeos hemicelulósicos (FRANZOLIN e FRANZOLIN, 2000; BAMPIDIS e ROBINSON, 2006).

A polpa cítrica é resultante do processamento da laranja, sendo composta por cascas, membranas, vesículas e sementes. É obtida após duas prensagens da laranja com umidade de 65-75% e após a secagem, resultando em 90% de matéria seca. Na produção de suco de laranja, cerca de 50% é de bagaço, que origina o subproduto da fruta (PINHEIRO et al., 2000; PRADO et al., 2000; REGO et al., 2012), resultando em polpa cítrica desidratada e podendo passar por mais um método de processamento, a peletização. A polpa cítrica pode ser aproveitada pelos suínos de forma positiva, pois as fibras solúveis encontradas nesse alimento, como a pectina, são passíveis para fermentação, proporcionando efeitos positivos que beneficiam a microbiota do trato gastrointestinal (KNUDSEN e HANSEN, 1991; CASTRO Jr. et al., 2005), aumenta as secreções endógenas e diminui o esvaziamento gástrico (WILFART et al., 2007).

Na composição da polpa cítrica, o teor de pectina é elevado, contendo 223g/kg e teores de polissacarídeos não amiláceos de 32,4% (BAMPIDIS e ROBINSON, 2006). Os valores de energia metabolizável e proteína para suínos são de 2863 kcal EM/kg e 6,34%; respectivamente (ROSTAGNO et al., 2017). O milho pode ser substituído pela polpa cítrica por conter em sua composição a cerca de 85 a 90% do valor energético do milho (PEDROSO e CARVALHO, 2006). A polpa cítrica pode ser considerada como ingrediente energético, porém pobre em proteína (FRANZOLIN et al., 2000), sendo deficiente em aminoácidos como triptofano, metionina e cistina (AMORIM et al., 2014). Ainda assim, o alimento contém 3,88 mg de vitamina C/100g de subproduto, 1,6 - 1,8% de cálcio e baixo teor de fósforo (0,08 - 0,75%), que pode ser devido ao complexo do fósforo aos componentes fibrosos ou ao ácido fítico (AMORIM et al., 2014).

Em geral, a polpa é caracterizada pela alta digestibilidade da matéria seca, elevado teor de fibra, alto teor de carboidratos solúveis e parede celular altamente digestível

(CARVALHO, 1995). Utilizar a polpa cítrica na alimentação animal pode representar alternativa sem prejuízos ao desempenho dos animais, por ser um alimento energético.

USO DE ENZIMAS EXÓGENAS

Na suinocultura, para se obter melhor produtividade e sucesso até o abate dos animais é imprescindível que sejam adotadas estratégias de manejo para minimizar os efeitos negativos, envolvendo sanidade e nutrição (CAMPBELL et al., 2013). Desse modo, é importante conhecer os fatores envolvidos no desenvolvimento dos leitões como os fatores fisiológicos e funções do trato gastrointestinal no período após o desmame, propiciando melhor desempenho dos animais nessa fase (MOESER et al., 2017).

O sistema digestivo dos leitões, desde o nascimento até o desmame é adaptado para digerir o leite materno, secretando enzimas digestivas com alta atividade de lactase, lipases e proteases, que são necessárias para a digestão de carboidratos, gorduras e proteínas do leite (MAXWELL & CARTER, 2001). Porém, a produção de enzimas endógenas está relacionada com a idade e exposição aos substratos específicos (LOVATTO, 2002).

Para reduzir os desafios que os animais enfrentam nas primeiras semanas após o desmame, é comum o uso de aditivos nas dietas pré-iniciais e iniciais, que podem evitar prejuízos ao desempenho animal (SILVA JUNIOR, 2009). Entre esses aditivos, estão as enzimas exógenas que possuem grande potencial para serem incluídas nas dietas pós-desmame e que aumentam a capacidade dos animais de assimilarem nutrientes oriundos de fontes não lácteas (CAINE et al., 1997).

Utilizando a biotecnologia a favor da produção animal, complexos enzimáticos exógenos na nutrição de monogástricos têm apresentado grande efeito sobre o desempenho zootécnico, melhorando a digestibilidade de nutrientes presentes na dieta, reduzindo a excreção desses nutrientes no ambiente e mitigando os efeitos deletérios de fatores antinutricionais presentes nos alimentos empregados (MUNIR e MAQSOOD, 2013; GOMES et al., 2016; ZARGHI, 2018; SILVA et al., 2018). As enzimas, em sua maioria, são de origem proteica e catalisam a maioria das reações no organismo animal, sendo então catalizadores biológicos produzidos laboratorialmente por organismos vivos, como fungos e bactérias (RUIZ et al., 2008; RODRIGUES et al., 2015). São altamente específicas para os substratos e formadas por estruturas quaternária ou

terciária, sendo proteínas globulares que aumentam a velocidade das reações químicas no organismo (CHAMPE e HARVEY, 1989).

Uma enzima adicionada ao alimento seco só é ativada no trato digestivo quando entra em contato com os fluidos digestivos, sob condições de temperatura corporal (ROTTER, 1990). A máxima atividade da enzima ocorre no estômago e na porção inicial do intestino delgado, especificamente no duodeno (JONGBLOED et al., 1992). Carboidrases como β -glucanase, α -galactosidade e xilanase são capazes de aumentar a digestibilidade de compostos diversos como os PNAs. Assim, o uso de enzimas é muito importante para a sustentabilidade da cadeia produtiva, contribuindo para maximizar a digestão dos nutrientes presentes nos alimentos das rações e reduzir as excreções para o ambiente, além de otimizar a alimentação animal (ABREU et al., 2018).

O complexo enzimático rompe a parede celular da fibra vegetal facilitando o acesso das enzimas endógenas do animal ao interior das células expostas, elevando a disponibilidade de nutrientes passíveis de absorção (GRAHAM, 1996) e reduzindo da viscosidade intestinal (CANTOR, 1995), resultando em melhor aproveitamento dos nutrientes dos alimentos e hidrolisando fatores antinutricionais (CHESSON, 1987). Como forma de reduzir os custos de produção ingredientes alternativos podem ser incluídos nas formulações de dietas e que podem ter sua digestibilidade de nutrientes melhorada com o uso das enzimas exógenas (JI et al., 2008; JO et al., 2012). De modo geral, a utilização de enzimas exógenas nas dietas de monogástricos tem como objetivo melhorar a disponibilização de nutrientes para a metabolização do animal.

O uso de alimentos alternativos, como a polpa cítrica, pode ser viabilizados pela adição de complexos enzimáticos que reduzem a viscosidade da digesta e aumentam a digestibilidade dos alimentos (HALSCHILD et al., 2008; FIREMAN e FIREMAN, 1998 e GAO et al., 2008). A polpa cítrica possui elevado teor de fibras e a utilização para leitões em fases pré-inicial é limitada, sendo assim, pesquisas com o uso de complexos enzimáticos fibrolíticos têm sido realizadas recentemente (RODRIGUES et al., 2011; MAGNAGO et al., 2015), pois a incorporação de complexos enzimáticos às rações fornecidas aos suínos permite melhorar o aproveitamento de matérias-primas de baixa qualidade.

Amorim et al. (2014) avaliaram a inclusão de polpa cítrica em diferentes níveis com e sem complexo enzimático para suínos, observando que a inclusão de complexo enzimático não influenciou o desempenho dos animais, mas houve melhora na

digestibilidade de todos os nutrientes estudados, indicando que o produto age sobre os componentes fibrosos.

REDUÇÃO DE DIARREIAS PÓS-DESMAME

A diarreia pós-desmame é uma disfunção multifatorial que gera perda econômica e atraso no desenvolvimento dos animais, chegando a uma taxa de mortalidade de 10% acometendo os suínos nas duas primeiras semanas após o desmame (MORÉS & MORENO, 2007). O desmame precoce, fatores críticos como mudança ambiental, social e alimentar comprometem a saúde dos animais (WEARY et al., 2008).

Fatores decorrentes pós-desmame associados com a imaturidade morfológica e fisiológica dos animais resultam na redução da atividade das enzimas e na absorção dos nutrientes no epitélio intestinal (DONG & PLUSKE, 2007). Assim, o ambiente intestinal se torna propício para maior proliferação de bactérias patogênicas, ocorrendo aumento nas desordens entéricas e menor digestão e absorção de nutrientes dietéticos, resultando em menor desempenho (GOMEZ et al., 2015). A alteração da microbiota dos leitões causa mudanças na fisiologia digestiva, acarretando na redução da função protetora contra agentes patogênicos (RICHARDS et al., 2005).

No intestino delgado, ceco e cólon dos suínos habitam os *Lactobacillus*, *Streptococcus* e *Bifidobacterium* que são os gêneros de bactérias predominantes benéficas (DINIS, 2010), assim como, *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* e *Campylobacter sp.*, bactérias envolvidas em desordens entéricas (SANCHES, 2004). A alta taxa de multiplicação de cepas patogênicas de *Escherichia coli* no intestino dos leitões estão associadas à presença de fatores nutricionais, de manejo e ambiente, podendo ser encontrado outros agentes responsáveis pela diarreia como a *Lawsonia intracellularis*, *Salmonella Typhimurium* e *S. Choleraesuis* (MORÉS & MORENO, 2007).

Os microrganismos benéficos atuam como auxiliares na reconstituição da microbiota intestinal reduzindo a frequência dos microrganismos patogênicos indesejáveis, promovendo equilíbrio da microbiota intestinal (CARDOZO, 2006; GONZALES, 2004). O organismo dos leitões necessita de um equilíbrio entre as bactérias benéficas e patogênicas em sua microbiota intestinal, se existir maior número de bactérias patogênicas o leitão poderá apresentar distúrbios (CUBILLOS, 2018).

Ingredientes fibrosos e alimentos alternativos ricos em fibra podem melhorar a saúde e desempenho dos leitões na fase de desmame, e os principais benefícios além do fornecimento dos nutrientes é a modulação das populações microbianas presentes no trato digestório (PETTIGREW, 2008). A utilização da fibra dietética em dietas para leitões podem aumentar a concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), portanto, a fibra dietética não é digerida enzimaticamente no intestino delgado servindo de substrato para fermentação microbiana no intestino grosso (AWATI et al., 2006; BUDIÑO et al., 2015), diminuindo o pH intestinal e criando ambiente desfavorável a proliferação de bactérias patogênicas, tais como *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* e *Campylobacter sp.*, reduzindo desordens entéricas, tais como, incidência de diarreia pós-desmame (SCHIAVON et al., 2004; PASCOAL et al., 2012; BUDDINGTON et al., 2002; SANCHES, 2004).

O principal acidificante do estômago do leitão durante o período anterior ao desmame é o ácido lático, produzido pela fermentação da lactose, que declina rapidamente após o desmame. Com a ausência de substrato (lactose), reduz a produção do ácido lático no estômago para os *Lactobacillus* fermentadores, com menor produção de ácido clorídrico, determinando o aumento do pH (VIOLA & VIEIRA, 2003).

Nas primeiras semanas de vida dos leitões a produção de ácido clorídrico é muito baixa, aumentando gradualmente a partir da quarta semana de vida. Nesse período de transição o resultado é a elevação do pH, sendo ineficiente para a ativação de enzimas proteolíticas e controle de microrganismos patogênicos (MORAIS, 2009). Para que a digestão da fração proteica do alimento seja eficiente, o estômago deve apresentar um nível de acidez entre 2,0 a 3,5 favorecendo a ativação da pepsina e digerir o substrato (SUIRYANRAYNA & RAMANA, 2015). Em situações como o pós desmame, o pH estomacal pode apresentar nível maior que 3,5 e a pepsina não será ativada e o produto dessa digestão irá conter substrato proteico suficiente para bactérias patogênicas como a *Escherichia coli* e *Salmonella spp* se desenvolverem e secretar enterotoxinas, gerando diarreias (CHAMONE et al., 2010).

O uso de antibióticos vem sendo proibido na suinocultura, por causa da indução de resistência cruzada nas bactérias patogênicas em humanos e a possibilidade de resíduos na carne dos suínos para abate, porém, esses aditivos melhoram o desempenho dos animais. Em virtude da crescente pressão em proibir o uso de antibióticos nas dietas de suínos e reduzir a população bacteriana patogênica no trato gastrointestinal, aumentou a busca de produtos alternativos que ofereçam os mesmos benefícios que os antibióticos

trazem para os animais (TORRES et al., 2015; SANTOS et al., 2016; MENTEN, 2002; SANTOS et al., 2003; BUDIÑO et al., 2005).

Dessa forma, a PCD por ser um alimento alternativo e fibroso pode ser uma ferramenta estratégica para utilizar em dietas de leitões na fase pós-desmame, com o intuito de reduzir os danos causados aos animais na prática de desmame.

REFERÊNCIAS

- ABCS, Associação Brasileira Dos Criadores De Suínos. **Relatório de registro genealógico e provas zootécnicas**. Estrela. 54p, 1998
- ABCS, Associação Brasileira de Criadores de Suínos. **Manual de Boas Práticas Agropecuárias na Produção de Suínos**. 140p, 2011.
- ABCS, Associação Brasileira de Criadores de Suínos. Produção de suínos: teoria e prática. Coordenação editorial Associação Brasileira de Criadores de Suínos; Coordenação Técnica da Integrall Soluções em Produção Animal. Brasília, DF. 908p, 2014.
- ABECitrus. Associação Brasileira de Exportadores de Cítricos. A história da laranja e farelo de polpa cítrica (“Pellets”), 2009. Disponível em: <http://www.abecitrus.com.br/>
- ABPA, Associação Brasileira de Proteína Animal. A proteína animal brasileira em 2018: Desafios e Perspectivas. 2018. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camarasetoriaisstematicas/documentos/camaras-setoriais/aves-e-suinos/2018/36a-ro/abpa-aves-ovos-e-suinos.pdf>
- ABPA, Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual de 2018**. p 68-98, 2018. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>
- ABREU, M. T., FASSANI, E. J., SILVEIRA, M. M. B. M. & VIVEIROS, M. P. Complexo enzimático à base de xilanase, β -glucanase e fitase em rações para poedeiras comerciais leves em pico de produção. **Boletim de Indústria Animal**, 7517-24, 2018.

- AGYEKUM, A. K.; NYACHOTI, C. M. Nutritional and Metabolic Consequences of Feeding High-Fiber Diets to Swine : A Review, *Engineering*, v. 3, n. 5, p. 716–725, 2017.
- AMORIM, A. B.; THOMAZ, M. C.; RUIZ, U. S.; MARTINEZ, J. F.; PASCOAL, L. A. F.; DANIEL, E. WATANABE, P. H. ROSALEN, D. L. Citrus pulp and enzyme complex for growing and finishing pigs. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.2, p.369-380, 2014.
- AMORIM, A. F., SILVA, G. F., RODRIGUES, K. F., SOUSA, J. P. L. & SOARES, J. A. R. Subprodutos utilizados na alimentação de frangos de corte. **Pubvet**, 9(5):195-251, 2015.
- ANDRADE, T. V., SANTOS, R. N. V., SANTOS, C. B., ARAÚJO, D. J., BRAULINO, D. S. & MOURA, M. V. T. P. Tanino em resíduos e subprodutos alimentares para a alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, 124230-4236, 2015.
- ANDRADE, T.V.; SOUZA, P.H.A.A.; BARROS JÚNIOR, C.P.; BORGES, L.S.; CARVALHINHO, S,T.; SILVA, A.L.; FARIAS, L.A.; DOURADO, L.R.B.; LIMA, S.B.P. Aspectos Relacionados ao Bem-Estar Animal na Produção de Suínos. **Journal of Animal Behaviour and Biometeroly**. v. 3, p.124-127, 2015.
- ANTUNES, R. C. O ensino da produção industrial de suínos - uma versão crítica. 1a ed.: Edibrás. Uberlândia, MG. p. 29-60,2018.
- AWATI, A.; WILLIAMS, B. A., BOSCH, M. W., & VERSTEGEN, M. W. A.Dietary carbohydrates with different rates of fermentation affect fermentation and-product profiles in different sites of gastro-intestinal tract of weaning piglet. **Animal Science**,v.82, p.837-843, 2006.
- BACH KNUDSEN, .K.E. The nutritional significance of “dietary fibre” analyses. **Animal Feed Science and Technology**, v.90, n.1-2, p.3-20, 2001.
- BAPTISTAI, D.A; ALQUETE, R.I; BARBOSAI; NILCE, G.R.B.C. Indicadores do bem-estar em suínos. **Ciência Rural**, v. 41, n. 10, p. 1823-1830, 2011.

- BATTERHAM, E.S.; COLE, D.J.A.; WISEMAN, J.; VARLEY, M.A. Protein and energy relationships for growing pigs. **In: (Eds.) Principles of pig science.** Nottingham: Redwood Books. p.107-21, 1994.
- BECKER, B. G. Bem-estar dos suínos. **In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SUINOCULTURA.** Foz do Iguaçu. p. 95-102, 2001.
- BEDFORD, M.R, SCHULZE, H. Exogenous enzymes for pigs and poultry. **Nutrition Research Reviews**, v.11, p.91-114, 1998.
- BERNAUD, F. S. R.; RODRIGUES, T. C. Fibra alimentar – Ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo. **Arq. Bras. Endocrinol Metab.**; 57/6 397, 2013.
- BOSI, A. P. Dos Açougues aos Frigoríficos: Uma História Social do Trabalho na Produção de Carne, 1750 a 1950. **Revista História Regional**, v. 19, 2014.
- BRANDÃO, V. Carne suína - Evolução Morfológica. 2013. disponível em: http://correiogourmand.com.br/info_03_dicionarios_gastronomicos_alimentos_carne_s_mamiferos_porco_evolucao.htm
- BRUNSGAARD, G. Effects of cereal type and feed particle size on morphological characteristics, epithelial cell proliferation, and lectin binding patterns in the large intestine of pigs. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 2787-2798, 1998.
- BUDDINGTON, R. K, KELLY-QUAGLIANA, K., BUDDINGTON, K. K., & KIMURA, Y. Non-digestible oligosaccharides and defense functions: lessons learned from animal models. **British Journal of Nutrition**, 87(2), 231–239, 2002.
- BUDIÑO, F.E.L.; PREZZI, J.A.; RODRIGUES, D.J. et al. Desempenho e digestibilidade de leitões alimentados com rações contendo feno de alfafa e frutoligossacarídeo na fase inicial. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.16, n.4, p.796-810, 2015.
- CAINE, W. R.; SAUER, W. C.; TAMMINGA, S.; VERSTEGEN, M. W.; SCHULZE, H. Apparent ileal digestibilities of amino acids in newly weaned pigs fed diets with

protease-treated soybean meal. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 11, p. 2962-2969, 1997.

CAIRO, P. L. G., GOIS, F. D., SBARDELLA, M., SILVEIRA, H., DE OLIVEIRA, R. M., ALLAMAN, I. B., ... & COSTA, L. B. Effects of dietary supplementation of red pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) essential oil on performance, small intestinal morphology and microbial counts of weanling pigs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Volume 98, p. 541–548, 2018.

CAMPOS, L.C.R. História da Carne Suína. 2007. disponível em: http://www.carnesuinabrasileira.org.br/hist_csb.html

CAMPBELL, JM; CRENSHAW, JD; POLO, J. The biological stress of early weaned piglets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. v. 4, n. 1, p. 19, 2013.

CANIBE, N.; JENSEN, B. B. Influence of maternal faecal microflora on colonization of the newborn piglets. In: International Symposium on Digestive Physiology of Pigs. p. 59-60, 2009.

CARDOZO, E. C. Utilização de probiótico (*Bacillus subtilis*) como aditivo alimentar em dietas de frangos. **Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) Universidade Federal do Paraná**. Curitiba, 2006.

CARVALHO, L.E.; WATANABE, P.H.; RIBEIRO, J.C. et al. Níveis de farelo de coco em rações para leitões na fase de creche. **Archivos de Zootecnia**, v.63, n. 242, p.295-303, 2014.

CASSIDY, M. M., LIGHTFOOT, F. G., GRAU, L. E., STORY, J. A., KRITCHEVSKY, D., & VAHOUNY, G. V. Effect of chronic intake of dietary fibers on the ultrastructural topography of rat jejunum and colon: a scanning electron microscopy study. **Animal Journal Clinical Nutrition**, v. 34, p. 218-227, 1981.

CERA, K. R., D. C. MAHAN, R. F. CROSS, G. A. REINHART AND R.E. WHITMOYER. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. **Journal of Animal Science**. 66:574-584, 1988.

- CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. Enzimas. In: *Bioquímica Ilustrada*. **2. ed. São Paulo: Artes Médicas Sul**. cap. 2, p. 53-66, 1989.
- CHAMONE, J.M.A.; MELO, M.T.P.; AROUCA, C.L.C.; BARBOSA, M.M.; SOUZA, F.A. E SANTOS, D. Fisiologia digestiva de leitões. *Rev Eletr Nutrit*, 1353-1363, 2010.
- CHESSON, A. Supplementary enzymes to improve the utilization of pig and poultry diets. In: HARESING, W., COLE, P.J.A. (Eds.). **Recent advance in animal nutrition**, Butterworths. p.71-89, 1987.
- CLINE, T.R. Development of the digestive physiology of baby pigs and the use of supplemental enzymes in their diets. In: *Simpósio Do Colégio Brasileiro De Nutrição Animal*, 7. Campinas. p.149-61, 1992.
- CLOSE, W. H. Fibrous diets for pigs. In: M. Gill, E. Owen, G. E. Pollot, and T.L.J. Lawrence (Ed.) *Animal Production in Developing Countries*. Occasional Publication No. 16. Br. **J. Anim. Prod.**, Midlothian, U.K pp 107–117, 1993.
- CLOSE, W. H. Fibrous diets for pigs. **Pig News Information**, Oxon, v. 15, p. 65, 1994.
- COSTA, E.R.; SILVA, L.P.G.; SILVA, J.H.V. Desempenho de leitões alimentados com diversas formas físicas de ração. *Ciência Animal Brasileira*, v.7, n.3, p.241-247, 2006.
- CUBILLOS, R. Avaliação da sanidade intestinal em leitões. 2018. Disponível em: https://www.3tres3.com/artigos/avaliac%C3%A3o-da-sanidade-intestinal-em-leit%C3%B5es_9626/
- DEMEYER, D. I., AND K. DEGRAEVE. Differences in stoichiometry between rumen and hindgut fermentation. In: M. Kirchgessner (Ed.) **Digestive Physiology of the Hindgut**. p 50–61, 1991.
- DIERICK, N. A., I. J. VERVAEKE, D. I. DEMEYER, AND J. A. DECUYPERE. Approach to the energetic importance of fibre digestion in pigs. I. Importance of fermentation in the overall energy supply. *Anim. Feed Sci. Technol.* 23:141–167, 1989.

- DINIS, J. V. B. M. F. Estratégias nutricionais na prevenção de doenças digestivas dos suínos. **Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária)** - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.
- DONG, G.Z.; PLUSKE, J.R. The low feed intake in newly-weaned pigs: problems and possible solutions. **Journal of Animal Sciences**, v.20, n. 3, p. 440-453, 2007.
- DUARTE, C. R. A., MURAKAM, A. E., MELLO, K. S., PICOLI, K. P., GARCIA, A. F. Q. M. & FERREIRA, M. F. Z. Casca de soja na alimentação de codornas. **Semina: Ciências Agrárias**, 34(6):3057-3067, 2013.
- EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). Mais competitividade na suinocultura. Brasília, não paginado, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/21265242/mais-competitividade-na-suinocultura>
- ESMINGER, M.E. Processing effects. **In: Feed Manufacturing Technology III**. AFIA. Cap. 66. p. 529-533, 1985.
- FERREIRA, A. S. Desmame Precoce aos 21 dias: Vamos repensar esta prática? VII Seminário de Aves e Suínos – AveSui, Belo Horizonte, MG, 2007. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=publicacoes&cod_publicacao=977
- FIREMAN, F.A.T.; FIREMAN, A.K.B.A.T. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência Rural**, v.28, p.173- 178, 1998.
- FRANZOLIN NETO, R., FRANZOLIN, M. H. T., GOMIDE, C. A., SCHALCH, E., & SILVA, J. R. D. Efeitos de dietas com polpa cítrica em substituição ao milho em grão no concentrado sobre a degradabilidade e a fauna ruminal em bubalinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2109-2118, 2000.
- GAO, F.; JIANG, Y.; ZHOU, G.H.; HAN, Z.K.; The effects of xylanase supplementation on performance, characteristics of the gastrointestinal tract, blood parameters and gut microflora in broilers fed on wheat-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.142, p.173-184, 2008.

