

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

JONE RODRIGUES DA SILVA

COMPONENTES FIBROSOS NA DIETA DE LEITÕES NA FASE INICIAL

**PORTO ALEGRE
2023**

JONE RODRIGUES DA SILVA

COMPONENTES FIBROSOS NA DIETA DE LEITÕES NA FASE INICIAL

Tese apresentada como requisito para obtenção do grau de doutor em Zootecnia, na Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Dr. Alexandre de Mello Kessler

**Porto alegre
2023**

Jone Rodrigues da Silva
Mestre em Zootecnia

TESE

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

DOUTOR EM ZOOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil


Aprovada em: 25.04.2023
Pela Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 ALEXANDRE DE MELLO KESSLER
Data: 25/05/2023 14:33:09-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

ALEXANDRE DE MELLO KESSLER
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador

Documento assinado digitalmente
 MAITE DE MORAES VIEIRA
Data: 29/05/2023 12:08:09-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Maite de Moraes Vieira
UFRGS

Documento assinado digitalmente
 BERNARDO BERENCHTEIN
Data: 10/06/2023 20:06:35-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Bernardo Berenchtein
UFFS


Documento assinado digitalmente
 VLADIMIR DE OLIVEIRA
Data: 12/06/2023 19:42:09-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Vladimir de Oliveira
UFSM

Homologado em: 07/06/2023
Por

Sergio Luiz Vieira  Assinado de forma digital por
Sergio Luiz Vieira
Dados: 2023.06.14 10:50:14 -0300

SERGIO LUIZ VIEIRA
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia

Documento assinado digitalmente
 CARLOS ALBERTO BISSANI
Data: 16/06/2023 15:26:18-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de Agronomia

CIP - Catalogação na Publicação

Silva, Jone Rodrigues da
Componentes fibrosos na dieta de leitões na fase
inicial / Jone Rodrigues da Silva. -- 2023.
119 f.
Orientador: Alexandre de Mello Kessler.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Suínos. 2. Leitões. 3. Fibras. 4. Desempenho. 5.
Digestibilidade. I. Kessler, Alexandre de Mello,
orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela minha vida e da minha família, por me proporcionar saúde e nunca me deixar perder a fé, por sempre me manter firme e focado nos meus objetivos.

Aos meus pais, João Oliveira da Silva Filho e Maria José Rodrigues da Silva, por sempre me incentivarem a lutar por meus objetivos e por me apoiarem em todos os momentos da minha vida.

À toda minha família, sem vocês eu não teria chegado até aqui, nada que eu faça vai poder retribuir tudo que fizeram e fazem por mim.

Agradeço ao professor Alexandre, pela confiança e oportunidade que me foi concedida, por cada ensinamento, pela dedicação, apoio e colaboração

Agradeço aos amigos Vicente, Nathália, Yanne, Bruna Poletti, Júlio, mana Cony, mano Matheus Fagundes, Aires, Alexandra, Mateus Goulart, Carol Franceschi, Gabriel, Alexandre, Carol Romeiro, Danrlei, Ariane, Matheus Nunes, Carol Fredrich e Carlo Giehl pela amizade, pelo voleizinho e futebol sagrado, pelos momentos de descontrações e por todo o apoio durante esse momento da minha vida, vocês foram essenciais, pois sozinho ninguém chega a lugar nenhum! Levarei todos no coração!

Aos amigos e membros do Laboratório de Ensino Zootécnico (LEZO), obrigado pela ajuda incondicional durante a realização do experimento, vocês foram fundamentais para a realização desse trabalho.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, seu corpo docente e funcionários por todo auxílio necessário para o desenvolvimento deste trabalho. Muito Obrigado!!

À CAPES, pela concessão da bolsa que possibilitou a realização e conclusão do doutorado.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa, meus sinceros agradecimentos.