- GIBSON, G. T., & ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, 125, 1401–1412, 1995.
- GOMEZ, L. A. C, HERRERA, A. L., & SUESCUN, J. E. P. La inclusión de cepas probióticas mejora los parámetros inmunológicos en pollos de engorde. **Ces Medicina Veterinaria y Zootecnia**, 10(2),160-169, 2015.
- GOMES, V. D. S., SILVA, J. H. V., CAVALCANTI, C. R., FONSECA, S. B., JORDÃO FILHO, J., SILVA NETO, M. R. & SILVA, F. B. Utilização de enzimas exógenas na nutrição de peixes-Revisão de literatura. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, 19(4):259-264, 2016.
- GONZALES, E. Ação pró-nutritiva dos aditivos alimentares. Curso de fisiologia da digestão e metabolismo dos nutrientes em aves. **Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias**. UNESP. Jaboticabal, 2004.
- GUPTA V.; GARG R. Probiotics. **Indian.J Med Microbiol**, v.27, p. 202-209, 2009.
- HAUSCHILD, L.; LOVATTO, P. A.; LEHNEN, C. R.; CARVALHO, A. A.; ALEBRANTE, L. Utilização do triticales e de enzimas em dietas para suínos: digestibilidade e metabolismo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.2, p.470-476, 2008.
- HEO, J. M., OPAPEJU, F. O., PLUSKE, J. R., KIM, J. C., HAMPSON, D. J., & NYACHOTI, C. M. Gastrointestinal health and function in weaned pigs: a review of feeding strategies to control post-weaning diarrhoea without using in-feed antimicrobial compound. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Volume 97, pp. 207-237, 2013.
- HOPPE, M.K. Effect of postweaning feed intake on weanling pig intestinal morphology. **Journal of Animal Science**, v.68, p.392, 1990.
- HÖTZEL, M.J.; MACHADO FILHO, L.C.P. Comportamento e bem estar de leitões em relação à idade do desmame. **Revista Porkworld**, v. 21, p. 34-38, 2004.

- HOTZEL, M. J., DE SOUZA, G. P., MACHADO FILHO, L. C. P., IRGANG, R., & PROBST, R. Estresse e reconhecimento de seres humanos em leitões recém desmamados. **Revista Biotemas**, v. 20, n. 4, p. 91-98, 2007.
- HTOO, J. K., ARAIZA, B. A., SAUER, W. C., RADEMACHER, M., ZHANG, Y., CERVANTES, M., & ZIJLSTRA, R. T. Effect of dietary protein content on ileal amino acid digestibility, growth performance, and formation of microbial metabolites in ileal and cecal digesta of early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v.85, n.12, p.3303- 3312, 2007.
- IAFIGLIOLA, M. Importância da alimentação de leitões no período pré e pós-desmame. 2001. Disponível em: <http://www.polinutri.com.br/upload/artigo/144.pdf>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Anuário estatístico do Brasil: Aspecto das atividades agropecuárias e extração vegetal. 172p. IBGE, Rio de Janeiro, 2017.
- JIANG, R.; CHANG, X.; STOLL, B. et al. Dietary plasma protein reduces small intestinal growth and lamina propria cell density in early weaned pigs. **J. Nutr.**, v.130, p.21-26, 2000.
- JIN, L., REYNOLDS, L. P., REDMER, D. A., CATON, J. S., & CRENSHAW, J. D. Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 2270-2278, 1994.
- JI, F.; CASPER, D.P.; BROWN, P.K.; SPANGLER, D.A.; HAYDON, K.D.; PETTIGREW, I.E.; Effects of dietary supplementation of an enzyme blend on the ileal and fecal digestibility of nutrients in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.86, n.17, p.1533- 1543, 2008.
- JO, J. K., INGALE, S. L., KIM, J. S., KIM, Y. W., KIM, K. H., LOHAKARE, J. D., ... & CHAE, B. J. Effects of exogenous enzyme supplementation to corn-and soybean meal-based or complex diets on growth performance, nutrient digestibility, and blood metabolites in growing pigs. **Journal of animal science**, v. 90, n. 9, p. 3041-3048, 2012.

- JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A.; MROZ, Z. The role of microbial phytases in pig production. **In: enzymes in animal nutrition**. Switzerland. p. 173-180, 1992.
- KELLY, D., SMYTH, J.A. & MCCRACKEN, K. J. Digestive development of the early-weaned pig. **British Journal of Nutrition**, 65, 181-188, 1991.
- KIM, J. C., HANSEN, C. F., MULLAN, B. P. & PLUSKE, J. R. Nutrition and pathology of weaner pigs: Nutritional strategies to support barrier function in the gastrointestinal tract. **Animal Feed Science and Technology**, Volume 173, pp. 3-16, 2012.
- KIST, B. B., CARVALHO, C., TREICHEL, M. & SANTOS, C. E. Anuário brasileiro da fruticultura. Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul: Gazeta Santa Cruz. 2018.
- KLUSS, J.; SCHOENHUSEN, V.; SOUFFRANT, W.B.; JONES, P.H.; MILLER, B.G.; Impact of diet composition on ileal digestibility and small intestinal morphology in earlyweaned pigs fitted with a T-cannula. **Animal**. v. 4, n. 4, p. 586-594, 2010.
- KONSTANTINOV, S.R.; SMIDT, H.; AKKERMANS, A.D.L.; et al. Feeding of *Lactobacillus sobrius* reduces *Escherichia coli* F4 levels in the gut and promotes growth of infected piglets. **FEMS Microbiology and Ecology**, v. 66, p.599-607, 2008.
- KUMMER, R.; GONÇALVES, M. A. D. ; LIPPKE, R. T. ; MARQUES, B. M. F. P. P. Fatores que influenciam o desempenho dos leitões na fase de creche. **In: Simpósio Internacional de Suinocultura**. Porto Alegre. IV SINSUI - Anais do Simpósio Internacional de Suinocultura, 2009.
- LALLÈS, J. P.; BOSI, P.; SMIDT, H.; STOKES, C. R. Weaning - A challenge to gut physiologists. **Livestock Science**. v. 108, n. 1-3, p. 82-93, 2007.
- LEPINE, A.J. et al. Growth performance of weanling pigs fed corn-soybean meal diets with or without dried whey at various Lysine·HCl levels. **J Anim Sci**, n.69, p.2026-2032, 1991.

- LE DIVIDICH, J. AND P. HERPIN. Effect of climatic conditions on the performance, metabolism and health status of weaned piglets: a review. **Livestock Prod. Sci.** 38:79-90, 1994.
- LE DIVIDICH, J. & SÈVE, B. Effects of underfeeding during the weaning period on growth, metabolism, and hormonal adjustments in the piglet. **Domestic Animal Endocrinology**, 19, 63- 74, 2000.
- LE GOFF, G.; DUBOIS S.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Influence of dietary fibre level on digestive and metabolic utilization of energy in growing and finishing pigs. **Animal Research**, v.51, p.245-259, 2002.
- LEONARD, S.G., SWEENEY, T.; BAHAR, B.; LYNCH, B.P.; O'DOHERTY, J.V.; Effects of dietary seaweed extract supplementation in sows and post-weaned pigs on performance, intestinal morphology, intestinal microflora and immune status. **British Journal of Nutrition**, v. 106, n. 5, p. 688-699, 2011.
- LINDEMANN, M.D.; CORNELIUS, S.G.; KANDELGY, S.M. et al. Effect of age, weaning and diet on digestive enzymes levels in the piglets. **Journal of Animal Science**, v.62, p.1298-1307, 1986.
- LOVATTO P.A. Nutrição e alimentação, Suinocultura geral. cap. 05 p.63-83, 2002.
- MILLER, B. J., T. J. NEWBY, C. R. STOKES AND F. J. BOURNE. Influence of diet on postweaning malabsorption and diarrhea. **Res. Vet. Sci.** 36: 187-193, 1984.
- MAHAN, D.C., NEWTON, E.A. Evaluation of feed grains with dried skim milk and added carbohydrate sources on weaning pig performance. **Journal of Animal Science**, v.71, n.12, p.3376- 3382, 1993.
- MARTINS, FILHO, COSTA & SOUZA. Soro de queijo líquido na alimentação de suínos em crescimento. **Rev. Ciên. Agron.**, Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 301-307, Abr.-Jun., 2008.
- MARTINS, A. A.; CAMPANINI, D. K ; De CARVALHO, P.G.B ; De CARVALHO, R.H. Aspectos gerais do desmame de leitões. **Ciência Veterinária Unifil**, v. 1, p. 1-9, 2018.

- MASCARENHAS, A.G.; FERREIRA, A.S.; DONZELE, J.L. et al. Avaliação de dietas fornecidas dos 14 aos 42 dias de idade sobre o desempenho e a composição de carcaça de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1319-1326, 1999.
- MAXWELL, C. V.; CARTER, S. D. Feeding the weaned pig. In: Lewis, A. J.; Southern L. L. (Ed.). **Swine Nutrition**. Florida: CRC Press. p. 691- 723, 2001.
- MENTEN J.F.M. Probióticos, prebióticos e aditivos fitogênicos na nutrição de aves. **In: Simpósio Sobre Ingredientes Na Nutrição Animal**. p. 251-276, 2002.
- MOLLY, K. Formulating to solve the intestinal puzzle. **Pig Progress**, v. 17, p. 20-22, 2001.
- MOLIST, F.; SEGURA, A.G.; GASA, J. et al. Effects of the insoluble and soluble dietary fibre on the physicochemical properties of digesta and microbial activity in early weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.149, n.3-4, p.346-353, 2009.
- MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v.108, n. 1-4, p. 95-117, 2003.
- MORAIS, S.C.F. Utilização de dois teores de butirato no regime de desmame do leitão: crescimento, digestibilidade, fisiologia digestiva. **Dissertação (Mestrado). Universidade Técnica de Lisboa**. Lisboa. p.62, 2009.
- MORÉS N. & MORENO A.M. Síndrome da diarreia pós-desmame. In: Sobestiansky J. & Barcelos D.E.S.N. (Eds). **Doenças dos Suínos**. Goiânia: Cãnone Editorial, pp.203-205, 2007.
- MOESER, A.J.; RYAN, K.A.; NIGHOT, P.K.; BLIKSLAGER, A.T. Gastrointestinal dysfunction induced by early weaning is attenuated by delayed weaning and mast cell blockade in pigs. **J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol**. p. 413-421, 2007.

- MOESER A.J., POHL C.S., Rajput M. Weaning stress and gastrointestinal barrier development: implications for lifelong gut health in pigs. **Anim Nutr.**;3(4):313–321, 2017.
- MUNIR, K. & MAQSOOD, S. A review on role of exogenous enzyme supplementation in poultry production. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, 2566-80, 2013.
- NABUURS, M. J. A, A. HOOGENDOORN AND F. G. ZIDJEDERVELD VAN. Effect of weaning and enterotoxigenic Escherichia coli on net absorption in the small intestine of pigs. **Research in Veterinary Science**. 56: 379-385, 1994.
- NESSMITH, W.B., TOKACH, M.D. & GOODBAND, R.D. Defining quality of lactose sources used in swine diets. **Swine Health and Production**, 5, 145 – 149, 1997.
- NOGUEIRA, A. C. O Agronegócio da Suinocultura Brasileira. Boletim Informações Boletim Informações Fipe 415. 3-5, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/282085607>
- ODGAARD, R. L. Development in acidification of swine diets. **In: Proc. 37th Eastern Nutr. Conf., Halifax/Dartmouth (ed.)**, Nova Scotia, 17-22, 2001.
- OLIVEIRA, M. D., ZAVARIZE, K. C., GOMES, N. A., ROCHA, F. R. T., MARTINS, J. M. S., LITZ, .F. H., & CASTILHANO, H. Aditivos alternativos na alimentação de aves. **Pubvet**, 6(27), 1425, 2012.
- PASCOAL, L.A.F.; THOMAZ, M.C.; WATANABE, P.H. et al. Fiber sources in diets for newly weaned piglets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.3, p.636-642, 2012.
- PIERCE, K. M., SWEENEY, T., BROPHY, P. O., CALLAN, J. J., MCCARTHY, P., & O'DOHERTY, J. V. Dietary manipulation post weaning to improve piglet performance and gastro-intestinal health. **Animal Science**, v. 81, p. 347-356, 2005.
- PINHEIRO, A. D., PRADO, I. N., ALCALDE, C. R., ZEOULA, L. M., NASCIMENTO, W. G. & TORII, M. S. Efeitos dos níveis de substituição do milho

pela polpa de citrus peletizada sobre a digestibilidade aparente em bovinos mestiços confinados. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 22(3):793-799, 2000.

PLUSKE, J. R.; WILLIAMS, I. H.; AHERNE, F. X. Maintenance of villous height and crypt depth in piglets by providing continuous nutrition after weaning. **Animal Science**, v. 62, p. 131-144, 1996.

PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J.; WILLIAMS, I.H. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. **Livestock Production Science**, v. 51, p. 215-236, 1997.

PLUSKE, J. R., PETHICK, D. W., HOPWOOD, D. E., & HAMPSON, D. J. Nutritional influences on some major enteric bacterial diseases of pigs. **Nutrition Research Reviews**, v. 15, p. 333–371, 2002.

PLUSKE, J.R., LE DIVIDICH, J. & VERSTEGEN, M.W.A. Weaning the pig: concepts and consequences. Wageningen: Wageningen Academic Publishers. 2003.

PLUSKE J.R., Aspects of gastrointestinal tract growth and maturation in the pre- and postweaning period of pigs. **J. Anim. Sci.**, 94, p. 399-411, 2016.

POND, W. G. Limitations and opportunities in the use of fibrous and by-product feeds for swine. **Proceedings of the Distillers Feed Research Conference**, vol. 36, p. 5, 1981.

POND, W. G. Thoughts on fiber utilization in swine. **J. Anim. Sci.** 65:497–499, 1987.

RICHARDS, J.D.; GONG, J.; DE LANGE, C.F.M. The gastrointestinal microbiota and its role in monogastric nutrition and health with an emphasis on pigs: current understanding, possible modulations, and new technologies for ecological studies. **Journal of Animal Science**. V. 85, p. 421–435, 2005.

PRADO, I. N., LALLO, F. H., ZEOULA, L. M., CALDAS NETO, S. F., NASCIMENTO, W. G. & MARQUES, J. A. Bulls performance in feedlot with levels of substituting corn silage by pineapple by-products silage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 32(3):737-744, 2003.

- REGO, F. C. A., LUDOVICO, A., SILVA, L. C., LIMA, L. D. & SANTANA, E. W. Perfil fermentativo, composição bromatológica e perdas em silagem de bagaço de laranja com diferentes inoculantes microbianos. **Semina: Ciências Agrárias**, 33(2):3411-3420, 2012.
- RODRIGUES, R. B., MEURER, F. & BOSCOLO, W. R. Aditivos na nutrição de Peixes. **Revista Colombiana de Ciência Animal**, 7228-236, 2015.
- ROTTER, B. A. The future of crude enzyme supplements in pig nutrition. **Pig News Information**, Wallingford, v. 11, n. 1, p. 15-17, 1990.
- RUIZ, U. D. S., THOMAZ, M. C., HANNAS, M. I., FRAGA, A. L., WATANABE, P. H. & SILVA, S. Z. Complexo enzimático para suínos: digestão, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37(3):458-468, 2008.
- SANCHES, A.L. Probiótico, Prebiótico e Simbiótico em rações de leitões ao desmame (Tese de Mestrado). **Universidade Federal de Lavras**, Lavras. 2004.
- SANTOS, A.V.; FIALHO, E.T.; ZANGERÔNIMO, M.G.; CANTARELLI, V.S.; TEOFILO, T.S.; MOLINO, J.P. Aditivos antibiótico, probiótico e prebiótico em rações para leitões desmamados precocemente. **Ciência Animal Brasileira**, 17:1-10, 2016.
- SANTOS, L. S.; MASCARENHAS, A. G. ; OLIVEIRA, H. F. de . Fisiologia digestiva e nutrição pós desmame em leitões. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 13, p. 4570-4584, 2016.
- SAKATA, T. Chemical and physical trophic effects of dietary fiber on the intestine of monogastric animals. **Pig News Information**, v. 12, p. 165, 1991.
- SCHIAVON, S., TAGLIAPIETRA, F., BAILONI, L., & BORTOLOZZO, A. Effects of sugar beet pulp on growth and health status of weaned piglets. **Italian Journal of Animal Science**, Pavia, v. 3, p. 337- 351, 2004.
- SEAB, Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento . 2018. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=185>.

- SERENA, A.; HEDEMANN, M.S.; BACH KNUDSEN, K.E. Influence of dietary fiber on luminal environment and morphology in the small and large intestine of sows. **Journal Animal Science**, v.86, n.9, p.2217–2227, 2008.
- SILVA JUNIOR, A. Interações químico-fisiológicas entre acidificantes, probióticos, enzimas e lisofosfolipídios na digestão de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 38, p. 238-245, 2009.
- SILVA, J. M. S., GOUVEIA, A. B. V. S., SILVA, W. J., PAULO, L. M., SANTOS, F. R. & MINAFRA, C. S. Uso de enzimas para aumentar a qualidade nutricional de farinhas de origem animal. **Pubvet**, 12(a156):1-13, 2018.
- SURYANARAYANA, M.; SURESH, J. AND RAJASEKHAR, M. A review of the effects of dietary organic acids fed to swine. **J Anim Sci Biotechnol**, 6: 45-56, 2015.
- TEIXEIRA, B. B., DRUMOND, E. S. C., VELOSO, R. C., PIRES, A. V., GONÇALVES, F. M. & PINHEIRO, S. R. F. Desempenho de codornas de corte submetidas a diferentes níveis de proteína bruta e energia metabolizável. **Ciência Rural**, 43524-529, 2013.
- TORRES, R.N.S.; DREHER, A.; SIMIONI, T.A. Uso de antibióticos como promotor de crescimento e seus possíveis substitutos ao seu uso em frangos de corte. **Nutritime Revista Eletrônica**, (Viçosa), 12:4348-4358, 2015.
- TRINDADE NETO, M.A.; BARBOSA, H.P.; DE SORDI, I.M.P. et al. Dietas contendo milho pré-gelatinizado e níveis protéicos para leitões desmamados aos 19 dias de idade. **In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia**, 36, 1999.
- TRINDADE NETO, M.A.; BARBOSA, H.P.; PETELINCAR, I.M. et al. Dietas para leitões nas fases de creche e diferentes idades ao desmame. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.672-680, 2002.
- TRINDADE NETO, M.A.; BERTO, D.A.; MIGUEL, W.C. et al. Manejo alimentício de lechones desmamados em idade antecipada. In: XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA-Cusco-Perú. **Arch. Latin. Prod. Anim.**, v. 15 (Supl. 1), 2007.

- TROWELL, H., D.A.T. SOUTHGATE, T.M.S. WOLEVER, A. R. LEEDS, M. A. GASSULL, AND D.J.A. JENKINS. Dietary fibre redefined. *Lancet* 1:967–971, 1976.
- URRIOLA, P. E.; JOHNSTON, L. J.; STEIN, H. H. et al. Prediction of the concentration of standardized ileal digestible amino acids in distillers dried grains with solubles. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 9, p. 4389–4396, 2013.
- VAN SOEST, P. J. AND MCQUEEN, R. W. The chemistry and estimation of fibre. **Proceedings of the Nutrition Society**, 32:123-130, 1973.
- VAN SOEST, P. J., UDEN, P.; WRICK, K. L. *Nutrition Reports International*. v.27, p. 17-28, 1983.
- VAREL, V. H.; POND, W. G.; YEN, J. T. Influence of dietary fiber on performance and large intestinal microflora of growing swine. **Swine Research Progress Report**, n. 1, p. 51-52, 1983.
- VIOLA, E.S. e VIEIRA, S. L. Ácidos orgânicos e suas misturas em dietas de suínos. **In: Simpósio sobre manejo e nutrição de aves e suínos**. Campinas. p. 255-284, 2003.
- VON ENGEELHARDT, W.; RÖNAU, K.; RECHKEMMER, G.; SAKATA, T. Absorption of shortchain fatty acid and their role in the hindgut of monogastric animals. **Animal Feed Science and Technology**, v. 23, p. 43-53, 1989.
- WALTZ, B., GIRRBACH, S., & ROLLER, M. Inulin, oligofructose and immunomodulation. **British Journal of Nutrition**, 93, 49-55, 2005.
- WATANABE, P. H. Polpa cítrica na restrição alimentar qualitativa para suínos em terminação. 2007. 79 f. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias**, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.
- WHITNEY, M. H.; SHURSON, G. C.; GUEDES, R. C. Effect of dietary inclusion of distillers dried grains with solubles, soybean hulls, or a polyclonal antibody product on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. **Journal of Animal Science**, v.84, p.1880–1889, 2006.

WILLING, B.P.; VAN KESSEL, A.G. Enterocyte proliferation and apoptosis in the distal small intestine is influenced by the composition of colonising commensal bacteria in the neonatal gnotobiotic pig. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 3256-3266, 2007.

WOLIN, M. J. Fermentation in the rumen and human large intestine. **Science** (Wash., DC) 213:1463–1468, 1981.

WOJDYŁO, A.; OSZMIAŃSKI, J.; CZEMERYŚ, R. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. **Food Chemistry**, v.105, n.3, p.940-949, 2007.

ZARGHI, H. Application of xylanases and β -glucanase to improve nutrient utilization in poultry fed cereal base diets: Use of enzymes in poultry diet. **Insights in Enzyme Research**, 2(1):11-17, 2018.

III. OBJETIVOS

- Determinar a composição química, energética e a digestibilidade dos nutrientes da polpa cítrica desidratada para leitões dos 7 aos 11 kg;
- Avaliar níveis de inclusão de polpa cítrica desidratada, com ou sem complexo enzimático exógeno, em dietas para leitões dos 7 aos 11 kg sobre a digestibilidade dos nutrientes e energia das rações;
- Avaliar a inclusão de polpa cítrica desidratada, com ou sem complexo enzimático exógeno, na dieta de leitões dos 7 aos 11 kg sobre o desempenho zootécnico, parâmetros bioquímicos, parâmetros hematológicos, parâmetros fecais e viabilidade econômica

ARTIGO 1

Valor nutricional da polpa cítrica desidratada, com ou sem complexo enzimático exógeno, para leitões dos 7 aos 11 kg¹

Resumo - O objetivo deste trabalho foi determinar a composição química, energética e a digestibilidade dos nutrientes da polpa cítrica desidratada (PCD) para leitões dos 7 aos 11 kg, além de avaliar níveis de inclusão de PCD, com ou sem complexo enzimático exógeno, sobre a digestibilidade dos nutrientes e da energia. No Experimento 1, foram utilizados 12 leitões mestiços, machos castrados, com peso médio inicial de $9,12 \pm 0,35$ kg, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo, em delineamento experimental inteiramente ao acaso, com dois tratamentos seis repetições. Os tratamentos foram a ração referência (RR) e a ração teste (RT), composta por 10% de PCD + 90% de RR. No Experimento 2, foram utilizados 40 leitões mestiços, machos castrados, com peso médio inicial de $9,16 \pm 0,37$ kg, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo em delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 X 4, cujos tratamentos consistiram na adição ou não de complexo enzimático exógeno versus níveis de inclusão de PCD (0, 30,60 e 90 g/kg) às rações, com cinco repetições por tratamento. As rações experimentais foram isonutritivas, formuladas com os dados de composição bromatológica e EM da PCD determinados no Experimento 1. Nos dois experimentos, foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente (CD) dos nutrientes e energia bruta (EB) da PCD (Experimento 1) e das rações experimentais (Experimento 2), além do coeficiente de metabolizabilidade (CM) da EB. Os componentes bromatológicos presentes em maior quantidade na PCD são CT (851,13 g/kg), CNF (678,10 g/kg), pectina (206,83 g/kg) e FDN (193,04 g/kg). Os maiores CD na PCD são de CNF (83,08%), MO (79,67%) e EB (78,91%), enquanto os menores são de FDN (42,34%), FDA (36,12%) e P (29,31%). Em dietas com níveis de PCD, com ou sem enzimas exógenas, o *blend* enzimático resulta em aumento na digestibilidade da MS (90,37%), CNF (90,43%), Ca (58,40) e P (43,87%), enquanto níveis crescentes de PCD resultam em redução linear no CD da MS, EB, FDA, CNF, MO e no CM da EB.