COMPONENTES FIBROSOS NA DIETA DE LEITÕES NA FASE INICIAL¹

Autor: Jone Rodrigues da Silva

Orientador: Alexandre de Mello Kessler

RESUMO

Objetivou-se, com essa tese, fazer um levantamento de dados na literatura por meio de uma revisão sistemática a respeito do desempenho de crescimento em leitões desmamados alimentados com dietas fibrosas, e posteriormente, avaliar fatores nutricionais que possam interferir no consumo voluntário de leitões após o desmame. No capítulo I foi apresentado o referencial teórico que serviu como base para a construção do estudo. No capítulo II foi apresentada a revisão sistemática sobre o desempenho de leitões desmamados alimentados com dietas fibrosas. Foi realizada uma busca em quatro bases de dados eletrônicas, totalizando 1156 referências, após remoção das duplicatas 985 foram revisados para elegibilidade. Por fim, 72 estudos foram incluídos na base de dados. O teste de correlação entre a fibra bruta (FB) x ganho médio diário (GMD) e FB x consumo médio diário de ração (CMDR) não foram significativos ($P > 0,05$), já a correlação entre FB x eficiência alimentar (EA) foi significativa ($P < 0,05$), porém o valor do coeficiente de correlação de Pearson (r) foi baixo ($-0,21$). A correlação entre FB x presença de diarreia foi significativa ($P < 0,05$), apresentando correlação negativa moderada ($r = -0,50$). Não foi observado correlação significativa entre fibra solúvel x GMD e fibra solúvel x CMDR ($P > 0,05$), no entanto notou-se uma correlação significativa entre fibra solúvel x EA ($P < 0,05$). Observou-se correlações significativas ($P < 0,05$) fortes entre fibra insolúvel x GMD e fibra insolúvel x CMDR ($r = 0,81$ e $r = 0,80$ respectivamente), também foi observado correlação positiva moderada ($r = 0,52$) entre fibra insolúvel x EA. No capítulo III foram utilizados 32 leitões machos não castrados, desmamados aos 28 dias de idade, distribuídos em um delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 2×4 , sendo dois teores de fibra (baixo e alto teor de fibra) e quatro dietas (1: controle; 2: fibra solúvel; 3: fibra insolúvel e 4: controle + propionato de cálcio). O coeficiente de digestibilidade aparente total (CDAT) e os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) foram avaliados, assim como o GMD dos animais. A dieta fibra insolúvel (FIN) reduziu o CDAT dos componentes das dietas e verificou-se efeito isolado ($P < 0,05$) das dietas no ganho médio diário (GMD) do período total, as dietas controle e controle com adição de propionato foram melhores que a dieta FIN. Para o hemograma, a dieta fibra solúvel (FSL) aumentou ($P < 0,05$) a quantidade de linfócitos e plaquetas. A concentração de AGCC fecal foi influenciada pelo teor de fibra das dietas, sendo que a dieta FSL aumentou ($P < 0,05$) a quantidade de ácido isobutírico e isovalérico. De forma geral, a inclusão de fibra pode ser benéfica na dieta de leitões desmamados, porém as pesquisas ainda precisam ser mais aprofundadas para melhor entendimento dos seus benefícios, principalmente a respeito das frações individuais da fibra.

Palavras-chave: AGCC, digestibilidade, fibra, fibra solúvel, fibra insolúvel, leitões desmamados.

¹ Tese de Doutorado em Zootecnia - Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (116 p.) Abril, 2023