Palavras-chave: Alimento fibroso; coeficientes de digestibilidade; suínos; metabolismo

¹ Artigo redigido conforme normas da revista *Archives of Animal Nutrition* (ISSN: 1745-039X).

33 1. Introdução

34

35 Em sistemas intensivos de produção de suínos, o desmame de leitões geralmente
36 ocorre entre 3 e 4 semanas de idade, de forma abrupta, quando os animais são
37 separados da porca, passando a enfrentar agentes estressores multifatoriais, como
38 mudanças na dieta, no ambiente físico e social (Weary et al., 2008). Aliado a esses
39 fatores, as alterações histológicas que ocorrem no intestino delgado podem afetar
40 negativamente a resposta do sistema imunológico e levar a uma disfunção intestinal
41 determinante (Lallès et al., 2004, Lallès et al., 2007; Konstantinov e Smidt, 2008).

42 Devido às recentes proibições no uso de antibióticos como antimicrobianos para
43 animais, além dos crescentes estudos com fibra dietética para leitões, o uso de alimentos
44 fibrosos pode representar uma estratégia nutricional com efeitos positivos sobre a
45 motilidade intestinal, elevação nas taxas de secreções gástricas e intestinais, turnover de
46 enterócitos e acidificação do ceco e cólon (Whitney et al., 2006). De acordo com Molist
47 et al. (2009), a utilização de ingredientes fibrosos em dietas pós-desmame pode resultar
48 na modulação da microbiota intestinal, já que grande parte da fração fibrosa não é
49 digerida enzimaticamente, tornando-se disponível à fermentação microbiana no
50 intestino grosso.

51 Por outro lado, o excesso de ingredientes fibrosos na dieta pode prejudicar a
52 digestibilidade dos nutrientes, pois pode elevar a viscosidade da digesta, prejudicando a
53 atuação enzimática e diminuindo a taxa de absorção de nutrientes (Choct et al., 2010).
54 Nesse contexto, o uso de enzimas degradadoras da parede celular pode otimizar o
55 aproveitamento da fração alimentar fibrosa (Carneiro et al., 2007), sendo que a resposta
56 às suplementações com carboidrases é supostamente maior em leitões jovens e com
57 dietas ricas em fibras.

58 O Brasil se destaca por ser o maior produtor e exportador mundial de frutas
59 cítricas, com cerca de 37% da produção mundial (USDA, 2019), sendo que a polpa
60 cítrica é o principal resíduo industrial dos sucos, composta pelas cascas, membranas,
61 vesículas e sementes, sendo obtida após as frutas cítricas sofrerem duas prensagens para
62 a extração do suco e posteriormente submetida ao processo de secagem para chegar a
63 cerca de 90% de MS (Bampidis e Robinson, 2006). A polpa cítrica desidratada (PCD) é
64 rica em pectina, celulose e polissacarídeos hemicelulósicos (Ibrahim et al., 2011; Chen
65 et al., 2019-b). Por ser um alimento com alto conteúdo fibroso, apresenta enorme

66 limitação de uso para leitões, porém o uso de enzimas exógenas poderia resultar em
67 melhor aproveitamento dos nutrientes, com efeitos positivos sobre a digestibilidade das
68 dietas (Molist et al., 2014, Brambillasca et al., 2015).

69 Embora Tabelas Brasileira (Rostagno et al., 2017) e Americanas (NRC, 2012)
70 apresentem coeficientes de digestibilidade de nutrientes e energia da PCD para suínos,
71 os valores foram determinados com animais em crescimento, entre 20 e 75 kg. Como
72 leitões apresentam diferenças no trato gastrointestinal, a digestibilidade dos nutrientes
73 pode ser diferente, tendo em vista que o desenvolvimento de maior capacidade digestiva
74 está relacionada com o aumento do peso dos suínos (Le Goff e Noblet, 2001), e justifica
75 a necessidade de determinação dos CD dos nutrientes e energia para animais jovens.

76 O objetivo deste trabalho foi determinar a composição química, energética e a
77 digestibilidade dos nutrientes da polpa cítrica desidratada para leitões dos 7 aos 11 kg,
78 além de avaliar níveis de inclusão de polpa cítrica desidratada, com ou sem complexo
79 enzimático exógeno, sobre a digestibilidade dos nutrientes e da energia.

80

81 **2. Material e métodos**

82

83 Foram realizados dois experimentos de digestibilidade na Sala de Metabolismo de
84 Suínos, pertencente à Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), na Universidade
85 Estadual de Maringá (UEM), localizada no Estado do Paraná (23°21'S, 52°04'W, a
86 564m de altitude). Todos os procedimentos experimentais foram previamente
87 submetidos à apreciação do Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais em
88 Experimentação (CEUA/UEM), tendo sido aprovados para execução (Parecer nº
89 2086220217).

90

91 ***2.1. Composição bromatológica e digestibilidade aparente de nutrientes e energia da*** 92 ***polpa cítrica desidratada para leitões***

93

94 Foram utilizados 12 leitões mestiços (AGPIC425 x Topigs 20), machos castrados,
95 desmamados com 21 dias de idade e alojados em instalação de creche por 12 dias, em
96 média, e receberam ração comercial pré-inicial I (Tabela 1) e água à vontade.

97

98

99

100 **Tabela 1.** Composição centesimal, química e energética da ração Pré-inicial I.

Ingredientes (matéria natural)	Quantidade (g/kg).
Milho grão	370,00
Farelo de soja	230,00
Núcleo Pré-inicial I ^{1, 2}	400,00
Composição calculada	
Energia metabolizável (Mcal/kg)	3,40
Proteína bruta (g/kg)	177,50
Lactose (g/kg)	72,88
Fibra bruta (g/kg)	20,41
Fibra em detergente neutro (g/kg)	103,52
Fibra em detergente ácido (g/kg)	42,41
Cálcio (g/kg)	8,03
Fósforo disponível(g/kg)	4,05
Sódio (g/kg)	3,52
Potássio (g/kg)	2,83
Cloro (g/kg)	4,51
Lisina digestível (g/kg)	13,51
Met+Cis digestível (g/kg)	7,42
Metionina digestível (g/kg)	3,90
Treonina digestível (g/kg)	7,91
Triptofano digestível (g/kg)	2,21

101 ¹ Composição básica do produto: Soja integral desativada, Proteína concentrada de soja, Milho Pré-
 102 gelatinizado, Soro de leite em pó, Gordura vegetal hidrogenada, Calcário calcítico, Fosfato bicálcico,
 103 Cloreto de sódio, Filito, Sulfato de cobalto, Sulfato de cobre, Sulfato de ferro, Iodato de cálcio, Óxido de
 104 manganês, Selenito de sódio, Óxido de zinco, Vitamina A, Vitamina D3, Vitamina E, Vitamina K3,
 105 Vitamina B1, Vitamina B2, Vitamina B6, Vitamina B12, Ácido fólico, Ácido nicotínico, Ácido
 106 pantotênico, Cloreto de colina, Biotina, Aditivo acidificante, Aditivo aromatizante, Aditivo antioxidante,
 107 Aditivo enzimático, L-lisina, DL-metionina, L-treonina, L-triptofano, L-valina e Açúcar.

108 ² Níveis de garantia/kg do produto: Proteína bruta: 160 g (mín.), Extrato etéreo: 50 g (mín.), Fibra bruta:
 109 25 g (máx.), Cálcio: 13 / 17 g (mín. / máx.), Fósforo: 7.000 mg (mín.), Sódio: 7.000 mg (mín.), Matéria
 110 mineral: 130 g (máx.), Cobalto: 2 mg (mín.), Cobre: 375 mg (mín.), Ferro: 375 mg (mín.), Iodo: 4,5 mg
 111 (mín.), Manganês: 137 mg (mín.), Selênio: 1 mg (mín.), Zinco: 6.780 mg (mín.), Vitamina A: 31.200 UI
 112 (mín.), Vitamina D3: 6.250 UI (mín.), Vitamina E: 100 UI (mín.), Vitamina K3: 7,5 mg (mín.), Vitamina
 113 B1: 7,5 mg (mín.), Vitamina B2: 12,5 mg (mín.), Vitamina B6: 7,5 mg (mín.), Vitamina B12: 150 mcg
 114 (mín.), Ácido fólico: 1,5 mg (mín.), Ácido nicotínico: 87,5 mg (mín.), Ácido pantotênico: 55 mg (mín.),
 115 Colina: 1.670 mg (mín.), Biotina: 0,25 mg (mín.), Lisina: 18 g (mín.), Metionina: 8.200 mg (mín.).
 116

117 Ao atingirem o peso médio inicial de $9,12\text{kg} \pm 0,35\text{kg}$, os animais foram alojados
118 em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), em sala
119 parcialmente climatizada contendo termohigrômetro, e distribuídos em delineamento
120 experimental inteiramente ao acaso, com dois tratamentos e seis repetições, sendo a
121 unidade experimental constituída por um animal.

122 A ração referência (RR) foi formulada à base de milho, farelo de soja, soro de
123 leite em pó, leite integral em pó, açúcar, óleo de soja, vitaminas, minerais, aminoácidos
124 e aditivos, para atender em, no mínimo, às exigências nutricionais propostas pelo NRC
125 (2012), para suínos dos 7,0 aos 11,0 kg(Tabela 2).

126 A PCDfoi adquirida de uma indústria de Matão-SP, comercializada na forma
127 peletizada, tendo sido previamente submetida à moagem, realizada em moinho do tipo
128 martelo, com peneira dotada de furos de 2,0 mm de diâmetro, que resultaram em
129 diâmetro geométrico médio de $746\mu\text{m}$. O milho, farelo de soja e PCD foram submetidos
130 à análise bromatológica, no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal da
131 UEM. Os teores de pectina foram determinados conforme técnicas descritas por
132 Carvalho et al. (2006). O conteúdo total de compostos fenólicos na PCD foi
133 determinado por colorimetria (Folin e Ciocalteu, 1927), após extração com metanol
134 (Shad et al., 2017).

135 O alimento teste (PCD) substituiu a RR em 10%, resultando em uma ração-teste
136 (RT) com 90% de RR+ 10% de PCD.A quantidade de ração fornecida diariamente foi
137 calculada com base no peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$) de cada animal e no consumo médio
138 registrado no período de adaptação. Para evitar perdas e facilitar a ingestão, as rações
139 foram umedecidas com água, em aproximadamente 30% da ração, e fornecidas duas
140 vezes ao dia (8h00 e 14h00). Após cada refeição, a água foi fornecida no próprio
141 comedouro na proporção de 3 mL de água/g de ração, para evitar excesso de consumo
142 de água e não comprometer o consumo de ração.

143 O período experimental teve duração de 12 dias, sendo sete dias de adaptação dos
144 animais às gaiolas de metabolismo e as rações, e cinco dias de coleta de fezes e urina.
145 Para determinar o período inicial e final de coleta de fezes, foi realizada a adição de 2%
146 de óxido férrico (Fe_2O_3) às rações (Sakomura e Rostagno, 2016). As fezes foram
147 acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em congelador (-18°C).

148
149

150 **Tabela 2.** Composição centesimal, química e energética da ração-referência
 151 (Experimento 1).

Ingredientes (matéria natural)	Quantidade (g/kg)
Milho grão	617,40
Farelo de soja	173,20
Soro de leite em pó	60,00
Leite integral em pó	50,00
Açúcar	30,00
Óleo de soja	20,00
Calcário	9,72
Fosfato bicálcico	12,03
Sal comum	7,31
L-lisina HCl (78,4%)	8,63
DL-metionina (99,0%)	3,05
L-treonina (98,5%)	3,04
L-triptofano (98,0%)	0,72
Suplemento vitamínico-mineral ¹	5,05
Antioxidante ²	0,10
Composição calculada	
Energia metabolizável (Mcal/kg)	3,40
Proteína bruta (g/kg)	177,50
Lactose (g/kg)	67,64
Fibra bruta (g/kg)	20,41
Fibra em detergente neutro (g/kg)	103,52
Fibra em detergente ácido (g/kg)	42,41
Cálcio (g/kg)	8,03
Fósforo disponível(g/kg)	4,05
Sódio (g/kg)	3,52
Potássio (g/kg)	2,83
Cloro (g/kg)	4,51
Lisina digestível (g/kg)	13,51
Met+Cis digestível (g/kg)	7,42
Metionina digestível (g/kg)	3,90
Treonina digestível (g/kg)	7,91
Triptofano digestível (g/kg)	2,21
Arginina digestível (g/kg)	12,50
Valina digestível (g/kg)	9,22
BED (mEq/kg) ³	170,22

152 ¹ Conteúdo/kg da dieta: ferro – 0,12 g; cobre – 17,23 mg; cobalto – 0,69 mg; manganês – 0,06 mg; zinco
 153 – 0,16 g; iodo – 1,44 mg; selênio – 0,55 mg; vit. A - 12.300 U.I.; vit D₃ – 2.705 U.I.; vit. E – 74 U.I.; vit
 154 B₁ – 1,81 mg; vit B₂ – 6,73 mg; vit. B₆ – 3,91 mg; vit B₁₂ - 37 mcg; niacina – 0,05 mg; ácido pantotênico
 155 – 27,10 mg; vit. K₃ – 5,50 mg; ácido fólico – 0,57 mg; biotina – 0,18 mg.; colina – 0,36 g ² BHT (Butil-
 156 hidroxil Tolueno). ³ Balanço eletrolítico da dieta.

157

158 Ao final deste período, cada amostra foi descongelada, homogeneizada e uma
159 alíquota de aproximadamente 300g foi retirada e seca em estufa de ventilação forçada
160 (55°C), por 72 horas. Posteriormente as amostras foram moídas em moinho do tipo
161 faca, dotado de peneira de 1 mm (Wiley mill, Marconi, MA- 580, Piracicaba, Brasil).

162 A urina foi filtrada e colhida diariamente em baldes plásticos contendo 20 mL de
163 HCl 1:1, para evitar volatilização de nitrogênio e proliferação bacteriana. Foi realizada a
164 coleta do volume total da urina, que posteriormente foi acondicionada em frascos
165 plásticos, identificados por animal, e armazenados em congelador (-18°C), para
166 posteriores análises de energia bruta (EB).

167 A composição química das rações experimentais (RR e RT), PCD, fezes e urina
168 foi determinada no LANA-UEM. Foram realizadas as análises de MS (Método 930.15;
169 AOAC, 2006), PB (Método 984.13; AOAC, 2006), EE (Método 920.85; AOAC, 1990),
170 FB (Método 962.09; AOAC, 2006), FDA (Método 973.18; AOAC, 1990),
171 FDN(Mertens, 2002),MM (Método 942.05; AOAC, 2006), MO (Método 924.05;
172 AOAC, 1990), Ca (Método 968.08; AOAC, 2006) e P (Método 946.06; AOAC,
173 2006).Os valores de EB foram determinados no Complexo de Centrais de Apoio à
174 Pesquisa – COMCAP, por meio de calorímetro adiabático (Parr AC 6200, Moline, IL).

175 Os teores de hemicelulose (HEMI) foram obtidos pela diferença entre os teores de
176 FDN e de FDA, conforme equação abaixo, proposta por Van Soest et al. (1991):

177

$$178 \text{ HEMI (\%)} = \text{FDN (\%)} - \text{FDA (\%)}$$

179

180 Os teores de carboidratos totais (CHO) foram calculados segundo as equações
181 indicadas por Sniffen et al. (1992), em que:

182

$$183 \text{ CHO (\%)} = 100 - (\text{PB \%} + \text{EE \%} + \text{MM \%})$$

184

185 Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados pela equação
186 proposta por Mertens (1997):

187

$$\text{CNF (\%)} = \text{CHO} - \text{FDN}$$

188

189 Os coeficientes de digestibilidade aparente (CD) da MS, EB, PB, EE, FDN, FDA,
190 HEMI, CHO, CNF, MM, MO, Ca e P da PCD foram calculados utilizando a

191 metodologia de Matterson *et al.* (1965), além do coeficiente de metabolizabilidade (CM)
192 da EB e da relação EM:ED. Para a obtenção dos valores de nutrientes digestíveis, foram
193 aplicados os respectivos valores de CD sobre a composição química do alimento
194 avaliado.

195

196 **2.2. Digestibilidade de nutrientes e energia em rações contendo níveis crescentes de** 197 **polpa cítrica desidratada, com ou sem enzimas exógenas, para leitões**

198

199 Foram utilizados 40 leitões mestiços (AGPIC425 x Topigs 20), machos castrados,
200 desmamados com 21 dias de idade e alojados em instalação de creche por 12 dias,
201 fornecimento de ração comercial pré-inicial I (Tabela 1) e água à vontade. Ao atingirem
202 o peso médio inicial de 9,16kg \pm 0,37kg, os animais foram alojados em gaiolas de
203 metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), em sala parcialmente
204 climatizada contendo termohigrômetro.

205 Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso,
206 em esquema fatorial 2 x 4, cujos tratamentos consistiram na adição ou não de complexo
207 enzimático exógeno versus níveis de inclusão de PCD (0, 30,60 e 90 g/kg) à ração, com
208 5 repetições por tratamento e um animal por unidade experimental. Na formação dos
209 blocos, foram considerados o peso inicial e o parentesco dos animais.

210 As rações experimentais foram formuladas à base de milho, farelo de soja, soro de
211 leite em pó, leite integral em pó, açúcar, óleo de soja, vitaminas, minerais, aminoácidos
212 e aditivos, para atender em, no mínimo, às exigências nutricionais propostas pelo NRC
213 (2012), para suínos dos 7 aos 11 kg. Foram utilizados dados de composição
214 bromatológica e EM da PCD obtidos no experimento 1 para formular as rações (Tabela
215 3). As demais informações nutricionais da PCD foram obtidas de Rostagno *et al.*
216 (2017). O complexo enzimático exógeno foi composto por um *blend* comercial à base de
217 carboidrases (xilanase, beta-glucanase, alfa-galactosidase e celulase – 2.700,00 u/g) e
218 fitase (500 FTU/kg), sendo adicionado às rações de acordo com a recomendação do
219 fabricante (130g / tonelada de ração).

220 A quantidade de ração fornecida diariamente foi calculada com base no peso
221 metabólico (kg^{0,75}) de cada animal e no consumo médio registrado no período de
222 adaptação. Para evitar perdas e facilitar a ingestão, as rações foram umedecidas com
223 água, em aproximadamente 30% da ração, e fornecidas duas vezes ao dia (8h00 e
224 14h00).

225 **Tabela 3.** Composição centesimal, química e energética das rações experimentais para
 226 leitões dos 7,0 aos 11,0 kg contendo níveis crescentes de polpa cítrica desidratada
 227 (PCD), sem ou com adição de enzimas exógenas.

Ingredientes	Níveis de polpa cítrica desidratada (g/kg)							
	Sem enzimas exógenas				Com enzimas exógenas			
	0,0	30,0	60,0	90,0	0,0	30,0	60,0	90,0
Milho	617,40	585,91	554,42	522,91	617,40	585,91	554,42	522,91
Farelo de soja	173,22	174,71	176,22	177,71	173,22	174,71	176,22	177,71
PCD	0,00	30,00	60,00	90,00	0,00	30,00	60,00	90,00
Soro de leite em pó	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Leite integral em pó	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Açúcar	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Óleo de soja	20,00	20,80	21,50	22,50	20,00	20,80	21,50	22,50
Calcário	9,76	9,58	9,50	9,42	9,76	9,58	9,50	9,42
Fosfato bicálcico	12,01	12,01	12,01	12,01	12,01	12,01	12,01	12,01
Sal comum	7,29	7,20	7,11	7,02	7,29	7,20	7,11	7,02
L-lisina HCl (78,4%)	8,57	7,98	7,55	6,87	8,57	7,98	7,55	6,87
DL-metionina (99,0%)	3,02	2,94	2,81	2,68	3,02	2,94	2,81	2,68
L-treonina (98,5%)	3,01	2,98	2,94	2,85	3,01	2,98	2,94	2,85
L-triptofano (98,0%)	0,71	0,69	0,67	0,65	0,71	0,69	0,67	0,65
Supl. vitamínico-mineral ¹	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Antioxidante ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Enzimas exógenas ³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	0,13	0,13
Inerte ⁴	0,13	0,22	0,31	0,40	0,00	0,09	0,18	0,27
	Composição calculada							
EM (Mcal/kg)	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40
PB (g/kg)	214,22	214,22	214,22	214,22	214,22	214,22	214,22	214,22
Lactose (g/kg)	67,64	67,64	67,64	67,64	67,64	67,64	67,64	67,64
FB (g/kg)	20,41	23,52	26,62	29,73	20,41	23,52	26,62	29,73
FDN (g/kg)	103,50	109,61	115,72	121,83	103,50	109,61	115,72	121,83
FDA (g/kg)	42,41	46,51	50,30	55,20	42,41	46,51	50,30	55,20
Ca (g/kg)	10,68	10,68	10,68	10,68	10,68	10,68	10,68	10,68
P disponível (g/kg)	5,28	5,28	5,28	5,28	5,28	5,28	5,28	5,28
Sódio (g/kg)	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24
Potássio (g/kg)	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20
Cloro (g/kg)	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14
Lisina digestível (g/kg)	14,51	14,51	14,51	14,51	14,51	14,51	14,51	14,51
Met+Cis digestível (g/kg)	8,13	8,13	8,13	8,13	8,13	8,13	8,13	8,13
Treonina digestível (g/kg)	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72
Triptofano digestível (g/kg)	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
Arginina digestível (g/kg)	14,51	14,51	14,51	14,51	14,51	14,51	14,51	14,51
Valina digestível (g/kg)	10,01	10,01	10,01	10,01	10,01	10,01	10,01	10,01
BED (mEq/kg) ⁵	170,02	172,35	174,28	176,85	170,02	172,35	174,28	176,85
Fenóis totais (mg/100g)	82,02	95,61	108,05	119,49	82,02	95,61	108,05	119,49

228 ¹ Conteúdo/kg da dieta: ferro – 0,12 g; cobre – 17,23 mg; cobalto – 0,69 mg; manganês – 0,06 mg; zinco – 0,16 g;
 229 iodo – 1,44 mg; selênio – 0,55 mg; vit. A - 12.300 U.I.; vit D₃ – 2.705 U.I.; vit. E – 74 U.I.; vit B₁ – 1,81 mg; vit B₂ –
 230 6,73 mg; vit. B₆ – 3,91 mg; vit B₁₂ – 37 mcg; niacina – 0,05 mg; ácido pantotênico – 27,10 mg; vit. K₃ – 5,50 mg;
 231 ácido fólico – 0,57 mg; biotina – 0,18 mg.; colina – 0,36 g. ² BHT (Butil-hidroxi Tolueno). ³ Blend enzimático à base
 232 de xilanase, beta-glucanase, alfa-galactosidase, celulase e fitase. ⁴Areia fina lavada. ⁵Balanco eletrolítico da dieta.

233

234 Após cada refeição, a água foi fornecida no próprio comedouros, na proporção de 3
235 mL de água/g de ração, para evitar excesso de consumo de água e não comprometer o
236 consumo de ração.