FIBROUS COMPONENTS IN THE DIET OF PIGLETS IN THE EARLY STAGE²

Author: Jone Rodrigues da Silva

Advisor: Alexandre de Mello Kessler

ABSTRACT

The main of this thesis was to survey data in the literature through a systematic review regarding the growth performance of weaned piglets fed fibrous diets. And also subsequently, to evaluate nutritional factors that may interfere with the voluntary consumption of piglets after weaning. In chapter I, the theoretical framework was presented and served as the basis for the construction of this study. Chapter II presented a systematic review on the performance of weaned piglets fed fiber diets. A search was performed in four electronic databases, totaling 1156 references, after removal of duplicates 985 were reviewed for eligibility. Finally, 72 studies were included in the database. The correlation test between crude fiber (CF) x average daily gain (ADG) and CF x average daily feed intake (ADFI) were not significant ($P > 0.05$), since the correlation between CF x feed efficiency (FE) was significant ($P < 0.05$), but the value of Pearson's correlation coefficient (r) was low (-0.21). The correlation between CF x diarrhea presence was significant ($P < 0.05$), with a moderate negative correlation ($r = -0.50$). No significant correlation was observed between soluble fiber x ADG and soluble fiber x ADFI ($P > 0.05$), however a significant correlation was noted between soluble fiber x FE ($P < 0.05$). Significant ($P < 0.05$) strong correlations were observed between insoluble fiber x ADG and insoluble fiber x ADFI ($r = 0.81$ and $r = 0.80$ respectively), a moderate positive correlation was also observed ($r = 0.52$) between insoluble fiber x EA. In chapter III, 32 uncastrated male piglets, weaned at 28 days of age, were distributed in a randomized block design in a 2×4 factorial scheme, with two fiber levels (low and high fiber content) and four diets (1: control; 2: soluble fiber; 3: insoluble fiber and 4: control + calcium propionate). The total apparent digestibility coefficient (TADC) and short-chain fatty acids (SCFA) were measured, also the ADG of the animals. The insoluble fiber diet (IFD) reduced the TADC of the diet components and there was an isolated effect ($P < 0.05$) of the diets on the ADG of the total period. The control diet and control with addition of propionate were better than the IFD diet. For the hemogram, the soluble fiber diet (SFD) increased ($P < 0.05$) the amount of lymphocytes and platelets. The concentration of SCFA was influenced by the fiber content of the diets, and the FSD increased ($P < 0.05$) the amount of isobutyric and isovaleric acid. In general, the inclusion of fiber can be beneficial in the diet of weaned piglets, but research still needs to be further developed to better understand its benefits, especially regarding the individual fiber fractions.

Keywords: digestibility, fiber, insoluble fiber, SCFA, soluble fiber, weaned pigs

² Doctoral thesis in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (116 p.) April, 2023.

SUMÁRIO

CAPITULO I	13
1.INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3. Hipóteses e objetivos.....	26
CAPÍTULO II	27
DESEMPENHO DE LEITÕES DESMAMADOS ALIMENTADOS COM DIETAS FIBROSAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	28
1. Introdução.....	30
2. Material e métodos.....	31
3. Resultados.....	32
4. Discussão.....	45
5. Conclusão.....	49
6. Referências.....	50
CAPÍTULO III	66
FATORES NUTRICIONAIS QUE AFETAM O CONSUMO VOLUNTÁRIO DE LEITÕES DESMAMADOS ALIMENTADOS COM INGREDIENTES FIBROSOS	67
1. Introdução.....	69
2. Material e métodos.....	70
3. Resultados.....	79
4. Discussão.....	97
5. Conclusão.....	103
6. Referências.....	103
CAPÍTULO IV	111
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	112
REFERÊNCIAS.....	113

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Diagrama de fluxo de seleção dos estudos para compor a base de dados.33
- Figura 2.** Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as variáveis FB x GMD; FB x CMDR; FB x EA.....42
- Figura 3.** Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as variáveis FB x diarreia.43
- Figura 4.** Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis Fibra solúvel x GMD, Fibra solúvel x CMDR, Fibra solúvel x Eficiência alimentar.....43
- Figura 5.** Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis fibra insolúvel x ADG, fibra insolúvel x ADFI, fibra insolúvel x G:F44

CAPÍTULO III

- Figura 1.** Regressão linear do consumo diário de ração na MS de leitões desmamados com inclusão de fibra nas dietas.....89
- Figura 2.** Consumo de energia metabolizável (EM) em leitões desmamados com inclusão de fibra nas dietas. CONT, controle; FSL, fibra solúvel; FIN, fibra insolúvel e CONT+PROP, controle mais adição de propionato de cálcio.90