237 O período experimental teve duração de 12 dias, sendo sete dias de adaptação dos
238 animais às gaiolas de metabolismo e às rações, e cinco dias de coleta de fezes e urina.
239 Para determinar o período inicial e final de coleta de fezes, foi realizada a adição de 2%
240 de óxido férrico (Fe₂O₃) às rações. As fezes foram acondicionadas em sacos plásticos e
241 armazenadas em congelador (-18°C). Ao final deste período, cada amostra foi
242 descongelada, homogeneizada e uma alíquota de aproximadamente 300g foi retirada e
243 seca em estufa de ventilação forçada (55°C), por 72 horas. Posteriormente as amostras
244 foram moídas em moinho do tipo faca, dotado de peneira de 1 mm (Wiley mill,
245 Marconi, MA- 580, Piracicaba, Brasil).

246 A urina foi filtrada e colhida diariamente em baldes plásticos contendo 20 mL de
247 HCl 1:1, para evitar volatilização de nitrogênio e proliferação bacteriana. Foi realizada a
248 coleta do volume total da urina, que posteriormente foi acondicionada em frascos
249 plásticos, identificados por animal, e armazenados em congelador (-18°C), para
250 posteriores análises de energia bruta (EB).

251 A composição química das rações experimentais, fezes e urina foi determinada no
252 Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal (LANA-UEM). Foram
253 realizadas as análises de MS (Método 930.15; AOAC, 2006), PB (Método 984.13;
254 AOAC, 2006), EE (Método 920.85; AOAC, 1990), FDA (Método 973.18; AOAC,
255 1990), FDN (Mertens, 2002), MM (Método 942.05; AOAC, 2006), MO (Método
256 924.05; AOAC, 1990), Ca (Método 968.08; AOAC, 2006) e P (Método 946.06; AOAC,
257 2006).

258 Os valores de EB foram determinados no Complexo de Centrais de Apoio à
259 Pesquisa – COMCAP, por meio de calorímetro adiabático (Parr AC 6200, Moline, IL).

260 O conteúdo total de compostos fenólicos nas rações experimentais foi
261 determinado por colorimetria (Folin e Ciocalteu, 1927), após extração com metanol
262 (Shad et al., 2017).

263 Os teores de hemicelulose (HEMI) foram obtidos pela diferença entre os teores de
264 FDN e de FDA, conforme equação abaixo, proposta por Van Soest et al. (1991):

265

266

$$\text{HEMI (\%)} = \text{FDN (\%)} - \text{FDA (\%)}$$

267

268 Os teores de carboidratos totais (CHO) foram calculados segundo as equações
269 indicadas por Sniffen et al. (1992), em que:

270

$$271 \text{ CHO (\%)} = 100 - (\text{PB \%} + \text{EE \%} + \text{MM \%})$$

272

273 Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados pela equação
274 proposta por Mertens (1997):

$$275 \text{ CNF (\%)} = \text{CHO} - \text{FDN}$$

276

277 Os coeficientes de digestibilidade aparente (CD) da MS, EB, PB, EE, FDN, FDA,
278 HEMI, CHO, CNF, MM, MO, Ca e P das rações experimentais foram calculados pela
279 relação entre a quantidade ingerida e a quantidade excretada, conforme proposto por
280 Sakomura e Rostagno (2016):

281

$$282 \text{ CD (\%)} = [(\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado}) / \text{nutriente ingerido}] \times 100.$$

283

284 Também foram calculados os coeficientes de metabolizabilidade (CM) da EB, a
285 partir das perdas urinárias de EB, e a relação EM:ED das rações. Para a obtenção dos
286 valores de nutrientes digestíveis, foram aplicados os respectivos valores de CD sobre a
287 composição química das rações experimentais.

288 O procedimento UNIVARIATE foi aplicado para avaliar a presença de *outliers*
289 entre as variáveis. A normalidade dos erros experimentais e a homogeneidade de
290 variâncias entre os tratamentos para as diversas variáveis foram avaliadas previamente
291 utilizando os testes de Shapiro-Wilk e de Levene (SAS, 2010), respectivamente.

292 A análise de variância (ANOVA) foi realizada por meio do procedimento
293 “*General Linear Models*” (GLM) do software estatístico “*Statistical Analysis System*”
294 (SAS Inst. Inc., Cary, NC, EUA). Foi aplicado o Teste F sobre as médias obtidas para a
295 adição ou não de enzimas exógenas. Os graus de liberdade referentes aos níveis de
296 inclusão de PCD às rações foram desdobrados em polinômios ortogonais, para obtenção
297 das equações de regressão, conforme o melhor ajustamento.

298

299

300

301 **3. Resultados**

302

303 **3.1. Composição bromatológica e digestibilidade aparente de nutrientes e energia da**
304 **polpa cítrica desidratada para leitões**

305

306 A avaliação bromatológica da polpa cítrica desidratada (Tabela 4) revelou que os
307 principais componentes do alimento, expressos na matéria seca, foram os carboidratos
308 totais (951,70 g/kg), carboidratos não fibrosos (758,22 g/kg), pectina (231,27 g/kg) e
309 fibra em detergente neutro (215,85 g/kg), enquanto a PB apresentou teor reduzido
310 (76,95 g/kg). Ainda assim, o alimento apresentou valor apreciável de energia bruta
311 (4,03 Mcal/kg) e compostos fenólicos (382,61 mg/100g).

312

313 **Tabela 4.** Composição bromatológica da polpa cítrica desidratada.

Variáveis	Conteúdo	
	Matéria Natural	Matéria Seca
Matéria seca (g/kg) ¹	894,33	1000,00
Energia bruta (Mcal/kg) ¹	3,60	4,03
Proteína bruta (g/kg) ¹	68,82	76,95
Extrato etéreo (g/kg) ¹	16,33	18,26
Fibra detergente neutro (g/kg) ¹	193,04	215,85
Fibra detergente ácido (g/kg) ¹	138,03	154,34
Lignina (g/kg) ¹	18,33	20,50
Celulose (g/kg) ¹	121,42	135,77
Hemicelulose (g/kg) ²	55,04	61,54
Pectina (g/kg) ¹	206,83	231,27
Carboidratos totais (g/kg) ²	851,13	951,70
Carboidratos não fibrosos (g/kg) ²	678,10	758,22
Matéria mineral (g/kg) ¹	53,82	60,18
Matéria orgânica (g/kg) ²	800,51	895,09
Cálcio (g/kg) ¹	15,53	17,36
Fósforo total (g/kg) ¹	2,03	2,27
Compostos fenólicos (mg/100g) ¹	342,18	382,61
Diâmetro geométrico médio (µm) ¹	983,34	1099,53

314 ¹ Valores médios obtidos a partir de análises laboratoriais.315 ² Valores calculados.

316

317 A avaliação da digestibilidade dos nutrientes da polpa cítrica desidratada (Tabela
318 5) resultou em coeficiente de digestibilidade aparente (CD) da matéria seca de 81,11%.

319 Além disso, os maiores valores de CD foram obtidos para os carboidratos não fibrosos

320 (83,08%), matéria orgânica (79,67%) e energia bruta (78,91%), enquanto os menores
 321 CD foram observados para fibra em detergente neutro (42,34%), fibra em detergente
 322 ácido (36,12%) e fósforo total (29,31%).

323

324 **Tabela 5.** Digestibilidade aparente dos nutrientes digestíveis da polpa cítrica
 325 desidratada.

Coeficiente de digestibilidade (CD)	(%)
Matéria seca	81,11
Energia bruta	78,91
Proteína bruta	51,23
Extrato etéreo	51,55
Fibra detergente neutro	42,34
Fibra detergente ácido	36,12
Hemicelulose	62,30
Carboidratos totais	76,45
Carboidratos não fibrosos	83,08
Matéria mineral	43,32
Matéria orgânica	79,67
Cálcio	43,88
Fósforo total	29,31
Coeficiente de metabolizabilidade (CM)	
Energia bruta	76,35
Relação EM:ED	0,968

326

327

328 **3.2. Digestibilidade de nutrientes e energia em rações contendo níveis crescentes de**
 329 **polpa cítrica desidratada, com ou sem enzimas exógenas, para leitões**

330

331 Não houve interação ($P > 0,05$) entre o uso de enzimas e os níveis de PCD para
 332 nenhum CD determinado para leitões dos 7,0 aos 11,0 kg (Tabela 6). Quando foi
 333 adicionado o *blend* enzimático exógeno, houve aumento no CDMS ($P = 0,003$), CDCNF
 334 ($P = 0,019$), CDCa ($P = 0,002$) e CDP ($P = 0,063$), conforme expresso nas Figuras 1-A, 1-
 335 B, 1-C e 1-D, respectivamente.

336 **Tabela 6.** Coeficientes de digestibilidade (CD) e de metabolizabilidade (CM) aparente
 337 de nutrientes e energia em rações experimentais para leitões dos 7,0 aos 11,0 kg
 338 contendo níveis crescentes de polpa cítrica desidratada (PCD), sem (-) ou com (+)
 339 adição de enzimas exógenas.

CD (%) ¹	Enzimas ²		PCD (g/kg)				EPM ³	P-valor		
	Sem	Com	0,00	30,00	60,00	90,00		EnzXPCD	Enz	PCD
MS ^{4,5}	87,60 ^b	90,37 ^a	90,65	89,21	88,07	87,01	0,533	0,154	0,003	0,033
EB ⁵	89,48	90,10	90,77	89,70	89,08	87,82	0,234	0,312	0,645	0,021
PB	87,64	87,92	88,10	88,76	86,14	86,12	0,540	0,667	0,307	0,225
EE	40,32	40,92	41,49	41,18	40,14	39,66	0,065	0,217	0,732	0,330
FDN	70,46	71,87	71,07	71,68	71,36	69,53	0,359	0,411	0,155	0,351
FDA ⁵	77,54	79,09	59,90	59,21	57,53	56,61	0,371	0,713	0,201	0,039
HEM	63,31	64,58	65,81	65,31	62,71	64,96	0,211	0,221	0,411	0,453
CT	79,86	80,46	82,42	81,24	79,97	79,02	0,237	0,454	0,342	0,878
CNF ^{4,5}	87,67 ^b	90,43 ^a	90,51	88,77	87,98	86,94	0,362	0,673	0,019	0,011
MM	65,74	65,41	66,54	66,80	65,87	65,10	0,276	0,234	0,564	0,534
MO ⁵	90,42	92,45	92,09	92,36	91,19	89,11	0,112	0,331	0,677	0,031
Ca ⁴	55,59 ^b	58,40 ^a	57,74	57,46	56,73	56,06	0,098	0,268	0,002	0,647
P ⁴	41,62 ^b	43,87 ^a	42,88	43,91	43,35	42,84	0,047	0,197	0,063	0,332
CM (%)										
EB ⁵	85,92	86,53	86,28	86,19	85,23	84,52	0,311	0,657	0,435	0,017
EM:ED	0,96	0,96	0,95	0,96	0,95	0,97	0,003	0,894	0,678	0,389

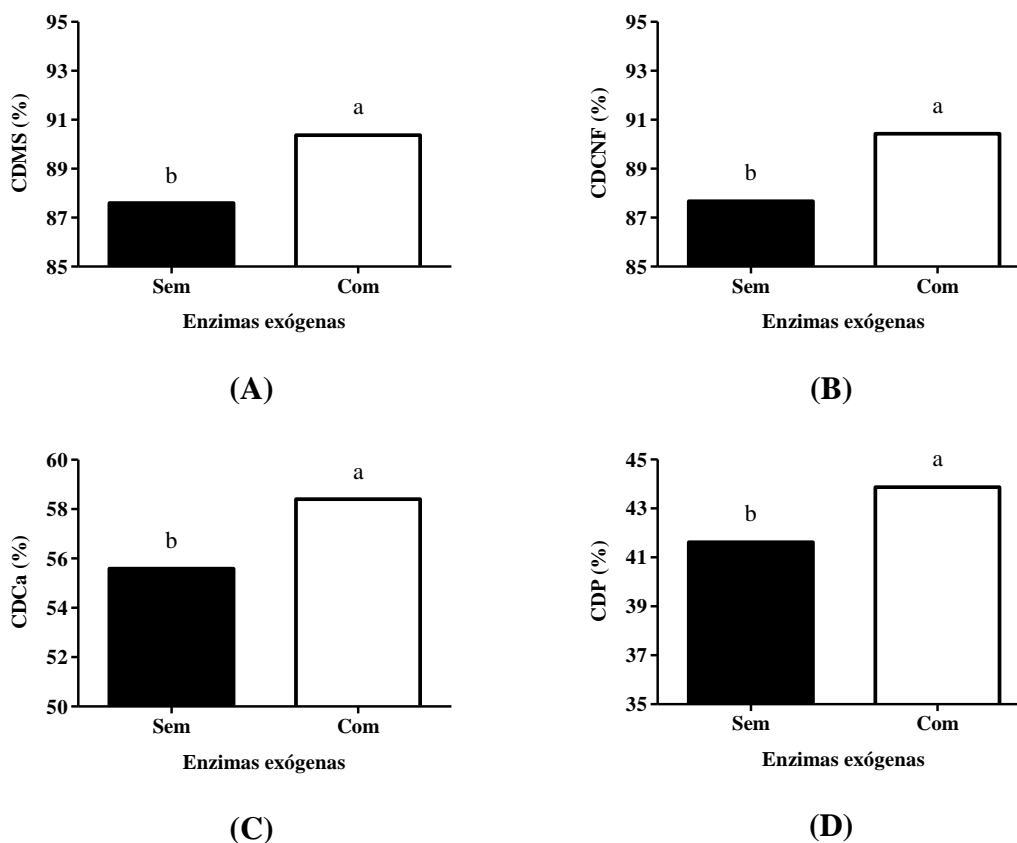
340 1- MS: matéria seca; EB: energia bruta; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente
 341 neutro; FDA: fibra em detergente ácido; HEM: hemicelulose; CT: carboidratos totais; CNF: carboidratos
 342 não fibrosos; MM: matéria mineral; MO: matéria orgânica; Ca: cálcio; P: fósforo total.

343 2- *Blend* enzimático: xilanase, beta-glucanase, alfa-galactosidase, celulase e fitase.

344 3- Erro padrão da média

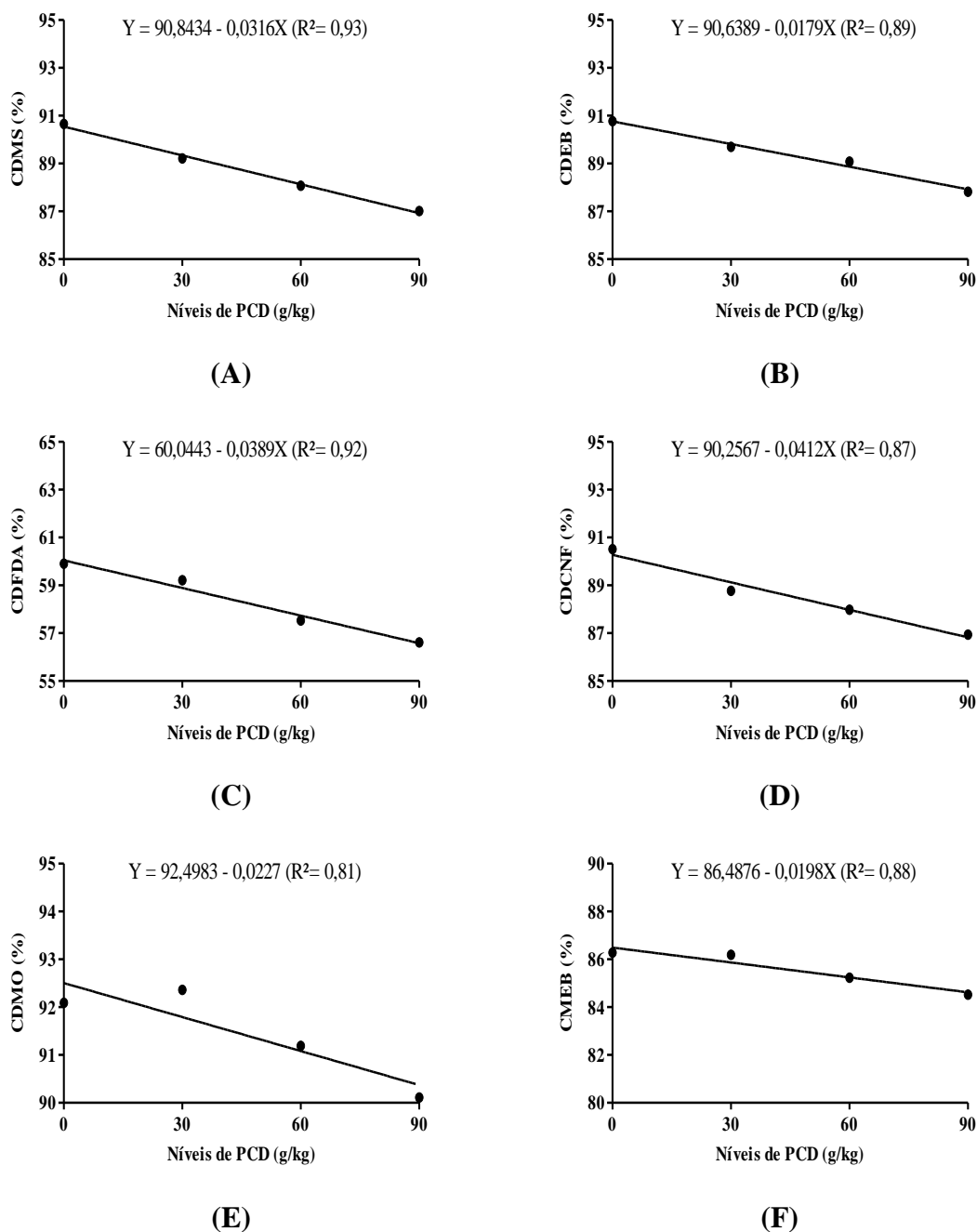
345 4- Médias seguidas por letras distintas na linha, quanto à adição de enzimas exógenas, diferem entre si
 346 pelo teste F.

347 5- Efeito linear dos níveis de polpa cítrica desidratada.



348 **Figura 1.** Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS – A), dos
 349 carboidratos não fibrosos (CDCNF – B), do cálcio (CDCa – C) e do fósforo
 350 (CDP – D) em rações para leitões dos 7,0 aos 11,0 kg sem (-) ou com (+)
 351 adição de enzimas exógenas.

352
 353 Os níveis crescentes de PCD resultaram em redução linear dos coeficientes de
 354 digestibilidade da MS (P=0,033), EB (P=0,021), FDA (P=0,039), CNF (P=0,011), MO
 355 (P= 0,031) e do coeficiente de metabolizabilidade da EB(P= 0,017), conforme dados
 356 expresso na Tabela 5 e na Figura 2.



357 **Figura 2.** Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS – A), da
 358 energia bruta (CDEB - B), da fibra em detergente ácido (CDFDA – C), dos
 359 carboidratos não fibrosos (CDCNF – D) e da matéria orgânica (CDMO – E) e
 360 coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB – F) em rações
 361 para leitões dos 7,0 aos 11,0 kg contendo níveis crescentes de polpa cítrica
 362 desidratada (PCD).

363 4. Discussão

364

365 Em animais monogástricos, estudos com polpa cítrica são menos frequentes do
366 que em ruminantes. Em suínos, os níveis empregados estão entre 15 e 20%, porém em
367 trabalhos conduzidos com animais em fases avançadas de crescimento ou terminação
368 (Cerisuelo et al., 2010; Croswhite et al., 2013; Strong et al., 2015).

369 Embora seja considerado um alimento tipicamente fibroso, a PCD avaliada no
370 presente estudo (Tabela 3) revelou valores de FDN (215,85 g/kg) e FDA (154,34 g/kg)
371 inferiores aos obtidos por Mínguez e Calvo (2018), que foram de 265,00 e 172,00 g/kg,
372 respectivamente, na matéria seca, fato que pode ser justificado pela variabilidade do
373 material obtido industrialmente. Outra variação observada foi sobre o teor de pectina,
374 que no presente estudo foi de 231,27 g/kg, sendo inferior ao teor obtido por Pourbafrani
375 et al. (2010), de 250,00 ±12,00 g/kg.

376 Os conteúdos de lignina (20,50 g/kg), celulose (135,77 g/kg) e hemicelulose
377 (61,54 g/kg) obtidos neste trabalho, expressos na matéria seca, foram inferiores aos
378 obtidos por Pourbafrani et al. (2010), cujos teores obtidos foram de 21,90 ±0,40; 220,00
379 ±19,50 e 110,90 ±2,10 g/kg, respectivamente, na matéria seca. Ainda assim, foram
380 superiores aos teores reportados por De Blas et al. (2018), que avaliaram 78 amostras de
381 polpa cítrica oriundas de diferentes indústrias na Espanha em safras de 2015/2016 e
382 observaram níveis médios de lignina e celulose de 12,10 ±7,20 e 127,00 ±27,00 g/kg,
383 respectivamente. A única exceção foi para a hemicelulose, que no estudo de De Blas et
384 al. (2018) foi de 87,00 ±40,00g/kg, sendo superior ao valor obtido no presente trabalho.

385 O teor de proteína bruta observado na PCD foi de 76,95 g/kg, na matéria seca,
386 sendo superior aos teores obtidos por Pourbafrani et al. (2010) e De Blas et al. (2018),
387 que foram de 60,70 ±1,00 e 71,20 ±12,00 g/kg, respectivamente. Ainda assim, o teor de
388 proteína bruta da PCD foi inferior ao teor mencionado por Mínguez e Calvo (2018), de
389 151,00 g/kg, nesse caso um teor considerado elevado pelos próprios autores,
390 provavelmente ocorrido em função da variabilidade na matéria-prima avaliada.

391 A concentração de compostos fenólicos presentes na PCD também constitui
392 componente de interesse na nutrição animal, considerando suas propriedades bioativas,
393 que resultam em uma gama de efeitos biológicos e farmacológicos, com ação
394 antioxidante, antibacteriana, antiviral, anti-inflamatória, antialérgica e vasodilatadora
395 (Zeraik et al., 2010; Yakoob et al., 2020). No presente estudo, foi obtida a concentração
396 de 382,61 mg/100g, na matéria seca, valor que pode ser considerado elevado se

397 comparado aos teores obtidos na polpa da laranja e nas cascas (154 e 179mg/100g),
398 embora obtidos na matéria natural, em frutas frescas (Gorinstein et al., 2001). Entre os
399 principais polifenóis, os flavonoides, ácido fenólico e cumarinas são os mais estudados
400 em frutas cítricas (Yakoob et al., 2020).

401 O diâmetro geométrico médio (DGM) obtido para a PCD foi de 983,34 μm
402 (Tabela 3). Esse valor está muito acima do recomendado para o milho moído para
403 suínos em fase inicial, entre 350 e 450 μm (Lenser, 1985; Zanotto e Monticelli, 1998),
404 uma vez que a eficiência da digestão é influenciada, entre outros fatores, pela superfície
405 de contato entre o alimento e as secreções digestivas, fato que pode determinar o tempo
406 de passagem do alimento e a eficiência de digestibilidade dos nutrientes. Com relação
407 aos coeficientes de digestibilidade aparente (CD) da PCD (Tabela 4), o CDMS foi
408 inferior aos CD obtidos para os principais alimentos energéticos, como o milho
409 (85,82%) e sorgo (83,82%), para suínos na fase inicial (Rostagno et al., 2017). Isto,
410 possivelmente pode ter ocorrido pela menor digestibilidade dos nutrientes, pois o
411 aumento do nível de fibra na dieta tem influência negativa sobre a digestibilidade das
412 matérias seca e orgânica (Noblet & Perez, 1993; Le Goff & Noblet, 2001).