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1. Resumo dos estudos presentes na revisão sistemática	34
Tabela 2. Principais componentes encontrados nos estudos que podem influenciar no desempenho de crescimento dos leitões.	40
Tabela 3. Descrição do valor máximo, mínimo e média referente aos animais, composição química da dieta e desempenho de crescimento encontrado nos estudos.....	41

CAPÍTULO III

Tabela 1. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais.	72
Tabela 2. Valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente total (CDAT) e coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) de leitões desmamados alimentados com dietas de baixo (BTF) ou alto teor de fibra (ATF). ...	80
Tabela 3. Interação entre coeficientes de digestibilidade aparente total (CDAT) e energia metabolizável aparente (EMA) de leitões desmamados alimentados com dietas de baixo (BTF) ou alto teor de fibra (ATF).	82
Tabela 4. Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre coeficiente de digestibilidade aparente total (CDAT) das dietas, coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB), componentes das dietas e capacidade de retenção de água (CRA) em leitões desmamados alimentados com dietas de baixo ou alto teor de fibra.	84
Tabela 5. Efeito de dietas com baixo (BTF) ou alto teor de fibra (ATF) sobre o consumo médio diário de ração (CMDR), ganho médio diário (GMD) e eficiência alimentar (EA) em leitões desmamados.....	86
Tabela 6. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre o desempenho, componentes das dietas (FDN, FLS, lactose, amido e EM) e capacidade de retenção de água (CRA) em leitões desmamados alimentados com dietas de baixo ou alto teor de fibra.	87
Tabela 7. Consumo diário de ração com base na MS de leitões desmamados alimentados com dietas de baixo (BTF) ou alto teor de fibra (ATF), em diferentes formulações.....	88
Tabela 8. Avaliação do hemograma de leitões desmamados alimentados com dietas de baixo (BTF) ou alto teor de fibra (BD).	91

Tabela 9. Escore fecal de leitões alimentados com dietas de baixo (BTF) ou alto teor de fibra (BD).....	92
Tabela 10. Concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) fecal de leitões alimentados com dietas de baixo (BTF) ou alto teor de fibra (ATF).	94
Tabela 11. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre a concentração dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) fecal, componentes das dietas e capacidade de retenção de água (CRA) em leitões desmamados alimentados com dietas de baixo ou alto teor de fibra.....	96

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AGCC: Ácidos graxos de cadeia curta

AGCC Total: Total de ácidos graxos de cadeia curta
APC: Antimicrobiano promotor de crescimento
C.H.C.M: Concentração de hemoglobina corpuscular média
CDAT: Coeficiente de digestibilidade aparente total
CMDR: Consumo médio diário de ração
CMEB: Coeficiente de metabolizabilidade
CONT: Controle
CONT+PROP: Controle com adição de propionato
CRA: Capacidade de retenção de água
EA: Eficiência alimentar
EB: Energia bruta
EE: Extrato etéreo
EM: Energia metabolizável
EMAT: Energia metabolizável aparente total
FB: Fibra bruta
FDA: Fibra em detergente ácido
FDN: Fibra em detergente neutro
FIN: Fibra insolúvel
FSL: Fibra solúvel
GMD: Ganho médio diário
MS: Matéria seca
PB: Proteína bruta
PNA's: Polissacarídeos não amiláceos
V.C.M: Volume corpuscular médio

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

O desmame é um momento crucial dentro do sistema de produção de suínos, pois a mudança de ambiente, perda de contato com a mãe e a adaptação a uma nova dieta, provocam consequências fisiológicas aos leitões, especialmente nos processos digestivos, metabólicos e imunológicos (PINHEIRO, 2014). A baixa secreção enzimática, inadequada produção de ácido clorídrico (CROMWELL, 1989), acúmulo de ração não digerida no intestino delgado e a proliferação de bactérias patogênicas (LALLÈS et al., 2007) são fatores que podem ocasionar mudança estrutural e funcional do trato gastrointestinal, além da redução na ingestão de ração e no ganho de peso (BOUDRY et al., 2004), promovendo prejuízos econômicos ao setor.

Por muito tempo os antibióticos foram utilizados para contornar essa problemática na fase de desmame, não somente no controle de doenças, mas também como promotor de crescimento. Essa utilização demasiada levou ao surgimento de patógenos resistentes, resultando na proibição do uso de antibióticos como promotores de crescimento na alimentação animal (NISHA, 2008). Desde então, diversas estratégias vêm sendo utilizadas na tentativa de minimizar os prejuízos nesta fase de produção, dentre elas o uso de ingredientes fibrosos.

Os ingredientes fibrosos são fisiologicamente ativos e vão além do fornecimento de nutrientes biodisponíveis (PETTIGREW, 2008). Estudos encontrados na literatura vêm demonstrando que a utilização de fibras pode ser benéfica nas dietas de leitões na fase de desmame (WILLIAMS et al., 2001), porém esses resultados ainda são bastante conflitantes (WELLOCK et al., 2008).

A utilização de fibra nas dietas de leitões ainda é limitada, porque acredita-se que a fibra afeta negativamente a digestibilidade e o consumo voluntário de ração (EGGUM, 1995). Os fatores correlacionados à redução no consumo voluntário atribuídos a alguns ingredientes fibrosos parecem complexos e ainda são pouco compreendidos (DE LANGE et al., 2000). Isso porque os níveis de inclusão nas dietas dependem do objetivo a ser alcançado, e as melhores respostas podem ser obtidas pesquisando-se ingredientes com combinação adequada de carboidratos, que podem melhorar diferentes aspectos do trato gastrointestinal (DE LANGE et al., 2000).

As frações individuais da fibra podem desempenhar um papel fundamental na redução da ingestão voluntária de alimentos e a digestibilidade dos nutrientes (ZIJLSTRA et al., 2004). Dessa forma, é fundamental a compreensão dos efeitos da fibra solúvel e insolúvel na fisiologia digestiva e na ingestão voluntária de ração (OWUSU-ASIEDU et al., 2006).

A inclusão de fontes de fibras solúveis nas dietas após o desmame tem sido associada a uma redução no desenvolvimento de órgãos e alterações na viscosidade da digesta (SCHIAVON et al., 2004), enquanto a fibra insolúvel pode reduzir a taxa de passagem, o que implica na redução da proliferação de patógenos no trato gastrointestinal (KIM et al., 2012). Além disso, a fibra solúvel pode servir como substrato para a fermentação microbiana para produzir ácidos graxos de cadeia curta como acético, butírico e propiônico, que afetam a morfologia e a função intestinal (DROCHNER et al., 2004).

A concentração de ácidos graxos de cadeia curta no conteúdo do ceco pode fornecer uma boa estimativa do grau de fermentação da fibra da dieta (FREIRE et al., 2000). A quantidade e o tipo de ácidos graxos de cadeia curta produzidos pelo processo de fermentação dependem da fonte utilizada, do nível de inclusão nas dietas e da microbiota intestinal que fermenta essa fibra (KNUDSEN, 2001).

Nesse contexto, é necessária a compreensão dos efeitos da fibra dietética na fisiologia digestiva e no consumo voluntário de ração, para que se consiga atingir melhores respostas zootécnicas e fisiológicas e conseqüentemente maximizar a produção de suínos (OWUSU-ASIEDU et al., 2006).