413 O CD (78,91%) e CM (76,35%) da energia bruta da PCD foram inferiores aos
414 apresentados por Rostagno et al. (2017) para milho (CD= 88,23% e CM= 86,13%) e
415 sorgo (CD= 85,51% e CM= 84,20%), considerados alimentos energéticos para suínos.
416 Ainda assim, está similar aos valores de CD e CM na PCD para suínos propostos por
417 Rostagno et al. (2017), de 79,87 e 77,36%; respectivamente. O elevado conteúdo de
418 FDN (215,85 g/kg na matéria seca) da PCD possivelmente esteja relacionado com a
419 menor digestibilidade da energia, pois o efeito negativo da fibra deve-se não somente à
420 menor degradabilidade, mas também por modificações na digestibilidade aparente dos
421 outros constituintes químicos da dieta passíveis de gerar energia (Noblet et al., 1993).

422 O CD da PB (51,23%) foi similar ao proposto por Rostagno et al. (2017), de
423 55,00% para PCD, embora os autores supracitados tenham determinado a
424 digestibilidade ileal estandardizada, que tende a tornar o coeficiente superior ao de
425 digestibilidade aparente, por considerar as perdas endógenas (Sakomura e Rostagno,
426 2016). Ainda assim, quando comparado ao CD da proteína bruta do milho (82,7%) e
427 sorgo (83,20%), o valor obtido para a PCD é inferior aos propostos por Rostagno et al.
428 (2017), embora os autores tenham determinado a digestibilidade ileal estandardizada,
429 além de utilizarem animais acima de 15 kg para a condução dos ensaios de
430 digestibilidade, fato que pode impactar positivamente sobre a absorção de nutrientes (Le

431 Goff e Noblet, 2001). Além disso, o baixo CD da proteína bruta pode ser atribuído aos
432 maiores teores de MM e FDA na PCD (60,18 e 154,34g/kg, respectivamente), pois a
433 digestibilidade da proteína é reduzida em cerca de 0,4 e 0,2 g/kg de MS, para cada
434 grama adicional de MM e FDA na dieta (Noblet & Perez, 1993).

435 O CD do EE (51,55%) obtido para a PCD foi similar ao proposto por Rostagno et
436 al. (2017) para o mesmo alimento, de 55,00%. Ainda assim, foi menor que o CD do
437 EE para o milho (90,00%) e sorgo (77,60%). Alguns autores relatam que a fibra,
438 principalmente a fração solúvel, pode reduzir a digestão de lipídeos, por influenciar
439 diretamente a viscosidade da digesta, inibindo a hidrólise e solubilização da fração
440 gordurosa (Drochner et al., 2004; Castro Junior et al., 2005). Esta menor digestibilidade
441 de lipídeos, em relação aos outros alimentos energéticos, também pode ter ocorrido
442 porque as frações mais solúveis da fibra, como a pectina, aumentam a proliferação de
443 bactérias intestinais, as quais secretam enzimas que degradam os ácidos biliares,
444 dificultando a digestão dos lipídeos (Drochner et al., 2004).

445 Os CD da FDN (42,34%) e FDA (36,12%) foram menores que os obtidos por
446 Rostagno et al. (2017) para farelo de trigo, cujos valores foram de 50,40 e 52,40%,
447 respectivamente. Ainda assim, o CD dos CNF foi de 83,08%, provavelmente em função
448 do alto teor de pectina contido no alimento (231,27 g/kg de MS), que apresenta melhor
449 utilização por suínos, mesmo em fases jovens. Segundo Noblet e Le Goff (2001), o CD
450 da fibra dietética para suínos pode variar entre 40 a 50%, podendo até ser nula em dietas
451 com alta concentração de lignina e fontes de fibra dietética insolúveis em água. No
452 entanto, os mesmos autores afirmam que a digestibilidade pode variar de 80 a 90% em
453 fontes fibrosas com níveis de fibra dietética solúveis em água e com alta pectina, como
454 no presente estudo.

455 A relação EM:ED obtida a partir dos CM e CD da energia bruta contida na PCD
456 foi de 0,968. A Relação EM:ED pode estar associada à qualidade da proteína, uma vez
457 que proteínas de baixa qualidade, ou em excesso, causam decréscimo na EM, pelo fato
458 de os aminoácidos não utilizados para a síntese proteica serem catabolizados, com a
459 consequente excreção de ureia (NRC, 2012). A relação EM:ED é linearmente
460 relacionada ao conteúdo de proteína dietética (Noblet & Perez, 1993), uma vez que o
461 nitrogênio urinário depende principalmente da quantidade de proteína digestível e,
462 portanto, da qualidade da PB contida na dieta (Noblet e Henry, 1993).

463 No experimento que avaliou níveis de PCD, com ou sem enzimas exógenas, o
464 blend enzimático exógeno resultou em aumento nos CD da MS, CNF, Ca e P (Tabela
465 5).

466 Ao avaliarem a inclusão de complexo enzimático à base de celulase, glucanase e
467 xilanase em dietas com inclusão de 48% de farelo de trigo ou de milho espiga para
468 leitões desmamados aos 21 dias de idade, Carneiro et al. (2008) observaram elevação
469 nos CD da FDN e FDA em ambas as dietas. De acordo com os autores, as
470 hemicelulases e celulases exógenas presentes no complexo enzimático podem melhorar
471 a degradação dos constituintes fibrosos, uma vez que a hidrólise de frações da parede
472 celular vegetal permite fermentação por parte da microbiota presente no ceco e cólon,
473 reduzindo a excreção de FDN e FDA nas fezes.

474 Embora não tenha sido observado efeito da adição de enzimas exógenas sobre os
475 CD de FDN e FDA, houve melhora na digestibilidade da MS (Figura 1-A) e dos CNF
476 (Figura 1-B), resultado que pode estar relacionado à capacidade das enzimas exógenas
477 em romperem a parede celular vegetal, propiciando o acesso das enzimas endógenas dos
478 leitões ao conteúdo glicídico citoplasmático, (Montagne et al., 2003; Jakobsen et al.,
479 2015) como a pectina, amido, frutose entre outros CNF.

480 A melhora na digestibilidade do Ca (Figura 1-C) e P (Figura 1-D) pode ser
481 atribuída à presença de fitase no complexo enzimático utilizado. O fitato, a forma salina
482 do ácido fítico (inositol-6-fosfato) pode se ligar a minerais, bem como interagir com
483 enzimas endógenas, reduzindo assim a utilização de nutrientes (Selle et al., 2012).

484 Diversos trabalhos resultaram em maior digestibilidade de Ca e P, mas também
485 em efeito extra-fosfórico da fitase em dietas para suínos (Cowieson et al., 2008; Selle et
486 al., 2012; Adedokun et al., 2015), uma vez que a redução do efeito antinutricional do
487 fitato pode melhorar a digestibilidade de outros nutrientes como proteína e aminoácidos.
488 Ainda assim, no presente estudo esse resultado extra-fosfórico não foi observado,
489 exceto para Ca. A esse respeito, Dersjant-Li et al. (2017) evidenciam que a fitase
490 tradicionalmente empregada na alimentação de suínos apresenta 500 unidades de fitase
491 (FTU)/kg, como a enzima empregada no presente estudo, mas que moléculas mais
492 concentradas (até 2000 FTU/kg) podem surtir efeitos mais contundentes sobre a
493 digestibilidade de nutrientes e desempenho dos animais.

494 Os níveis crescentes de PCD resultaram em redução linear dos CD da MS, EB,
495 FDA, CNF e MO, bem como do CM da EB (Tabela 5). Em trabalho com diferentes
496 perfis de fibra solúvel e insolúvel em dietas para leitões com 21 dias e 7,5 kg de peso

497 médio inicial, Chen et al. (2019-a) observaram que as dietas contendo 10 g/kg de fibra
498 insolúvel ou 10 g/kg de fibra solúvel nas primeiras duas semanas após o desmame
499 resultaram em CD maiores para a matéria seca (87 e 85%, respectivamente) do que a
500 dieta controle (78%). O mesmo ocorreu para a matéria orgânica e proteína bruta, em que
501 as dietas contendo 10 g/kg de fibra insolúvel ou 10 g/kg de fibra solúvel resultaram em
502 CD de 89 e 87%; e 84 e 79%, respectivamente. Na dieta controle, os CD da matéria
503 orgânica e proteína bruta foram de 80 e 70%, respectivamente. Os autores concluíram
504 que a fibra insolúvel pode ser mais preferível que a fibra solúvel para promover a
505 digestibilidade dos nutrientes nas duas primeiras semanas após o desmame, o que
506 corrobora estudos anteriores (Molist et al., 2014; Pascoal et al., 2015b).

507 A fibra alimentar, até certo nível, pode ter efeito benéfico sobre a digestibilidade
508 dos nutrientes, pois as fibras insolúveis tendem a reduzir a incidência de diarreia pela
509 capacidade de ligação com a água, elevando o volume fecal e melhorando o
510 peristaltismo intestinal (Chau et al., 2007), além de reduzir a proliferação de patógenos
511 no ceco e cólon por reduzir o tempo de trânsito da digesta (Wilfart et al., 2007). Já as
512 fibras solúveis podem ser fermentadas, gerando ácidos graxos de cadeia curta que
513 podem modificar o perfil da microbiota intestinal (Liu et al., 2012). No presente estudo,
514 porém, a partir de 30 g/kg de PCD já houve decréscimo sobre a digestibilidade da
515 matéria seca, energia bruta e demais nutrientes, indicando que níveis menores devem
516 ser avaliados em ensaios futuros.

517 Apesar de ser um ingrediente já muito utilizado como alimento alternativo para
518 suínos adultos, uma das desvantagens no uso de coprodutos cítricos em dietas para
519 animais é o baixo teor de nitrogênio, como observado no presente estudo (68,82 g/kg).
520 Ainda assim, esse fato pode ser facilmente compensado por meio da mistura com outros
521 alimentos ou aminoácidos sintéticos (Berk, 2016). Em estudo com PCD em dietas com
522 proteína bruta reduzida para leitões pós-desmame, Almeida et al. (2019) concluíram que
523 a adição de até 7,5% do resíduo não resultou em diferenças sobre a morfologia intestinal
524 dos animais durante 28 dias de ensaio experimental.

525 Outro fator indesejável, especialmente para leitões, é o sabor amargo decorrente
526 dos óleos essenciais presentes nos coprodutos cítricos, especialmente os que contêm
527 limão, que podem afetar a palatabilidade e o potencial máximo de contribuição dos
528 coprodutos cítricos na ração (Zema et al., 2018). Por fim, a alta higroscopicidade da
529 polpa cítrica, mesmo quando desidratada, em função do elevado teor de substâncias

530 pécticas, pode favorecer o crescimento microbiano e a degradação do material
531 (Arthington et al., 2002; Berk, 2016).

532

533 **5. Conclusão**

534

535 Os componentes bromatológicos presentes em maior quantidade na PCD são CT
536 (851,13 g/kg), CNF (678,10 g/kg), pectina (206,83 g/kg) e FDN (193,04 g/kg). Os
537 maiores coeficientes de digestibilidade na PCD são para CNF (83,08%), MO (79,67%)
538 e EB (78,91%), enquanto os menores são para FDN (42,34%), FDA (36,12%) e P
539 (29,31%).

540 Em dietas com níveis de PCD, com ou sem enzimas exógenas, o *blend* enzimático
541 resulta em aumento na digestibilidade da MS, CNF, Ca e P, enquanto níveis crescentes
542 de PCD resultam em redução linear na digestibilidade da MS, EB, FDA, CNF, MO e na
543 metabolizabilidade da EB.

544

545 **Conflito de interesse**

546

547 Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

548

549 **Financiamento**

550

551 Este trabalho foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento
552 Científico e Tecnológico – CNPq (Processo nº 404804/2016-0).

553

554 **Referências**

555

556 Adedokun SA, Owusu-Asiedu A, Ragland D, Plumstead P, Adeola O. 2015. The
557 efficacy of a new 6-phytase obtained from *Buttiauxella* spp. expressed in
558 *Trichoderma reesei* on digestibility of amino acids, energy, and nutrients in pigs fed a
559 diet based on corn, soybean meal, wheat middlings, and corn distillers' dried grains
560 with solubles. *Journal of Animal Science*. 93:168-175.

561 Almeida, V. V., Nuñez, A. J. C., Schinckel, A. P., Alvarenga, P. V. A., Castellini, F. R.,
562 Silva-Guillen, Y. V., & Thomaz, M. C. (2019). Fecal characteristics and gut bacterial

- 563 population of weaned pigs fed amino acid-supplemented diets varying in crude
564 protein and fermentable carbohydrate contents. *Livestock Science*. In press.
- 565 AOAC International. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Washington, DC:
566 AOAC International.
- 567 AOAC International. 2006. *Official methods of analysis*. 18th ed. Gaithersburg (VA):
568 AOAC International.
- 569 Arthington JD, Kunkle WE, Martin AM. 2002. Citrus pulp for cattle. *The Veterinary
570 Clinics of North America. Food Animal Practice*. 18:317-326.
- 571 Bampidis VA, Robinson PH. 2006. Citrus by-products as ruminant feeds: A
572 review. *Animal Feed Science and Technology*. 128:175-217.
- 573 Berk, Z., 2016. *Citrus Fruit Processing*. Academic Press, London, UK.
- 574 Brambillasca S, Zunino P, Cajarville C. 2015. Addition of inulin, alfalfa and citrus pulp
575 in diets for piglets: influence on nutritional and faecal parameters, intestinal organs,
576 and colonic fermentation and bacterial populations. *Livestock Science*. 178:243-250.
- 577 Carneiro M, Lordelo M, Cunha LF, Freire J. 2007. Microbial activity in the gut of
578 piglets: II. Effect of fibre source and enzyme supplementation. *Livestock
579 science*. 108:262-265.
- 580 Carneiro MSC, Lordelo MM, Cunha LF, Freire JPB. 2008. Effects of dietary fibre
581 source and enzyme supplementation on faecal apparent digestibility, short chain fatty
582 acid production and activity of bacterial enzymes in the gut of piglets. *Animal Feed
583 Science and Technology*. 146:124-136.
- 584 Carvalho GGP, Paiva Fernandes FE, Pires AJV. 2006. Métodos de determinação dos
585 teores de amido e pectina em alimentos para animais. *Revista Eletrônica de
586 Veterinária*. 7:1-12.
- 587 Castro Junior FG, Camargo JCM, Castro AMMG, Bundiño FEL. 2005. Fibra na
588 alimentação de suínos. *Boletim de Indústria Animal*. 62:265-280.

- 589 Cerisuelo A, Castelló L, Moset V, Martínez M, Hernández P, Piquer O, Lainez M.
590 2010. The inclusion of ensiled citrus pulp in diets for growing pigs: Effects on
591 voluntary intake, growth performance, gut microbiology and meat quality. *Livestock*
592 *Science*. 134:180-182.
- 593 Chau CF, Wang YT, Wen YL. 2007. Different micronization methods significantly
594 improve the functionality of carrot insoluble fibre. *Food Chemistry*. 100:1402-1408.
- 595 Chen T, Chen D, Tian G, Zheng P, Mao X, Yu J, He J, Huang Z, Luo Y, Luo J, Yu B.
596 2019. Effects of soluble and insoluble dietary fiber supplementation on growth
597 performance, nutrient digestibility, intestinal microbe and barrier function in weaning
598 piglet. *Animal Feed Science and Technology*. In press. a
- 599 Chen Y, Barzee TJ, Zhang R, Pan Z. 2019. Chapter 9: Citrus. In: *Integrated Processing*
600 *Technologies for Food and Agricultural By-Products*. Elsevier:217-242.b
- 601 Choct M, Dersjant-Li Y, McLeish J, Peisker M. 2010. Soy oligosaccharides and soluble
602 non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects
603 in pigs and poultry. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 23:1386-1398.
- 604 Cowieson AJ, Ravindran V, Selle PH. 2008. Influence of dietary phytic acid and source
605 of microbial phytase on ileal endogenous amino acid flows in broiler chickens.
606 *Poultry Science*. 87:2287-2299.
- 607 Crosswhite JD, Myers NB, Adesogan AT, Brendemuhl JH, Johnson DD, Carr CC.
608 2013. The effect of dietary citrus pulp on the growth, feed efficiency, carcass merit,
609 and lean quality of finishing pigs. *The Professional Animal Scientist*. 29:345-358.
- 610 De Blas JC, Ferrer P, Rodríguez CA, Cerisuelo A, García-Rebollar P, Calvet S, Farias
611 C. 2018. Nutritive value of citrus co-products in rabbit feeding. *World Rabbit*
612 *Science*. 26:7-14.
- 613 Dersjant-Li Y, Wealleans AL, Barnard LP, Lane S. 2017. Effect of increasing
614 *Buttiauxella* phytase dose on nutrient digestibility and performance in weaned piglets
615 fed corn or wheat based diets. *Animal Feed Science and Technology*. 234:101-109.

- 616 Drochner W, Kerler A, Zacharias B. 2004. Pectin in pig nutrition, a comparative
617 review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 88:367-380.
- 618 Folin O, Ciocalteu V. 1927. On tyrosine and tryptophane determinations in
619 proteins. *Journal of Biological Chemistry*.73:627-650.
- 620 Gorinstein S, Marti O, Park Y, Haruenkit R, Lojek A, Milan C. 2001. Comparison of
621 some biochemical characteristics of different citrus fruits. *Food Chemistry*. 74:309-
622 315.
- 623 Ibrahim MR, El-Banna HM, Omara II, Suliman MA. 2011. Evaluation of nutritive value
624 of some citrus pulp as feedstuffs in rabbit diets. *Pakistan Journal of Nutrition*. 10:
625 667-674.
- 626 Jakobsen GV, Jensen BB, Knudsen KB, Canibe N. 2015. Impact of fermentation and
627 addition of non-starch polysaccharide-degrading enzymes on microbial population
628 and on digestibility of dried distillers grains with solubles in pigs. *Livestock Science*.
629 178:216-227.
- 630 Konstantinov SR, Smidt H, De Vos WM, Bruijns SC, Singh SK, Valence F, Molle D,
631 Lortal S, Altermann E, Klaenhammer TR, van Kooyk Y. 2008. S layer protein A of
632 *Lactobacillus acidophilus* NCFM regulates immature dendritic cell and T cell
633 functions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 105:19474-19479.
- 634 Lallès JP, Bosi P, Smidt H, Stokes CR. 2007. Weaning - a challenge to gut
635 physiologists. *Livestock Science*. 108:82-93.
- 636 Lallès JP, Boudry G, Favier C, Le Floc'h N, Luron I, Montagne L, Oswald IP, Pié S,
637 Piel C, Sève B. 2004. Gut function and dysfunction in young pigs:
638 physiology. *Animal Research*. 53:301-316.
- 639 Le Goff G, Noblet J. 2001. Comparative total tract digestibility of dietary energy and
640 nutrients in growing pigs and adult sows. *Journal of Animal Science*. 79:2418-2427.
- 641 Lenser GW. 1985. In-plant quality assurance. *Feed Manufacturing Technology III*.
642 American Feed Industry Association. 40:354-368.

- 643 Liu Y, Heying E, Tanumihardjo S.A. 2012. History, global distribution, and nutritional
644 importance of citrus fruits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food*
645 *Safety*. 11:530-545.
- 646 Matterson LD, Potter LM, Stutz MW, Singsen EP. 1965. The metabolizable energy of
647 feed ingredients for chickens. 7.
- 648 Mertens DR. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy
649 cows. *Journal of Dairy Science*. 80:1463-1481.
- 650 Mínguez C, Calvo A. 2018. Effect of supplementation with fresh orange pulp (*Citrus*
651 *sinensis*) on mortality, growth performance, slaughter traits and sensory
652 characteristics in meat guinea pigs. *Meat Science*. 145:51-54.
- 653 Molist F, Segura AG, Gasa J, Hermes RG, Manzanilla EG, Anguita M, Pérez JF. 2009.
654 Effects of the insoluble and soluble dietary fibre on the physicochemical properties
655 of digesta and the microbial activity in early weaned piglets. *Animal Feed Science*
656 *and Technology*. 149:346-353.
- 657 Molist F, Van Oostrum M, Pérez JF, Mateos GG, Nyachoti CM, Van Der Aar PJ. 2014.
658 Relevance of functional properties of dietary fibre in diets for weanling pigs. *Animal*
659 *Feed Science and Technology*. 189:1-10.
- 660 Montagne L, Pluske JR, Hampson DJ. 2003. A review of interactions between
661 dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in
662 young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*. 108:95-117.
- 663 Noblet J, Fortune H, Dupire C, Dubois S. 1993. Digestible, metabolizable and net
664 energy values of 13 feedstuffs for growing pigs: effect of energy system. *Animal*
665 *Feed Science and Technology*. 42:131-149.
- 666 Noblet J, Henry Y. 1993. Energy evaluation systems for pig diets: a review. *Livestock*
667 *Production Science*. 36: 121-141.
- 668 Noblet J, Perez JM. 1993. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of
669 pig diets from chemical analysis. *Journal of Animal Science*. 71:3389-3398.

- 670 NRC - National Research Council. 2012. Nutrients requirements of swine. 11th ed.
671 Washington (D.C): National Academy Press.
- 672 Pascoal LAF, Thomaz MC, Watanabe PH, Ruiz UDS, Amorim AB, Daniel E, Silva
673 SZD. 2015. Purified cellulose, soybean hulls and citrus pulp as a source of fiber for
674 weaned piglets. *Scientia Agricola*. 72:400-410.
- 675 Pekas JC. 1968. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic
676 studies. *Journal of Animal Science*. 27:1303-1306.
- 677 Pourbafrani M, Forgács G, Horváth IS, Niklasson C, Taherzadeh MJ. 2010. Production
678 of biofuels, limonene and pectin from citrus wastes. *Bioresource
679 Technology*. 101:4246-4250.
- 680 Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG,
681 Saraiva A, Abreu MLT, Rodrigues PB, Oliveira RF, Barreto SLT, Brito CO. 2017.
682 Brazilian Tables for Poultry and Swine: Composition of Foods and Nutritional
683 Requirements. 4th ed. Viçosa (MG): UFV.
- 684 Sakomura NK, Rostagno HS. 2016. Research methods in monogastric nutrition. 2th ed.
685 Jaboticabal (SP): Funep.
- 686 SAS INSTITUTE. 2010. SAS user's guide: statistic – Cary: Institute.
- 687 Selle PH, Cowieson AJ, Cowieson NP, Ravindran V. 2012. Protein-phytate interactions
688 in pig and poultry nutrition: a reappraisal. *Nutrition Research Reviews*. 25:1-17.
- 689 Shad MA, Haq N, Tanzila R, Ahmad HB, Mazhar H. 2012. Optimization of extraction
690 efficiency of tannins from *Cichorium intybus* L.: application of response surface
691 methodology. *Journal of Medicinal Plants Research*. 6:4467-4474.
- 692 Sniffen CJ, O'connor JD, Van Soest PJ, Fox DG, Russell JB. 1992. A net carbohydrate
693 and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein
694 availability. *Journal of Animal Science*. 70:3562-3577.
- 695 Strong, CM, Brendemuhl JH, Johnson DD, Carr CC. 2015. The effect of elevated
696 dietary citrus pulp on the growth, feed efficiency, carcass merit, and lean quality of
697 finishing pigs. *The Professional Animal Scientist*. 31:191-200.

- 698 USDA - United States Department of Agriculture. 2019. Foreign
699 Agricultural Service: Citrus World Markets and Trade.
- 700 Van Soest PV, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral
701 detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal*
702 *of Dairy Science*. 74:3583-3597.
- 703 Weary DM, Jasper J, Hötzel MJ. 2008. Understanding weaning distress. *Applied*
704 *Animal Behaviour Science*. 110:24-41.
- 705 Whitney MH, Shurson GC, Guedes RC. 2006. Effect of dietary inclusion of distillers
706 dried grains with solubles on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia*
707 *intracellularis* challenge. *Journal of Animal Science*. 84:1860-1869.
- 708 Wilfart A, Montagne L, Simmins H, Noblet J, Van Milgen J. 2007. Effect of fibre
709 content in the diet on the mean retention time in different segments of the digestive
710 tract in growing pigs. *Livestock Science*. 109:27-29.
- 711 Yaqoob M, Aggarwal P, Aslam R, Rehal J. Chapter 15: Extraction of bioactives from
712 citrus. In: *Green Sustainable Process or Chemical and Environmental Engineering*
713 *and Science*. Elsevier: 357-377.
- 714 Zanotto D, Monticelli C. 1998. Granulometria do milho em rações para suínos e aves:
715 digestibilidade de nutrientes e desempenho animal. simpósio sobre granulometria de
716 ingredientes e rações para suínos e aves. *Embrapa*. 1:26-47.
- 717 Zema DA, Calabrò PS, Folino A, Tamburino V, Zappia G, Zimbone SM. 2018.
718 Valorisation of citrus processing waste: A review. *Waste Management*. 80:252-273.
- 719 Zeraik ML, Pereira CA, Zuin VG, Yariwake JH. 2010. Maracujá: um alimento
720 funcional. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 20:459-471.