Diante disso, objetivou-se primeiramente fazer um levantamento dos trabalhos disponíveis na literatura a respeito do desempenho de leitões desmamados alimentados com dietas fibrosas e destacar os principais pontos que possam afetar o consumo voluntário nessa fase de criação. Em seguida, por meio de um ensaio experimental, testou-se a inclusão de fibra na dieta de leitões desmamados, com objetivo de avaliar fatores nutricionais que possam interferir no consumo voluntário de leitões desmamados, a partir de diferenças na concentração e nos tipos de fibra das dietas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos nutricionais no período pós-desmame

O desmame é o momento mais crítico para os leitões, pois geralmente ocorre uma queda no desempenho dos animais, influenciado pela mudança de ambiente, perda de contato com a mãe, adaptação a uma nova dieta, convívio social e maior desafio imunológico (MOLLY, 2001).

Após o desmame, os leitões passam a receber uma dieta sólida rica em proteína vegetal, essa mudança na alimentação causa alterações histológicas e bioquímicas no intestino delgado (atrofia das vilosidades e hiperplasia das criptas), reduzindo a capacidade digestiva e absorptiva do órgão, de forma a proporcionar a ocorrência de diarreias (BALL and AHERNET, 1987).

De acordo com Makkink et al. (1994), todas essas mudanças acarretam em estresse fisiológico e nutricional, reduzindo o consumo e exigindo adaptação do trato digestório a nova dieta, o que envolve, inicialmente, baixas secreções enzimáticas, alterações no pH, na microbiota e na motilidade intestinal. Isso se dá pelo fato do sistema digestório dos leitões secretar maior quantidade de lactase (enzima que digere a lactose presente no leite materno) quando nascem, enquanto que as demais enzimas (maltase, sacarase, amilase) estão em menor quantidade (MAXWELL and CARTER, 2001). Segundo Jensen et al. (1997), a secreção e atividade das demais carbohidrases se desenvolvem de acordo com a idade do animal e exposição aos substratos específicos.

Pluske et al. (1997), destacaram que após o desmame ocorre uma interrupção do aporte de nutrientes pela baixa digestibilidade das dietas, provocado pela perda de células da região apical dos vilos, encurtamento das vilosidades e aprofundamento das criptas devido a maior descamação dos enterócitos. Esta redução no processo digestivo pode propiciar substratos para bactérias no intestino delgado e grosso, ocasionando desequilíbrio e proliferação de microrganismos patogênicos que produzem toxinas e danificam a parede intestinal (MOLLY, 2001).

Por outro lado, a ingestão adequada de ração e a utilização de nutrientes inerentes na dieta de leitões pode ajudar na manutenção da capacidade de digestão e absorção pelo epitélio intestinal (BUDIÑO et al., 2010).

De acordo com Pettigrew (2008), os cereais e ingredientes fibrosos são fisiologicamente ativos e podem ser benéficos para a saúde e desempenho

produtivo de leitões ao desmame, não só na disponibilização de nutrientes, mas podem também modular as populações microbianas no trato gastrointestinal e influenciar no sistema imunológico.

2.2 Fibra dietética

Os carboidratos são a principal fonte de energia para os animais não ruminantes. Estão divididos em dois grupos: carboidratos não-estruturais (amido, açúcares de baixo peso molecular e oligossacarídeos) e carboidratos estruturais ou “fibra dietética”, que são constituídos pelos polissacarídeos não amiláceos (PNA's) e lignina (NELSON and COX, 2011).

O termo “fibra dietética” foi utilizado pela primeira vez na década de 1950 por Hipsley, referindo-se aos constituintes não digeríveis que compõem a parede celular da planta (KNUDSEN, 2001). Segundo Mertens, (1992), este termo normalmente é empregado referindo-se a fibra total do alimento, desta maneira sua definição está diretamente ligada ao método utilizado em sua determinação. Atualmente existem várias definições diferentes para fibra dietética. O NATIONAL RESEARCH COUNCIL, (NRC, 2012) define a fibra dietética ou PNA's como as frações dos polissacarídeos que não são digeridas pelas enzimas produzidas no trato gastrointestinal, porém, são passíveis de hidrólise no intestino grosso através da fermentação microbiana.