ARTIGO 2

Polpa cítrica desidratada e complexo enzimático exógeno sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos e fecais de leitões recém-desmamados²

Resumo: A polpa cítrica desidratada (PCD) constitui um coproduto oriundo da indústria da laranja com viabilidade econômica para uso na dieta de suínos, porém o elevado conteúdo de fibra pode limitar seu uso para leitões, fato que pode ser mitigado mediante uso de enzimas exógenas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a inclusão de polpa cítrica desidratada, com ou sem complexo enzimático exógeno, na dieta de leitões dos 7 aos 11 kg sobre o desempenho zootécnico, viabilidade econômica, parâmetros bioquímicos, parâmetros hematológicos e parâmetros fecais. Foram utilizados 48 leitões mestiços, 24 machos castrados e 24 fêmeas, com peso médio inicial de $6,52 \pm 0,22$ kg, desmamados com 21 dias de idade e alojados aos pares (1 macho e 1 fêmea). Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 X 2, cujos tratamentos consistiram na adição ou não de PCD (30 g/kg) e de complexo enzimático exógeno às rações, com seis repetições por tratamento e dois animais por unidade experimental (um macho e uma fêmea). O complexo enzimático exógeno foi composto por um *blend* comercial à base de carboidrases (xilanase, beta-glucanase, alfa-galactosidase e celulase – 2.700,00 u/g) e fitase (500 FTU/kg), sendo adicionado às rações de acordo com a recomendação do fabricante (130g / tonelada de ração). A inclusão de 30 g/kg de PCD em dieta para leitões (7 aos 11kg) resulta em menor concentração plasmática de colesterol total, enquanto a inclusão de enzimas exógenas proporciona maior peso final, maior retorno econômico e maior concentração de cálcio plasmático.

Palavras-chave: Alimentos fibrosos, Coproduto da laranja, Saúde intestinal de leitões.

Highlights

- 1- Níveis moderados de fibra dietética podem modular a saúde intestinal de leitões.
- 2- Enzimas exógenas em dieta para leitões podem resultar em melhora no desempenho.
- 3- Polpa cítrica desidratada reduziu a concentração plasmática de colesterol em leitões.
- 4- Enzimas exógenas elevaram o cálcio plasmático, o peso final e o retorno econômico.

² Artigo redigido conforme normas da revista *Animal Feed Science and Technology* (ISSN:0377-8401).

33 **1. Introdução**

34

35 Um dos períodos mais críticos na vida do suíno é o desmame, que implica na
36 transição de uma dieta altamente digestível para uma dieta com substratos pouco
37 digestíveis e às vezes com fatores antinutricionais presentes, como os alimentos de
38 origem vegetal (Lallès et al., 2007, Campbell et al., 2013). Por outro lado, a utilização
39 de alimentos alternativos com propriedades nutracêuticas tem sido cada vez mais
40 comum para leitões, pela necessidade de intervenção na nutrição de suínos desde as
41 fases mais jovens, visando favorecer o período de transição e mitigar os problemas
42 entéricos que podem resultar em queda no desempenho produtivo desses animais
43 (Castillo et al., 2007; Bissonnette et al., 2016).

44

45 O Brasil se destaca por ser o maior produtor e exportador mundial de laranja, com
46 produção aproximada de 20,2 milhões de toneladas na safra 2018/2019, que
47 corresponde a cerca de 37% da produção mundial, sendo também um dos maiores
48 produtores de frutas cítricas em geral (limão, tangerina, lima e outros), seguido por
49 China, União Europeia, Estados Unidos e México (USDA, 2019). O suco continua
50 sendo o principal produto da indústria cítrica, porém a geração de resíduos implica na
51 necessidade de utilizar esse coproduto e para isso deve-se estudá-lo.

51

52 A polpa cítrica é um coproduto da extração do suco de laranja e representa um
53 importante ingrediente alternativo a ser estudado na alimentação de suínos, pois pode
54 substituir parcialmente o milho. A polpa cítrica desidratada (PCD) caracteriza-se como
55 um produto intermediário entre volumosos e concentrados, rica em pectina, celulose e
56 hemicelulose. O coproduto é composto pelas cascas, membranas, vesículas e sementes,
57 sendo obtido após a laranja sofrer duas prensagens para a extração do suco, que
58 reduzem a sua umidade, sendo posteriormente submetida ao processo de secagem para
59 chegar a cerca de 90% de MS (Bampidis e Robinson, 2006; Ibrahim et al., 2011).

59

60 Por ser um alimento com alto conteúdo fibroso, apresenta enorme limitação de
61 uso para leitões, porém o uso de enzimas exógenas à base de carboidrases pode resultar
62 na quebra de certos polissacarídeos não amiláceos solúveis, que podem servir de
63 substrato para a proliferação de bactérias benéficas, em detrimento das nocivas no
64 intestino grosso dos animais, por modular o padrão de fermentação cecal e a geração de
65 ácidos graxos voláteis, influenciando no pH do ambiente (Lallès et al., 2007; Bindelle et
al., 2008; Molist et al., 2014; Brambillasca et al., 2015).

66 Considerando que a capacidade digestiva de suínos tende a melhorar com o
67 avanço da idade, em virtude da maior produção de enzimas endógenas e do aumento da
68 microbiota do intestino, fatores antinutricionais presentes nos coprodutos industriais
69 afetam mais severamente os animais jovens, fato que possibilita maior expressão dos
70 efeitos positivos das enzimas exógenas adicionadas às dietas (Ruiz et al., 2008).

71 O objetivo deste trabalho foi avaliar a inclusão de polpa cítrica desidratada, com
72 ou sem complexo enzimático exógeno, na dieta de leitões leitões dos 7 aos 11 kg sobre
73 o desempenho zootécnico, viabilidade econômica, parâmetros bioquímicos, parâmetros
74 hematológicos e parâmetros fecais.

75

76 **2. Material e métodos**

77

78 Foi realizado um ensaio de desempenho no Setor de Suinocultura da Fazenda
79 Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá
80 (UEM), localizada no Estado do Paraná (23°21'S, 52°04'W, a 564m de altitude). Todos
81 os procedimentos experimentais foram previamente submetidos à apreciação do Comitê
82 de Conduta Ética no Uso de Animais em Experimentação (CEUA/UEM), tendo sido
83 aprovados para execução (Parecer nº 2086220217).

84

85 **2.1. Animais e instalações**

86

87 Foram utilizados 48 leitões mestiços (AGPIC425 x Topigs 20), 24 machos
88 castrados e 24 fêmeas, com peso médio inicial de $6,52 \pm 0,22$ kg, desmamados com 21
89 dias de idade e alojados aos pares (1 macho e 1 fêmea), em baias individuais suspensas
90 de $1,32 \text{ m}^2$ (1,50 x 1,70 m), separadas entre si por divisória de grades de ferro, com
91 comedouros frontais semiautomáticos e bebedouros tipo nipple, localizadas em creche
92 de alvenaria, com piso misto (concreto maciço e polietileno vazado) e telha de amianto,
93 com ventiladores de parede, cortinas basculantes de lona e lâmpadas incandescentes.

94 Como protocolo sanitário na sala de creche experimental, primeiramente foi
95 retirada a matéria orgânica aderida às grades de metal, comedouros, chão e paredes,
96 com o auxílio de espátula e bomba d'água de alta pressão. Posteriormente, a sala foi
97 desinfetada com vassoura de fogo (após secagem), solução de cal aplicada no piso e
98 paredes, além de solução de hipoclorito 1:20. Depois de desinfetada, a sala foi mantida
99 em vazio sanitário por sete dias, em média.

100 A sala de creche foi equipada com um termohigrômetro digital, e as temperaturas
101 mínima e máxima médias registradas foram de 18,5 ±4,58°C e 29,6 ±5,02°C,
102 respectivamente. A umidade relativa oscilou entre 48,66% ± 6,11 e 75,23% ± 10,90.

103

104 2.2. Delineamento experimental

105

106 Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso,
107 em esquema fatorial 2 X 2, cujos tratamentos consistiram na adição ou não de PCD (30
108 g/kg) e de complexo enzimático exógeno às rações, com seis repetições por tratamento
109 e dois animais por unidade experimental (um macho e uma fêmea). Na formação dos
110 blocos, foram considerados o peso inicial e o parentesco dos animais.

111

112 2.3. Dietas experimentais

113

114 As rações experimentais foram formuladas à base de milho, farelo de soja, soro de
115 leite em pó, leite integral em pó, farinha de peixe, açúcar, óleo de soja, vitaminas,
116 minerais, aminoácidos e aditivos, para atender em, no mínimo, às exigências
117 nutricionais propostas pelo NRC (2012), para suínos dos 7,0 aos 11,0 kg. Foram
118 utilizados os dados de composição bromatológica e EM da PCD obtidos em
119 experimento de digestibilidade previamente realizado para formular as rações (Tabela
120 1). As demais informações nutricionais da PCD foram obtidas das Tabelas Brasileiras
121 (Rostagno et al., 2017).

122 O complexo enzimático exógeno foi composto por um *blend* comercial à base de
123 carboidrases (xilanase, beta-glucanase, alfa-galactosidase e celulase – 2.700,00 u/g) e
124 fitase (500 FTU/kg), sendo adicionado às rações de acordo com a recomendação do
125 fabricante (130g / tonelada de ração).

126 O balanço eletrolítico da dieta (BED) foi calculado com base nos níveis de Na, K
127 e Cl dos alimentos e dos aminoácidos contidos nas rações, conforme proposto por
128 Mongin (1981), utilizando a seguinte fórmula:

$$129 \text{ BED} = (\text{Na}/23,00 + \text{K}/39,10 - \text{Cl}/35,45) \times 10$$

130 Em que:

131 Na = quantidade de sódio presente em cada um dos alimentos, expresso em mg/kg;

132 K = quantidade de potássio presente em cada um dos alimentos, expresso em mg/kg;

133 Cl = quantidade de cloro presente em cada um dos alimentos, expresso em mg/kg.

134 Tabela 1. Composição centesimal, química e energética das rações experimentais para
 135 leitões dos 7,0 aos 11,0 kg contendo níveis crescentes de polpa cítrica desidratada
 136 (PCD), sem ou com adição de enzimas exógenas.

Ingredientes (g/kg)	Polpa cítrica desidratada (g/kg)			
	0,00	30,00	0,00	30,00
	Sem enzimas exógenas		Com enzimas exógenas	
Milho	617,40	585,90	617,40	585,90
Farelo de soja	123,2	124,7	123,2	124,7
Farinha de peixe	50,00	50,00	50,00	50,00
PCD	0,00	30,00	0,00	30,00
Soro de leite em pó	60,00	60,00	60,00	60,00
Leite integral em pó	50,00	50,00	50,00	50,00
Açúcar	30,00	30,00	30,00	30,00
Óleo de soja	20,00	20,08	20,00	20,08
Calcário	9,56	9,48	9,56	9,48
Fosfato bicálcico	12,01	12,01	12,01	12,01
Sal comum	7,29	7,20	7,29	7,20
L-lisina HCl (78,4%)	8,57	7,98	8,57	7,98
DL-metionina (99,0%)	3,02	2,94	3,02	2,94
L-treonina (98,5%)	3,01	2,98	3,01	2,98
L-triptofano (98,0%)	0,71	0,69	0,71	0,69
Premix vitam.-mineral ¹	5,00	5,00	5,00	5,00
Antioxidante ²	0,10	0,10	0,10	0,0
Enzimas exógenas ³	0,00	0,00	0,13	0,13
Inerte ⁴	0,13	0,22	0,00	0,09
Composição calculada				
EM (Mcal/kg)	3,40	3,40	3,40	3,40
N total (g/kg)	34,30	34,30	34,30	34,30
PB (g/kg)	214,20	214,20	214,20	214,20
Lactose (g/kg)	67,64	67,64	67,64	67,64
FB (g/kg)	20,40	23,50	20,40	23,50
FDN (g/kg)	103,50	109,60	103,50	109,60
FDA (g/kg)	42,40	46,50	42,40	46,50

Ca (g/kg)	10,68	10,68	10,68	10,68
P disponível (g/kg)	5,28	5,28	5,28	5,28
Sódio (g/kg)	2,24	2,24	2,24	2,24
Potássio (g/kg)	5,20	5,20	5,20	5,20
Cloro (g/kg)	2,14	2,14	2,14	2,14
Lisina digestível (g/kg)	14,51	14,51	14,51	14,51
Met+Cis digestível (g/kg)	8,13	8,13	8,13	8,13
Treonina digestível (g/kg)	9,72	9,72	9,72	9,72
Triptofano digestível (g/kg)	2,76	2,76	2,76	2,76
Arginina digestível (g/kg)	14,51	14,51	14,51	14,51
Valina digestível (g/kg)	10,01	10,01	10,01	10,01
Isoleucina digestível (g/kg)	7,98	7,98	7,98	7,98
BED (mEq/kg) ⁵	170,02	172,35	170,02	172,35
Fenóis totais (mg/100g)	82,02	95,61	82,02	95,61

137 ¹ Conteúdo/kg da dieta: ferro – 0,12 g; cobre – 17,23 mg; cobalto – 0,69 mg; manganês – 0,06 mg; zinco
138 – 0,16 g; iodo – 1,44 mg; selênio – 0,55 mg; vit. A - 12.300 U.I.; vit D₃ – 2.705 U.I.; vit. E – 74 U.I.; vit
139 B₁ – 1,81 mg; vit B₂ – 6,73 mg; vit. B₆ – 3,91 mg; vit B₁₂ - 37 mcg; niacina – 0,05 mg; ácido pantotênico
140 – 27,10 mg; vit. K₃ – 5,50 mg; ácido fólico – 0,57 mg; biotina – 0,18 mg.; colina – 0,36 g. ² BHT (Butil-
141 hidroxil Tolueno). ³ Blend enzimático à base de xilanase, beta-glucanase, alfa-galactosidase, celulase e
142 fitase. ⁴Areia fina lavada. ⁵Balanço eletrolítico da dieta.

143

144 2.4. Avaliação do desempenho e características de carcaça

145

146 Todos os leitões receberam ração e água à vontade e iguais condições de manejo
147 durante todo o período experimental. Os animais foram pesados no início e no final do
148 experimento e as rações experimentais sempre que fornecidas, para calcular o consumo
149 diário de ração (CDR), o ganho de peso diário (GPD) e a conversão alimentar (CA).

150 No último dia do período experimental, foram realizadas as determinações da
151 espessura de toucinho (ET) e profundidade de músculo (PM), quando os animais
152 atingiram o peso médio de 11,15 ±0,76kg e para isso foi utilizado um conjunto de
153 equipamentos constituídos de uma ecocâmara (Aloka® SSD-500 Vet) e uma probe de
154 11,5 cm e 3,5 MHz. As medidas foram realizadas na região P2, entre a última e
155 penúltima costela torácica, a 4 cm da linha média, sendo a região previamente depilada
156 no sentido crânio-caudal e dorso-ventral, conforme descrito por Dutra Jr. et al. (2001),
157 obtendo-se duas imagens da região, mensuradas por meio do software Image Pro Plus®.

158 2.5. Análise econômica

159

160 A análise econômica foi calculada com base no preço de cada ingrediente
161 utilizado nas rações, bem como no preço do suíno vivo, todos cotados em dólar, com
162 base nos valores praticados em julho de 2019, na região de Maringá. A partir dos
163 valores, foram calculados o custo total da ração (CTR), o ganho proporcional de suínos
164 (GPS), a relação ganho proporcional: custo da ração (GP:CR) e o índice bioeconômico
165 (IBE), ambos para cada unidade experimental.

166 O CTR foi obtido por meio da multiplicação entre o consumo total de ração e o
167 custo por quilograma da ração. O GPS foi obtido pela multiplicação entre o ganho de
168 peso proporcional aos dias de experimento e o preço por quilograma do suíno vivo. A
169 relação GP:CR foi obtida a partir da razão entre os valores de GPS e CTR. O IBE foi
170 calculado de acordo com Teixeira (2001):

$$171 \quad \text{IBE} = \text{GP} - (\text{PR} / \text{PAV}) \times \text{CR}$$

172 Em que:

173 GP: ganho de peso médio no período (kg);

174 PR: preço da ração (U\$/kg);

175 PAV: preço do animal vivo (U\$/kg);

176 CR: consumo de ração no período (kg).

177

178 2.6. Escore de diarreia e trânsito gastrintestinal

179

180 Durante todo o experimento foi realizada observação visual das fezes dos leitões,
181 com o objetivo de avaliar a ocorrência de diarreia, conforme procedimento descrito por
182 Vassalo et al. (1997). As observações foram feitas diariamente, sempre pela manhã,
183 utilizando o seguinte critério para os escores fecais: 0 – fezes com consistência normal;
184 1 – fezes moles; 2 – fezes pastosas e 3 – fezes aquosas, de modo que 0 e 1 foram
185 considerados “não diarreia” e 2 e 3 “diarreia”.

186 Para determinação do tempo de trânsito gastrointestinal das rações experimentais,
187 foi utilizado o método descrito por Zhang et al. (2001). Após sete dias do início do
188 experimento, pela manhã, as rações experimentais foram marcadas com 1% de óxido
189 férrico (Fe₂O₃) e foi fornecida uma quantidade fixa de 500 g de ração por baia,
190 equivalente à metade do consumo diário individual mencionado no NRC (2012). Logo
191 após o consumo das rações marcadas, os comedouros foram abastecidos com as rações

192 experimentais não marcadas. Os horários de fornecimento da ração e de aparecimento
193 das fezes marcadas (cor vermelha) foram anotados pelo mesmo observador, para
194 posterior avaliação da velocidade de trânsito gastrointestinal das rações experimentais.

195

196 2.7. Determinação do pH, ácidos graxos voláteis e ácido láctico nas fezes

197

198 No penúltimo dia do experimento, foi realizada a coleta de fezes frescas de um
199 leitão por baía, por meio de estimulação retal com auxílio de cotonetes assépticos
200 umedecidos em água destilada. Cerca de 20 g de fezes frescas foram submetidas à pré-
201 secagem, em estufa de ventilação forçada (55°C) durante 72 horas. Esse material foi
202 posteriormente moído em peneira de 1 mm e submetido à secagem definitiva, em estufa
203 de esterilização (105°C) durante 24 horas, para obtenção da matéria seca total das fezes.

204 Imediatamente após a coleta de fezes, foi realizada a diluição de 5 g de amostra
205 em 15 mL de água miliQ e o pH foi aferido em Ph-metro de precisão 0,01 pH (modelo
206 DM20, Digicrom Analítica Ltda, São Paulo).

207 Para determinar a concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ácidos
208 graxos de cadeia ramificada (AGCR), foram pesados 10 gramas de amostra e
209 adicionados 30 mL de água destilada. Em seguida, todas as amostras foram mantidas
210 sob refrigeração (2 a 4°C) por um dia, sendo homogeneizadas a cada 8 horas, para
211 posterior centrifugação a 3500 rpm (15°C) por 10 minutos. O sobrenadante foi retirado e
212 centrifugado novamente, de modo que este procedimento foi repetido três vezes, até
213 serem obtidas amostras translúcidas. Do sobrenadante, foram pipetados 1800 µL, aos
214 quais foram adicionados 100 µL de ácido fosfórico a 20%, para posterior congelamento
215 (-18°C).

216 As amostras foram analisadas no Laboratório de Microbiologia Aplicada e
217 Controle (LabMAC), da Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR, em Araras –
218 SP. Foram determinados os teores de AGCC (acetato, propionato e butirato) e AGCR
219 (isovalerato, valerato e isobutirato), por cromatografia gasosa, em equipamento
220 cromatógrafo (Marca Shimadzu, modelo GC-2014) seguindo as técnicas descritas por
221 Erwin et al. (1961).

222 Para a determinação dos teores de ácido láctico, foram pesados 5 gramas de fezes
223 frescas e adicionados 15 mL de água destilada. Em seguida, todas as amostras foram
224 mantidas sob refrigeração (2 a 4°C) por um dia, sendo homogeneizadas a cada 8 horas,
225 para posterior centrifugação a 3500 rpm (15°C) por 10 minutos. O sobrenadante foi

226 retirado e centrifugado novamente, de modo que este procedimento foi repetido três
227 vezes, até serem obtidas amostras translúcidas. Foram pipetados 2000 µL de
228 sobrenadante e congelados (-18°C). Posteriormente, as amostras foram analisadas no
229 LANA – UEM, de acordo com Pryce (1969), pelo método espectrofotométrico com
230 leitura a 565 nm. Um branco reagente foi utilizado (lactato de lítio 1%) para calibrar o
231 espectrofotômetro (QUICK - Lab marca DRAKE) e as amostras quantificadas
232 comparando-as com padrão de ácido láctico a 0,08%.

233

234 2.8. Variáveis bioquímicas do sangue

235

236 No último dia do experimento, após 6 horas de jejum, foram colhidas amostras de
237 sangue de um animal por unidade experimental, para determinação dos parâmetros
238 bioquímicos plasmáticos (glicose, triglicerídeos, colesterol total, HDL, LDL, cálcio e
239 fósforo), utilizando kits comerciais específicos e seguindo os procedimentos descritos
240 nos mesmos. As amostras de sangue foram obtidas através da punção na veia cava
241 anterior, com auxílio de agulhas descartáveis de 40x12 mm (Moreno et al., 1997).
242 Foram colhidos aproximadamente 20 mL de sangue, que foram divididos em tubos
243 devidamente identificados contendo heparina sódica para as análises de triglicerídeos,
244 colesterol total, HDL, LDL, cálcio e fósforo. O fluoreto foi utilizado nos tubos
245 destinados à análise de glicose. As amostras contendo heparina sódica e fluoreto foram
246 centrifugadas (3.000 rpm por 15 minutos) para obtenção do plasma. Em seguida, 3 mL
247 de plasma foram transferidos, com auxílio de uma pipeta automática, para tubos do tipo
248 "ependorfs" devidamente identificados.

249

250 2.9. Parâmetros hematológicos

251

252 Foram feitos esfregaços sanguíneos com amostras de sangue colhidas em tubos
253 contendo heparina sódica, para posterior determinação dos parâmetros hematológicos
254 sanguíneos, por meio da contagem diferencial leucocitária (leucograma). Os esfregaços
255 foram realizados em lâminas de vidro, que foram coradas pelo método May Grunwald-
256 Giemsa, para posterior observação em microscópio óptico (Motic®, ds 300, Xiemen,
257 China) com objetiva de imersão (1000x). Nesta metodologia, 100 leucócitos de cada
258 lâmina de sangue foram examinados e contados utilizando o aplicativo MsCounter2,

259 possibilitando o cálculo e determinação da porcentagem de cada um dos leucócitos
260 básicos.

261 A determinação da contagem total de leucócitos foi realizada em hemocitômetro
262 (câmara de Neubauer), por meio de observação em microscópio óptico (Motic®, ds
263 300, Xiemen, China) com objetiva de imersão (1000x), após diluição de amostras de
264 sangue em diluente específico (líquido de Turk), na proporção de 1:20.

265 Adicionalmente, foram utilizados tubos contendo EDTA para a colheita de
266 sangue, que foi utilizado para determinar a porcentagem de hematócrito, utilizando
267 microcapilares submetidos à centrifugação do sangue (10.000 rpm, por cinco minutos).

268

269 2.10. Análise estatística

270

271 O procedimento UNIVARIATE foi aplicado para avaliar a presença de *outliers*
272 entre as variáveis. A normalidade dos erros experimentais e a homogeneidade de
273 variâncias entre os tratamentos para as diversas variáveis foram avaliadas previamente
274 utilizando-se os testes de Shapiro-Wilk e de Levene (SAS, 2010), respectivamente.

275 A análise de variância (ANOVA) foi realizada por meio do procedimento
276 “*General Linear Models*” (GLM) do software estatístico “*Statistical Analysis System*”
277 (SAS Inst. Inc., Cary, NC, EUA). Foi aplicado o Teste F sobre as médias obtidas para a
278 adição ou não de PCD e de enzimas exógenas às rações. As variáveis qualitativas, como
279 o escore fecal, foram avaliadas pelo teste Kruskal-Wallis nas variáveis de desempenho
280 zootécnico, o peso inicial foi utilizado como covariável.

281

282 3. Resultados

283

284 3.1. Desempenho

285

286 Não houve interação ($P > 0,05$) entre o uso de polpa cítrica desidratada e enzimas
287 exógenas para nenhuma variável de desempenho zootécnico (Tabela 2). Ainda assim,
288 houve efeito isolado ($P = 0,018$) do uso de enzimas exógenas sobre o peso final, cujos
289 valores médios foram de 11,084 e 11,439 kg, para animais alimentados com rações sem
290 e com adição de complexo enzimático exógeno, respectivamente.

291

292 Tabela 2. Variáveis de desempenho de leitões recém-desmamados, alimentados com
 293 rações contendo ou não polpa cítrica desidratada (PCD) e complexo enzimático
 294 exógeno (ENZ).

Variáveis ¹	PCD (g/kg)		ENZ ²		EPM ³	P-valor		
	0,00	30,00	Sem	Com		PCD*ENZ	PCD	ENZ
PI (kg)	7,056	7,015	7,076	6,995	-	-	-	-
PF (kg) ⁴	11,327	11,195	11,084 ^B	11,439 ^A	0,140	0,648	0,642	0,018
GPD (kg)	0,379	0,373	0,359	0,393	0,017	0,625	0,876	0,115
CDR (kg)	0,495	0,531	0,512	0,514	0,020	0,803	0,379	0,954
CA	1,330	1,444	1,464	1,310	0,038	0,291	0,151	0,159
PL (cm)	1,61	1,59	1,59	1,62	0,036	0,618	0,785	0,683
ET (cm)	0,27	0,27	0,28	0,26	0,008	0,258	0,158	0,226

295 1- PI: peso inicial; PF: peso final; GPD: ganho de peso diário; CDR: consumo diário de ração; CA:
 296 conversão alimentar; PL: profundidade de lombo; ET: espessura de toucinho.

297 2- *Blend* enzimático à base de xilanase, beta-glucanase, alfa-galactosidase, celulase e fitase.

298 3- Erro padrão da média.

299 4- Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo Teste F a 5%.

300

301 3.2. Avaliação econômica

302

303 Não houve interação ($P > 0,05$) entre o uso de polpa cítrica desidratada e enzimas
 304 exógenas para nenhuma variável de avaliação econômica (Tabela 3).

305

306 Tabela 3. Avaliação econômica de leitões recém-desmamados, alimentados com rações
 307 com ou sem polpa cítrica desidratada (PCD) e complexo enzimático exógeno (ENZ).

Variáveis ¹	PCD (g/kg)		ENZ ²		EPM ³	P-valor		
	0,00	30,00	Sem	Com		PCD*ENZ	PCD	ENZ
CTR (US\$)	9,05	9,47	9,33	9,26	0,306	0,778	0,231	0,906
GPS (US\$)	13,85	13,64	13,04	14,46	0,439	0,409	0,739	0,122
GPS:CTR	1,53	1,44	1,40 ^B	1,57 ^A	0,039	0,273	0,113	0,045
IBE (kgPV)	1,40	1,34	1,32	1,42	0,111	0,218	0,159	0,119

308 1- CTR: custo total de ração; GPS: ganho proporcional de suínos; GPS:CTR: relação entre GPS e CTR;
 309 IBE: índice bioeconômico.

310 2- *Blend* enzimático à base de xilanase, beta-glucanase, alfa-galactosidase, celulase e fitase.

311 3- Erro padrão da média.

312 4- Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste F a 5%.

313 Houve efeito isolado ($P= 0,045$) do uso de enzimas exógenas sobre a relação
 314 GPS:CTR, cujos valores médios foram de 1,40 e 1,57; respectivamente, para animais
 315 alimentados com rações sem e com adição de complexo enzimático exógeno.

316

317 3.3. Variáveis bioquímicas do sangue

318

319 Não houve interação ($P>0,05$) entre o uso de PCD e enzimas exógenas para
 320 nenhuma variável (Tabela 4). Ainda assim, o uso de PCD reduziu ($P= 0,018$) a
 321 concentração de colesterol total, de 96,67 para 88,29 mg/dL. Já a adição de enzimas
 322 exógenas proporcionou maior concentração de cálcio circulante ($P=0,033$), com
 323 resultados médios de 7,03 e 8,49 mg/dL, para animais alimentados sem ou com
 324 enzimas exógenas nas rações, respectivamente.

325

326 Tabela 4. Parâmetros bioquímicos do sangue de leitões recém-desmamados,
 327 alimentados com rações contendo ou não polpa cítrica desidratada (PCD) e complexo
 328 enzimático exógeno (ENZ).

Variáveis ¹	PCD (g/kg)		ENZ ²		EPM ³	P-valor		
	0,00	30,00	Sem	Com		PCD*ENZ	PCD	ENZ
GLIC (mg/dL)	83,33	83,29	83,21	83,42	2,133	0,765	0,992	0,961
PTNS (g/dL)	5,01	5,47	5,21	5,27	0,142	0,954	0,117	0,817
TRIG (mg/dL)	50,01	41,54	40,83	50,71	3,476	0,307	0,238	0,171
COL (mg/dL) ⁴	96,67 ^A	88,29 ^B	91,62	93,33	3,014	0,591	0,018	0,355
LDL (mg/dL)	83,87	75,17	78,58	80,45	2,982	0,221	0,160	0,756
HDL (mg/dL)	34,67	29,96	32,04	32,58	1,385	0,667	0,105	0,847
P (mg/dL)	9,72	10,56	9,65	10,63	0,319	0,919	0,206	0,139
Ca (mg/dL) ⁴	7,63	7,88	7,03 ^B	8,49 ^A	0,203	0,376	0,245	0,033

329 1- GLIC: glicose; PTNS: proteínas totais; TRIG: triglicerídeos; COL: colesterol; LDL: lipoproteína de
 330 baixa densidade; HDL: lipoproteína de alta densidade; P: fósforo; Ca: cálcio.

331 2- *Blend* enzimático à base de xilanase, beta-glucanase, alfa-galactosidase, celulase e fitase.

332 3- Erro padrão da média.

333 4- Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo Teste F a 5%.

334

335

336 3.4. Parâmetros hematológicos

337

338 Não houve interação ($P>0,05$) entre o uso de PCD e enzimas exógenas para
 339 nenhuma variável (Tabela 5). Do mesmo modo, não houve efeito isolado da PCD
 340 ($P>0,05$) ou das enzimas exógenas ($P>0,05$) sobre os parâmetros de contagem
 341 leucocitária e hematócrito de leitões recém-desmamados.

342

343 Tabela 5. Contagem leucocitária e hematócrito de leitões recém-desmamados,
 344 alimentados com rações contendo ou não polpa cítrica desidratada (PCD) e complexo
 345 enzimático exógeno (ENZ).

Variáveis ¹	PCD (g/kg)		ENZ ²		EPM ³	P-valor		
	0,00	30,00	Sem	Com		PCD*ENZ	PCD	ENZ
LEU ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	18,03	17,97	18,64	17,35	1,051	0,273	0,980	0,547
NEU (%)	46,08	43,83	45,08	44,83	2,312	0,957	0,632	0,957
LIN (%)	44,08	46,83	45,83	45,08	1,842	0,947	0,464	0,841
MON (%)	3,00	2,75	2,83	2,92	0,434	0,776	0,775	0,924
EOS (%)	1,58	1,33	1,00	1,92	0,326	0,703	0,702	0,172
BAS (%)	5,24	5,25	5,26	5,24	0,728	0,731	0,979	0,989
NEU:LIN	1,08	1,04	1,04	1,08	0,091	0,893	0,860	0,853
HEM(%)	34,33	34,27	33,65	34,96	0,760	0,259	0,968	0,400

346 1- LEU: leucócitos totais; NEU: neutrófilos; LIN: linfócitos; MON: monócitos; EOS: eosinófilos; BAS:
 347 basófilos; NEU:LIN: relação neutrófilos:linfócitos; HEM: hematócrito.

348 2- *Blend* enzimático à base de xilanase, beta-glucanase, alfa-galactosidase, celulase e fitase.

349 3- Erro padrão da média.

350

351 3.5. Variáveis fecais

352

353 Não houve interação ($P>0,05$) entre o uso de PCD e enzimas exógenas para
 354 nenhuma variável (Tabela 6). Do mesmo modo, não houve efeito isolado da PCD
 355 ($P>0,05$) ou das enzimas exógenas ($P>0,05$) sobre os parâmetros fecais de leitões
 356 recém-desmamados.

357

358

359 Tabela 6. Parâmetros fecais de leitões recém-desmamados, alimentados com rações
 360 contendo ou não polpa cítrica desidratada (PCD) e complexo enzimático exógeno
 361 (ENZ).

Variáveis ¹	PCD (g/kg)		ENZ ²		EPM ³	P-valor		
	0,00	30,00	Sem	Com		PCD*ENZ	PCD	ENZ
MS (%)	19,90	18,06	18,64	19,32	1,696	0,423	0,593	0,438
TGI (min)	646,33	658,50	661,50	643,33	29,67	0,980	0,840	0,763
pH	6,73	6,42	6,51	6,64	0,093	0,884	0,115	0,473
LACT (%MS)	0,218	0,335	0,280	0,273	0,037	0,308	0,134	0,925
Ácidos Graxos Voláteis (mMol/kg MS)								
ACET	172,31	183,02	193,50	161,84	12,333	0,818	0,669	0,214
PROP	79,81	79,13	87,14	71,80	6,130	0,768	0,956	0,225
BUT	49,73	46,47	53,24	42,95	5,679	0,660	0,777	0,376
ISOBUT	6,12	5,59	6,15	5,56	0,764	0,286	0,735	0,706
VAL	13,32	12,73	14,41	11,64	1,562	0,625	0,852	0,386
ISOVAL	8,79	8,00	8,95	7,84	1,163	0,213	0,737	0,638
AGCC	307,97	314,21	340,03	282,15	23,698	0,956	0,897	0,236
AGCR	28,23	26,32	29,51	25,04	3,315	0,359	0,777	0,508
AG Totais	336,20	340,53	369,54	307,19	26,683	0,947	0,936	0,256

362 1- MS: matéria seca; TGI: trânsito gastrointestinal; LACT: lactato; pH: potencial hidrogeniônico; ACET:
 363 acetato; PROP: propionato; BUT: butirato; ISOBUT: isobutirato; VAL: valerato; ISOVAL: isovalerato;
 364 AGCC: ácidos graxos de cadeia curta totais; AGCR: ácidos graxos de cadeia ramificada totais; AG
 365 Totais: ácidos graxos totais.

366 2- *Blend* enzimático à base de xilanase, beta-glucanase, alfa-galactosidase, celulase e fitase.

367 3- Erro padrão da média.

368

369 Na avaliação de escore fecal (Tabela 7), não foram observadas diferenças entre os
 370 tratamentos ($P>0,05$), indicando perfil similar de consistência fecal para todos os
 371 animais, predominantemente normal (95,63%), independente do uso de PCD ou de
 372 enzimas exógenas.

373

374

375 Tabela 7. Avaliação de escore fecal de leitões recém-desmamados, alimentados com
 376 rações contendo ou não polpa cítrica desidratada (PCD) e complexo enzimático
 377 exógeno (ENZ).

Escore ^{1,2}	PCD (g/kg)		ENZ ³		Média	(%)
	0,00	30,00	Sem	Com		
0	41	38	37	40	39,00	61,90
1	20	23	23	20	21,50	34,13
2	2	1	3	1	1,75	2,78
3	0	1	0	2	0,75	1,19
Total	63	63	63	63	63,00	100,00
% Diarreia	3,17	3,17	4,76	4,76	3,96	-

378 1- Escores 0 e 1: fezes normais; Escores 2 e 3: fezes diarreicas.

379 2- Escores fecais não significativos entre os tratamentos, pelo teste Kruskal-Wallis a 5%.

380 3- *Blend* enzimático à base de xilanase, beta-glucanase, alfa-galactosidase, celulase e fitase.

381

382 4. Discussão

383

384 As rações experimentais foram formuladas à base de alimentos de origem vegetal,
 385 em que milho e farelo de soja corresponderam a cerca de 75% da composição total das
 386 dietas, e mesmo havendo a inclusão de produtos lácteos e farinha de peixe é provável
 387 que a adição do *blend* enzimático exógeno tenha favorecido a digestibilidade da matéria
 388 seca e dos nutrientes, refletindo positivamente no peso final. Além de favorecer o
 389 acesso enzimático endógeno aos nutrientes, as enzimas exógenas elevam a
 390 disponibilidade de substrato útil, reduzindo proporcionalmente a carga de fatores
 391 antinutricionais presentes nos alimentos de origem vegetal, como os fitatos (Corassa et
 392 al., 2009), influenciando positivamente na saúde intestinal e no desempenho, sobretudo
 393 de animais jovens (Ivarsson et al., 2011; Gutierrez et al., 2014; Jha e Berrocoso, 2015).

394 Os leitões possuem menor capacidade digestiva por causa do estado de
 395 desenvolvimento incompleto do trato intestinal, imaturidade enzimática e menor
 396 desenvolvimento microbiológico (Schokker et al., 2014), sendo mais sensíveis à
 397 utilização de níveis moderados de fibra, podendo resultar em menor aproveitamento de
 398 nutrientes e consequente queda no desempenho (Silva Junior, 2009). Entretanto, no
 399 presente estudo o nível de inclusão de PCD (30g/kg) não foi capaz de gerar queda de
 400 desempenho zootécnico. De todo modo, o uso do complexo enzimático constituiu

401 ferramenta estratégica para a melhoria no aproveitamento dos nutrientes e no
402 desempenho animal.

403 Com relação à avaliação econômica, quanto maiores os valores da relação
404 GPS:CTR, maior será o ganho de peso ou menor será o consumo de ração, e denota
405 eficácia no uso do complexo enzimático. Apesar da ausência de efeito ($P>0,05$) para as
406 variáveis econômicas, exceto a relação GPS:CTR, o uso de ingredientes alternativos
407 como coprodutos agroindustriais pode resultar em redução dos custos produtivos, uma
408 vez que a alimentação responde cerca de 70% dos custos globais (Amorim et al., 2013).
409 Ainda assim, no presente estudo, é provável que esse resultado não tenha sido obtido
410 em todas as variáveis porque o nível de inclusão de PCD foi baixo (3% da dieta), além
411 da ausência de efeitos sobre o CDR, GPD e CA (Tabela 2), que confirmaram a
412 similaridade no desempenho dos animais, exceto pelo PF, conforme já explicado
413 anteriormente.

414 A redução na concentração de colesterol total para os animais que receberam PCD
415 pode estar relacionada com a contribuição da fibra solúvel presente em alta
416 concentração nesse ingrediente, especialmente a pectina, que pode ter se aderido à
417 fração lipídica da dieta, dificultando a ação enzimática e a absorção de colesterol que
418 estava presente na dieta (Amorim et al., 2013), uma vez que as rações apresentavam
419 leite em pó, soro de leite em pó e farinha de peixe. Além disso, há efeito direto sobre a
420 elevação da secreção biliar, como tentativa fisiológica de elevar a emulsificação de
421 gorduras, acarretando maior secreção de colesterol e prejuízo sobre a absorção de
422 lipídeos (Ibrahim et al., 2011).

423 Essa redução de colesterol total sanguíneo também foi encontrada no trabalho de
424 Pinhão et al. (2010), que forneceram dieta rica em pectina presente na fibra de maracujá
425 e atribuíram a redução de colesterol à formação de um gel, que impede a absorção de
426 colesterol oriundo da dieta. De modo similar, Miranda et al. (2014) observaram redução
427 dos níveis de colesterol total em leitões alimentados com rações contendo farinha da
428 casca do maracujá amarelo.

429 Além do teor elevado de pectina, é provável que a quantidade de β -glucanos
430 presente na PCD também tenha contribuído para a redução nos níveis plasmáticos de
431 colesterol total, pela maior viscosidade da digesta atribuída a essa fração da fibra
432 solúvel (Sinha et al., 2011), podendo reduzir a eficácia das enzimas lipolíticas.

433 Outro mecanismo de ação tem sido atribuído aos flavonoides ou polifenóis
434 presentes na PCD, os quais apresentam a capacidade de elevar a atividade do sistema

435 microssomal hepático, conseqüentemente aumentando o metabolismo lipídico. Em
436 experimento com sucos cítricos em substituição à água potável para coelhos, Kurowska
437 et al. (2000) observaram redução na concentração de colesterol total hepático e
438 atribuíram essa redução aos efeitos dos componentes presentes no suco (flavonoides:
439 hesperetina e naringenina; e limonoides: limoneno), apontando que o aumento da
440 atividade dos receptores de LDL, provocado pelos flavonoides, pode ser um dos
441 responsáveis pela redução dos níveis de colesterol. No presente estudo, a ração com
442 PCD resultou em 95,61 mg/100g de fenóis totais, enquanto a ração sem PCD apresentou
443 82,02 mg/100g (Tabela 1), o que comprova o efeito aditivo dos compostos fenólicos na
444 ração com PCD.

445 Com relação ao aumento no nível circulante de cálcio para os animais alimentados
446 com enzimas exógenas, este resultado pode estar relacionado como uso da enzima
447 fitase, uma vez que a liberação de moléculas de fósforo também pode acarretar
448 dissociação iônica de outros minerais (Rodrigues et al., 2010), dentre eles o cálcio,
449 elevando sua absorção intestinal e conseqüentemente sua concentração sanguínea.

450 No Brasil as dietas de suínos são formuladas com ingredientes de origem vegetal,
451 basicamente grãos de cereais, e esses produtos possuem em sua composição elevados
452 níveis de ácido fítico (Pacheco et al., 2012). O ácido fítico possui alto poder de
453 quelatação, tendo afinidade pelos cátions polivalentes cálcio, ferro, zinco, cobre e
454 manganês, interferindo na biodisponibilidade desses minerais (Selle et al., 2000). Por
455 esse motivo, a hidrólise do ácido fítico propicia a liberação de outros nutrientes, além
456 do fósforo, como observado no presente estudo.

457 Dentre os testes laboratoriais realizados no sangue, a contagem leucocitária
458 consiste numa ferramenta rápida de avaliação objetiva do estado imunológico dos
459 animais. Os leucócitos, linfócitos, monócitos, neutrófilos e eosinófilos são as principais
460 células de defesa do organismo e sua concentração sanguínea pode ser influenciada
461 pelo estado nutricional, estresse ambiental e desordens clínicas (Thrall, 2012; Robles-
462 Huaynate et al., 2013).

463 Em estudo realizado por Robles-Huaynate et al. (2014), em que se avaliou
464 inclusão de probióticos na dieta de leitões recém-desmamados, os animais apresentaram
465 aumento na concentração de leucócitos. No presente trabalho, porém, a inclusão PCD
466 ou de enzimas exógenas não foi suficiente para resultar em diferenças sobre a contagem
467 leucocitária ($P>0,05$). Ainda assim, esse resultado expressa condição de similaridade
468 sobre a saúde dos animais, independente das dietas ofertadas. Além disso, é provável

469 que a ausência de desafio sanitário durante o período experimental avaliado tenha
470 favorecido esse resultado. A esse respeito, Tamura et al. (2013) explicam que alimentos
471 fibrosos podem ter função prebiótica, inibindo agentes nocivos, ao atuarem no sistema
472 imunológico dos animais. Essa condição é mais evidente quando os animais são
473 expostos a agente patogênicos (Schwarz et al., 2010).

474 Os nutrientes da ração possuem um papel fundamental na resposta imune dos
475 animais para multiplicação de linfócitos que estão presentes na síntese de anticorpos,
476 entretanto, o animal que não ingere níveis de nutrientes adequados pode desencadear
477 uma resposta imune vulnerável a patógenos (Ribeiro et al., 2008).

478 Em trabalho com frangos de corte, Pourhossein et al. (2015) avaliaram a inclusão
479 de PCD sobre as respostas do sistema imune, concluindo que a inclusão do alimento
480 melhorou a resposta imune e resistência a doenças. A PCD possui em sua composição
481 vitamina C e carotenoides (Ibrahim et al., 2011; Nobakht, 2013), compostos com
482 características bioativas que podem aumentar a produção de anticorpos, melhorando o
483 sistema imunitário indiretamente pela sua atividade antiviral e efeitos antibacterianos
484 (Bianchi e Antunes, 1999).

485 Fisiologicamente, os suínos apresentam maior concentração de linfócitos do que
486 de neutrófilos. Ainda assim, o estresse pode desencadear um mecanismo compensatório,
487 provocando o aumento de neutrófilos circulantes (Stockham e Scott, 2011). No presente
488 estudo, apesar de não ter diferença entre os tratamentos avaliados ($P < 0,05$), a relação
489 neutrófilos:linfócitos foi superior a 1,00 para todos os tratamentos e esse resultado pode
490 estar relacionado ao estresse sofrido pelos animais no momento da coleta de sangue.

491 A degradação dos carboidratos está ligada ao valor nutricional do vegetal, que
492 pode ser limitado em função do teor de polissacarídeos não amiláceos insolúveis
493 (celulose) e solúveis (predominantemente as β -glucanas e arabinoxilanas) (Knudsen,
494 2001). Ainda assim, a pectina presente na PCD é uma fibra solúvel passível de
495 fermentação, que pode ser aproveitada pelos suínos (Castro Junior et al., 2005),
496 contribuindo beneficentemente sobre a microbiota do trato gastrointestinal, na medida em
497 que possibilita a redução do pH do meio, e sobre a produção de gases com valor
498 nutricional (Sotillo e Méndez, 2007), a exemplos dos ácidos graxos voláteis (AGV).

499 De todo modo, no presente estudo não houve efeito ($P > 0,05$) da PCD sobre a
500 produção de AGVs, provavelmente em função do baixo nível de inclusão de PCD à
501 dieta, que pode não ter sido suficiente para a produção mais intensa de AGV no

502 intestino grosso, ou pela baixa taxa de fermentação ceco-cólica em leitões recém-
503 desmamados, por causa da população microbiana ainda em desenvolvimento.

504 Além disso, a determinação da concentração fecal de AGVs em suínos não tem o
505 propósito principal de avaliar a geração de substâncias gliconeogênicas como substrato
506 nutricional, mas sim analisar a condição ambiental gerada para mitigar a proliferação
507 microbiológica com potencial patogênico (Gao et al., 2015), a exemplo de bactérias
508 como *Salmonella sp.*, *Escherichia sp.* e *Clostridium sp.* Como os componentes da fibra
509 alimentar não são digeridos por enzimas endógenas, acabam atingindo a parte distal do
510 intestino, e serão os principais substratos para fermentação bacteriana (Zoetendal et al.,
511 2004). Os principais produtos da fermentação são ácidos orgânicos de cadeia curta
512 (AGCC), predominantemente lactato, acetato, propionato e butirato, os quais favorecem
513 o desenvolvimento do trato digestório, estimulando a proliferação de células do epitélio
514 (Montagne et al., 2003) e inibem o crescimento de bactérias entéricas patogênicas,
515 devido à acidificação do meio (Lindberg, 2014).

516 Deve-se considerar, também, que as propriedades físicas dos polissacarídeos não
517 amiláceos afetam não apenas a quantidade sintetizada de AGCC, mas também a
518 proporção entre eles, cujas fibras solúveis são mais eficientemente convertidas em ácido
519 butírico, que melhora a proliferação celular epitelial no intestino delgado e grosso
520 (Lizardo et al., 1997; Carneiro et al., 2007), favorecendo a digestibilidade dos nutrientes
521 e, conseqüentemente, o desempenho animal.

522 O estudo do escore fecal (Tabela 7), associado com a avaliação dos produtos
523 fermentativos determinados nas fezes (Tabela 6) permite inferir que a inclusão de 3% de
524 PCD à dieta dos animais, ou de complexo enzimático exógeno, não foram suficientes
525 para ocasionar qualquer alteração ($P > 0,05$) no padrão fermentativo intestinal. Além
526 disso, a ausência de efeito ($P > 0,05$) nos parâmetros fecais foi confirmada pela
527 similaridade de resultados ($P > 0,05$) no escore de diarreia, cujo percentual de animais
528 com fezes diarreicas foi abaixo de 4,76%. É provável que essa ausência de efeitos para
529 os parâmetros fecais tenha ocorrido em função da ausência de desafio sanitário,
530 condição que poderia, em tese, favorecer a manifestação de diferentes padrões de
531 resposta nos parâmetros fecais avaliados.

532 Nos leitões, a primeira linha de defesa contra microrganismos nocivos, toxinas ou
533 antígenos que residem no intestino delgado é o lúmen epitelial e quando a barreira
534 intestinal é rompida os animais ficam mais susceptíveis à permeabilidade dos mesmos,
535 que podem atravessar o epitélio e resultar em inflamações, e conseqüentemente

536 diarreias (Campbell et al., 2013). A baixa capacidade de acidificação do conteúdo
537 gástrico por leitões recém-desmamados favorece a proliferação de bactérias patogênicas
538 e estimula a produção de AGCR pela fermentação proteica no intestino grosso, fato que
539 está relacionado a diarreias pós-desmame (Pluske et al., 2002; Lallès et al., 2007; Htoo
540 et al., 2007; Kim et al., 2008; Heo et al., 2009).

541 A fibra dietética é a soma de polissacarídeos não amiláceos (PNA's) e da lignina
542 presente nos vegetais e refere-se ao conjunto de componentes resistentes à digestão de
543 enzimas pelos suínos, mais suscetível à ação das enzimas microbianas (Back Knudsen
544 et al., 2001; Serena et al., 2008). Em experimento realizado com leitões em fase inicial,
545 Högberg e Lindberg (2004) observaram que alimentos que possuem maiores
546 concentrações de PNA's resultaram em redução de pH intestinal e consequentemente
547 redução nos casos de diarreia pós-desmame. De modo semelhante, Pascoal et al. (2012)
548 observaram redução na incidência de diarreia em leitões alimentados com dietas
549 contendo adição de 9% de PCD.

550 Embora no presente estudo houvesse expectativa de redução do escore de diarreia
551 em função da inclusão de PCD, uma vez que esse alimento contém elevado teor de
552 PNA's (Bampidis e Robinson, 2006), o resultado não foi confirmado, provavelmente
553 pelo baixo nível de inclusão de PCD (3%) ou ausência de desafio sanitário, sendo
554 necessário outros experimentos com mais níveis de inclusão de PCD e a indução de
555 desafios sanitários para comparar os resultados obtidos.

556

557 **5. Conclusão**

558

559 A inclusão de 30 g/kg de polpa cítrica desidratada em dieta para leitões (7 aos
560 11kg) resulta em menor concentração plasmática de colesterol total, enquanto a inclusão
561 de complexo enzimático exógeno proporciona maior peso final, maior retorno
562 econômico e maior concentração de cálcio plasmático.

563

564 **Financiamento**

565

566 O projeto foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e
567 Tecnológico – CNPq (Processo 404804/2016-0), Brasil.

568

569

570 **Conflito de interesse**

571

572 Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

573

574 **Agradecimentos**

575

576 Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível
577 Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos durante o mestrado do primeiro
578 autor.

579

580 **Referências**

581

582 Amorim, A.B., Thomaz, M.C., Castro, F.F., Martinez, J.F., Ruiz, U.D.S., Pascoal, L.A.
583 F., Watanabe, P.H., Huaynate, R.A.R., 2013. Determination of the nutritional value
584 of citrus pulp for growing pigs. *Revista Acadêmica Ciências Agrárias e*
585 *Ambientais*, 11, 443-451.

586 Knudsen, K.B., 2001. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. *Animal*
587 *Feed Science and Technology*, 90, 3-20.

588 Bampidis, V.A., Robinson, P.H., 2006. Citrus by-products as ruminant feeds: A
589 review. *Animal Feed Science and Technology*, 128, 175-217.

590 Berrocoso, J.D., Menoyo, D., Guzmán, P., Saldaña, B., Cámara, L., Mateos, G.G., 2015.
591 Effects of fiber inclusion on growth performance and nutrient digestibility of piglets
592 reared under optimal or poor hygienic conditions. *Journal of Animal Science*, 93:
593 3919-3931.

594 Bianchi, M.D.L.P., Antunes, L.M.G., 1999. Radicais livres e os principais antioxidantes
595 da dieta. *Revista de Nutrição*, 12, 123-30.

596 Bindelle, J., Leterme, P., Buldgen, A., 2008. Nutritional and environmental
597 consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review. *Biotechnologie, Agronomie,*
598 *Société et Environnement*, 12, 69-80.

- 599 Bissonnette, N., Jiang, X.R., Matte, J.J., Guay, F., Talbot, G., Bontempo, V., Gong, J.,
600 Wang, Q., Lessard, M. 2016. Effect of a post-weaning diet supplemented with
601 functional feed additives on ileal transcriptome activity and serum cytokines in
602 piglets challenged with lipopolysaccharide. *Veterinary Immunology and*
603 *Immunopathology*, 182, 136-149.
- 604 Brambillasca, S., Zunino, P., Cajarville, C., 2015. Addition of inulin, alfalfa and citrus
605 pulp in diets for piglets: influence on nutritional and faecal parameters, intestinal
606 organs, and colonic fermentation and bacterial populations. *Livestock Science*, 178,
607 243-250.
- 608 Campbell, J.M., Crenshaw, J.D., Polo, J., 2013. The biological stress of early weaned
609 piglets. *Journal of animal science and biotechnology*, 4, 19.
- 610 Carneiro, M., Lordelo, M., Cunha, L.F., Freire, J., 2007. Microbial activity in the gut of
611 piglets: II. Effect of fibre source and enzyme supplementation. *Livestock*
612 *Science*, 108, 262-265.
- 613 Castillo, M., Martín-Orúe, S.M., Nofrarías, M., Manzanilla, E.G., Gasa, J., 2007.
614 Changes in caecal microbiota and mucosal morphology of weaned pigs. *Veterinary*
615 *Microbiology*, 124, 239-247.
- 616 Castro Junior, F.G., Camargo, J.C.M., Castro, A.M.M.G., Bundiño, F.E.L., 2005. Fibra
617 na alimentação de suínos. *Boletim de Indústria Animal*, 62, 265-280.
- 618 Corassa, A., Lopes, D.C., Teixeira, A.O., 2009. Ractopamina e fitase em dietas para
619 suínos na fase de terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 2174-2181.
- 620 Dutra Jr, W.M., Ferreira, A.S., Tarouco, J.U., Euclides, R.F., Donzele, J.L., Lopes,
621 P.S., Cardoso, L.L., 2001. Estimativas de rendimentos de cortes comerciais e de
622 tecidos de suínos em diferentes pesos de abate pela técnica de ultra-sonografia em
623 tempo real. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 1243-1250.
- 624 Erwin, E.S., Marco, G.J., Emery, E.M., 1961. Volatile fatty acid analyses of blood and
625 rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*, 44, 1768-1771.

- 626 Gao, L., Chen, L., Huang, Q., Meng, L., Zhong, R., Liu, C., Tang, X., Zhang, H., 2015.
627 Effect of dietary fiber type on intestinal nutrient digestibility and hindgut
628 fermentation of diets fed to finishing pigs. *Livestock Science*, 174, 53-58.
- 629 Gutierrez, N.A., Serão, N.V.L., Kerr, B.J., Zijlstra, R.T., Patience, J.F., 2014.
630 Relationships among dietary fiber components and the digestibility of energy, dietary
631 fiber, and amino acids and energy content of nine corn coproducts fed to growing
632 pigs. *Journal of Animal Science*, 92, 4505-4517.
- 633 Heo, J.M., Kim, J.C., Hansen, C.F., Mullan, B.P., Hampson, D.J., Pluske, J.R., 2009.
634 Feeding a diet with decreased protein content reduces indices of protein fermentation
635 and the incidence of postweaning diarrhea in weaned pigs challenged with an
636 enterotoxigenic strain of *Escherichia coli*. *Journal of Animal Science*, 87, 2833-2843.
- 637 Hogberg, A., Lindberg, J.E., 2004. Influence of cereal non-starch polysaccharides and
638 enzyme supplementation on digestion site and gut environment in weaned piglets.
639 *Animal Feed Science and Technology*, 116, 113-128.
- 640 Htoo, J.K., Araiza, B.A., Sauer, W.C., Rademacher, M., Zhang, Y., Cervantes, M.,
641 Zijlstra, R.T., 2007. Effect of dietary protein content on ileal amino acid digestibility,
642 growth performance, and formation of microbial metabolites in ileal and cecal
643 digesta of early-weaned pigs. *Journal of Animal Science*, 85, 3303-3312.
- 644 Ibrahim, M.R., El-Banna, H.M., Omara, I.I., Suliman, M.A., 2011. Evaluation of
645 nutritive value of some citrus pulp as feedstuffs in rabbit diets. *Pakistan Journal of*
646 *Nutrition*, 10, 667-674.
- 647 Ivarsson, E., Frankow-Lindberg, B.E., Andersson, H.K., Lindberg, J.E., 2011. Growth
648 performance, digestibility and faecal coliform bacteria in weaned piglets fed a cereal-
649 based diet including either chicory (*Cichorium intybus* L) or ribwort (*Plantago*
650 *lanceolata* L) forage. *Animal*, 5, 558-564.
- 651 Jha, R., Berrococo, J.D., 2015. Review: Dietary fiber utilization and its effects on
652 physiological functions and gut health of swine. *Animal*, 9, 1441-1452.
- 653 Kim, J.C., Mullan, B.P., Hampson, H.D.J., Pluske, J.R., 2008. Addition of oat hulls to an
654 extruded rice-based diet for weaner pigs ameliorates the incidence of diarrhoea and

- 655 reduces indices of protein fermentation in the gastrointestinal tract. *British Journal of*
656 *Nutrition*, 99, 1217-1225.
- 657 Kurowska, E.M., Spence, J.D., Jordan, J., Wetmore, S., Freeman, D.J., Piché, L.A.,
658 Serratore, P., 2000. HDL-cholesterol-raising effect of orange juice in subjects with
659 hypercholesterolemia. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 1095-1100.
- 660 Lallès, J.P., Bosi, P., Smidt, H., Stokes, C.R., 2007. Weaning - a challenge to gut
661 physiologists. *Livestock Science*, 108, 82-93.
- 662 Lindberg, J.E., 2014. Fiber effects in nutrition and gut health in pigs. *Journal of Animal*
663 *Science and Biotechnology*, 5, 1-7.
- 664 Lizardo, R., Peiniau, J., Aumaitre, A., 1997. Inclusion of sugar-beet pulp and change of
665 protein source in the diet of the weaned piglet and their effects on digestive
666 performance and enzymatic activities. *Animal Feed Science and Technology*, 66, 1-
667 14.
- 668 Miranda, G.S, Rennó, L.N, Machado, B.B, Silva, J.L, Pinto, R, Oliveira, M.R., 2014.
669 Efeito do consumo da aveia e farinha da casca de Maracujá sobre a glicemia e
670 lipemia em um grupo de voluntários. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e*
671 *Aplicada*, 35, 245-250.
- 672 Molist, F., Van Oostrum, M., Pérez, J.F., Mateos, G.G., Nyachoti, C.M., Van Der Aar,
673 P.J., 2014. Relevance of functional properties of dietary fibre in diets for weanling
674 pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 189, 1-10.
- 675 Mongin, P., 1981. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in
676 poultry. *Proceedings of the Nutrition Society*, 40, 285-294.
- 677 Montagne, L., Pluske, J.R., Hampson, D.J., 2003. A review of interactions between
678 dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in
679 young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, 108, 95-117.
- 680 Moreno, A.M., Sobestiansky, J., Lopez, A.C., Sobestiansky, A.A.B., 1997. Colheita e
681 processamento de amostras de sangue em suínos para fins de diagnóstico. *Embrapa*
682 *Suínos e Aves-Documentos - INFOTECA-E*.

- 683 NRC - National Research Council. 2012. Nutrients requirements of swine. 11th ed.
684 Washington (D.C): National Academy Press.
- 685 Nobakht, A., 2013. Evaluation the effects of different levels of dried lemon (*Citrus*
686 *aurantifolia*) pulp on performance of broilers and laying hens. International Research
687 Journal of Applied, 3, 882-888.
- 688 Pacheco, G.D., Lozano, A.P., Vinokurovas, S.L., Silva, R.A.M., Dalto, D.B., Agostini,
689 P.S., Westphalen, N., Bridi, A.M., Silva, C.A., 2012. Farelo de gérmen de milho
690 desengordurado associado à fitase. Archivos de Zootecnia, 61, 599-610.
- 691 Pascoal, L.A.F., Thomaz, M.C., Watanabe, P.H., Ruiz, U.D.S., Ezequiel, J.M.B.,
692 Amorim, A.B., Daniel, E., Masson, G.C.I., 2012. Fiber sources in diets for newly
693 weaned piglets. Revista Brasileira de Zootecnia, 41, 636-642.
- 694 Pinhão, R.L., Paiva, J.P.V., Tavares, F.M.M., Willi, L.M.V., 2010. Valores séricos de
695 glicose, triglicerídeos e colesterol em cães (*Canis familiaris*) com sobrepeso,
696 suplementados na dieta com fibra de maracujá (*Passiflora edulis*). Revista Eletrônica
697 Novo Enfoque, 9, 56-63.
- 698 Pluske, J.R., Pethick, D.W., Hopwood, D.E., Hampson, D.J., 2002. Nutritional
699 influences on some major enteric bacterial diseases of pigs. Nutrition Research
700 Reviews, 15, 333-371.
- 701 Pourhossein, Z., Qotbi, A.A.A., Seidavi, A., Laudadio, V., Centoducati, G., Tufarelli,
702 V., 2015. Effect of different levels of dietary sweet orange (*Citrus sinensis*) peel
703 extract on humoral immune system responses in broiler chickens. Animal Science
704 Journal, 86, 105-110.
- 705 Pryce, J.D., 1969. A modification of Barker-Summerson method for the determination
706 of lactic acid. Analyst, 94, 1151-1152.
- 707 Ribeiro, A.M.L., Pinheiro, C.C., Gianfelice, M., 2008. Nutrientes que afetam a
708 imunidade dos leitões. Acta Scientiae Veterinae, 36, 119-124.
- 709 Robles-Huaynate, R.A., Thomaz, M.C., Santana, A.E., Masson, G.C.I.H., Amorim,
710 A.B., Silva, S.Z., Ruiz, U.S., Watanabe, P.H., Budiño, F.E.L., 2013. Efeito da adição de

- 711 probiótico em dietas de leitões desmamados sobre as características do sistema
712 digestório e do desempenho. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 14,
713 248-258.
- 714 Robles-Huaynate, R.A, Thomaz, M.C, Santana, A.E, Masson, G.C.I.H, Amorim,
715 A.B, Silva, S.Z, Ruiz, U.S, Watanabe, P.H, Budiño, F.E.L., 2014. Probiótico em dietas
716 de suínos sobre os parâmetros sanguíneos e digestibilidade de rações. *Semina:
717 Ciências Agrárias*, 35: 1627-1635.
- 718 Rodrigues, G.H., Susin, I., Pires, A.V., Alencar, S.M.D., Mendes, C.Q., Gentil, R.S.,
719 2010. Perfil de ácidos graxos e composição química do músculo longissimus dorsi de
720 cordeiros alimentados com dietas contendo polpa cítrica. *Revista Brasileira de
721 Zootecnia*, 39, 1346-1352.
- 722 Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Hannas, M.I., Donzele, J.L., Sakomura, N.K., Perazzo,
723 F.G., Saraiva, A., Abreu, M.L.T., Rodrigues, P.B., Oliveira, R.F., Barreto, S.L.T.,
724 Brito, C.O., 2017. *Brazilian Tables for Poultry and Swine: Composition of Foods
725 and Nutritional Requirements*. 4th ed. Viçosa (MG): UFV.
- 726 Ruiz, U.S., Thomaz, M.C., Hannas, M.I., Fraga, A.L., Watanabe, P.H., Silva, S.Z.,
727 2008. Complexo enzimático para suínos: digestão, metabolismo, desempenho e
728 impacto ambiental. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 458-468.
- 729 SAS INSTITUTE. 2010. *SAS user's guide: statistic* – Cary: Institute.
- 730 Schokker, D., Zhang, J., Zhang, L.L., Vastenhouw, S.A., Heilig, H.G., Smidt, H., Rebel,
731 J.M.J., Smits, M.A., 2014. Early-life environmental variation affects intestinal
732 microbiota and immune development in new-born piglets. *PLoS One*, 9, e100040.
- 733 Schwarz, K.K., Furuya, W.M., Natali, M.R.M., Michelato, M., Gualdezi, M.C., 2010.
734 Mananoligossacarídeo em dietas para juvenis de tilápias do Nilo. *Acta Scientiarum.
735 Animal Sciences*, 32, 197-203.
- 736 Selle, P.H., Ravindran, V., Caldwell, A., Bryden, W.L., 2000. Phytate and phytase:
737 consequences for protein utilisation. *Nutrition Research Reviews*, 13, 255-278.

- 738 Serena, A., Hedemann, M.S., Bach Knudsen, K.E., 2008. Influence of dietary fiber on
739 luminal environment and morphology in the small and large intestine of sows.
740 Journal of Animal Science, 86, 2217-2227.
- 741 Silva Junior, A.D., 2009. Chemical and philosophic interactions of acidifiers, probiotics,
742 enzymes and lysophospholipids in the piglet digestion. Revista Brasileira de
743 Zootecnia, 38, 238-245.
- 744 Sinha, A.K., Kumar, V., Makkar, H.P., De Boeck, G., Becker, K., 2011. Non-starch
745 polysaccharides and their role in fish nutrition—A review. Food Chemistry, 127,
746 1409-1426.
- 747 Sotillo, A.J.Q., Méndez, M.L.H., 2007. Papel de las pectinas en la alimentación del
748 cerdo. Producción Animal, 22, 4-16.
- 749 Stockham, S.L., 2000. Hematologic changes due to bacterial infections. Schalm's
750 Veterinary Hematology. 5th ed. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, 38-
751 43.
- 752 Stockham, S.L., Scott, M.A., 2011. Fundamentos de patologia clínica veterinária. Rio de
753 Janeiro, Guanabara Koogan.
- 754 Tamura, C., Nakauma, M., Furusawa, H., Kadota, T., Kamata, Y., Nishijima, M., Itoh,
755 S., Sugita-Konishi, Y., 2013. Formulation of a pectin gel that efficiently traps
756 mycotoxin deoxynivalenol and reduces its bioavailability. Carbohydrate
757 Polymers, 93, 747-752.
- 758 Teixeira, A.S., 2001. Alimentos e alimentação dos animais, Lavras, UFLA/FAEPE.
- 759 Thrall, M.A., 2012. Veterinary hematology and clinical chemistry. Philadelphia,
760 Lippincott, Williams & Wilkins.
- 761 USDA - United States Department of Agriculture. 2019. Foreign
762 Agricultural Service: Citrus World Markets and Trade.
- 763 Vassalo, M., Fialho, E.T., Oliveira, A.I.G., Teixeira, A.S., Bertechini, A.G., 1997.
764 Probióticos para leitões dos 10 aos 30 kg de peso vivo. Revista Brasileira de
765 Zootecnia, 26, 131-138.

- 766 Zhang, Z., Corke, H., 2001. Trypsin inhibitor activity in vegetative tissue of sweet
767 potato plants and its response to heat treatment. *Journal of the Science of Food and*
768 *Agriculture*, 81, 1358-1363.
- 769 Zoetendal, E.G., Collier, C.T., Koike, S., Mackie, R.I., Gaskins, H.R., 2004. Molecular
770 ecological analysis of the gastrointestinal microbiota: a review. *The Journal of*
771 *Nutrition*, 134, 465-472.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1

2

3 Embora a polpa cítrica desidratada contenha elevado nível de carboidratos não
4 fibrosos, notadamente de pectina, apresenta baixa digestibilidade da fração FDN para
5 leitões recém-desmamados, que se justifica pela baixa capacidade desses animais em
6 digerir componentes fibrosos.

7

8 Nesse sentido, o uso de enzimas exógenas representa uma ferramenta de
9 otimização nutricional, aliada com a possibilidade de exercer efeitos extranutricionais,
10 uma vez que a hidrólise de frações da parede celular vegetal permite fermentação por
11 parte da microbiota presente no ceco e cólon, acidificando o meio e reduzindo
12 problemas decorrentes do próprio desmame, com diarreias.

13

14 Embora no presente estudo não tenham sido detectados efeitos contundentes da
15 melhoria em função da adição de uma fonte fibrosa, associada ao complexo enzimático
16 exógeno, novos estudos são necessários para elucidar os benefícios dessa estratégia
17 nutricional para leitões ao desmame, incluindo ensaios com desafio sanitário, diferentes
densidades e condições climáticas, pois são fatores que podem interferir no desempenho
dos leitões em fases jovens, impactando todo seu ciclo produtivo.



CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "POLPA CÍTRICA E ENZIMAS EXÓGENAS SOBRE O DESEMPENHO, PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E ESTADO OXIDATIVO DO SANGUE DE LEITÕES RECÉM DESMAMADOS, COM ARTRITE INDUZIDA POR ADJUVANTE", protocolada sob o CEUA nº 2086220217 (ID 001221), sob a responsabilidade de **Leandro Dalcin Castilha** e equipe; *Paulo Cesar Pozza; Ricardo Souza Vasconcellos; Jurandir Fernando Comar; Gustavo Henrique de Araújo; Leonardo Felipe Malavazi Ferreira; Ana Carolina Bueno Bravin* - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Maringá (CEUA/UEM) na reunião de 09/05/2017.

We certify that the proposal "CITRUS PULP AND EXOGENOUS ENZYMES ON PERFORMANCE, BIOCHEMICAL PARAMETERS OF BLOOD AND OXIDATIVE STATE OF POST-WEANING PIGLETS WITH ADJUVANT-INDUCED ARTHRITIS", utilizing 96 Swines (males and females), protocol number CEUA 2086220217 (ID 001221), under the responsibility of **Leandro Dalcin Castilha** and team; *Paulo Cesar Pozza; Ricardo Souza Vasconcellos; Jurandir Fernando Comar; Gustavo Henrique de Araújo; Leonardo Felipe Malavazi Ferreira; Ana Carolina Bueno Bravin* - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the State University of Maringá (CEUA/UEM) in the meeting of 05/09/2017.

Finalidade da Proposta: [Pesquisa](#)

Vigência da Proposta: de [04/2017](#) a [03/2019](#) Área: [Dzo-Zootecnia](#)

Origem: [Fazenda Experimental de Iguatemi](#)

Espécie: [Suínos](#)

sexo: [Machos e Fêmeas](#)

idade: [1 a 45 dias](#)

N: [96](#)

Linhagem: [\(Large white x Landrace x Piétrain\)](#)

Peso: [1 a 11 kg](#)

Local do experimento: Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi - UEM.

Maringá, 10 de dezembro de 2019

Prof. Dra. Tatiana Carlesso dos Santos
Coordenadora da CEUA/UEM
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dra. Erika Seki Kioshima Cótica
Coordenadora Adjunta da CEUA/UEM
Universidade Estadual de Maringá