A fibra dietética é encontrada principalmente na parede celular dos alimentos vegetais, podendo estar associados a pequenas quantidades de proteína, ácidos graxos e cera (MCDOUGALL et al., 1996). Este conjunto de substâncias vegetais abrangem uma ampla classe de polissacarídeos como celulose, β -glucanas, substâncias pécnicas e também por compostos fenólicos como a lignina (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, AACC - 2001). As frações mais abundantes da fibra dietética na parede celular correspondem a celulose, hemicelulose e pectina. Enquanto que o menor grupo compreende os frutanos, glucomananos e galactomananos, que servem como polissacarídeos internos de reserva (BRITO et al., 2008).

As frações da fibra dietética agregam-se conforme seus componentes e suas características determinando o tipo de fibra. Estes eventos variam de acordo com inúmeros fatores, dentre os quais destacam-se a origem botânica da fibra, a

solubilidade, suas propriedades físico-químicas, viscosidade, concentração na dieta, idade e espécie animal (WENK, 2001). Dessa forma a fibra dietética pode ser classificada de acordo com sua solubilidade em água: a fração solúvel (pectinas, gomas, arabinosilanos, D-xilanos, β -glucanos, D-mananos, galactomananos, xiloglucanos, raminogalacturonas), que é viscosa e facilmente fermentada e a fração insolúvel (celuloses, ligninas e algumas hemiceluloses) que não é viscosa e apresenta baixa fermentabilidade (VALENZUELA and MAIZ, 2006).

A fibra solúvel presente na dieta pode promover aumento da viscosidade do quimo, retardar o tempo de passagem e, conseqüentemente, reduzir a digestão e absorção dos nutrientes pela parede intestinal devido ao baixo contato enzima-substrato (CAMPBELL and BEDFORD, 1992), porém são rapidamente fermentadas no ceco e no cólon. Por outro lado, a fibra insolúvel causa uma redução no tempo de passagem da digesta no trato gastrointestinal, ocasionando um menor aproveitamento dos nutrientes e aumento na capacidade de retenção de água, independentemente da categoria animal (MONTAGNE et al., 2003). Este processo faz com que a fermentação da fibra insolúvel ocorra de forma lenta ou apenas parcial (PUUPPONEN-PIMIA et al., 2002), ocasionando aumento do volume fecal, possivelmente por sua capacidade de reter água (EDWARDS and EASTWOOD, 1995).

A fermentação da fibra dietética pelos microrganismos presentes no intestino grosso resulta na produção de ácidos graxos de cadeia curta (PUUPPONEN-PIMIA et al., 2002), predominando o acético, propiônico, butírico, lactato, succinato, bem como água e vários gases como CO₂, H₂ e CH₄ (MONTAGNE et al., 2003).

A solubilidade é uma importante característica da fibra e pode ser um fator relevante no entendimento de seus efeitos no trato digestório. Segundo Zijlstra et al. (2004), as frações individuais podem desempenhar papel importante nas respostas negativas de suínos alimentados com fibras na dieta.

2.2.1 Fibra solúvel

A fração solúvel da fibra dietética é composta pelas hemiceluloses solúveis, β -glucanos, arabinosilanos e pectinas. Suas estruturas são mais ramificadas com quantidades consideráveis de grupos hidrofílicos, possibilitando maior superfície de contato e capacidade de retenção de água (CHOCT, 1997).

Diante dessa peculiaridade, a fibra solúvel tem maior predisposição em absorver água e formar géis viscosos no bolo alimentar (CUMMINGS and ESTEPHEN, 2007), criando barreiras físicas para digestão e absorção dos nutrientes pelo aumento da viscosidade intestinal e pela alteração da secreção endógena (ANGKANAPORN et al., 1994). De acordo com Campbell and Bedford (1992), esse processo provoca queda na taxa de difusão da digesta, reduzindo o contato enzimas-substratos, proporcionando maior tempo de retenção da digesta no trato gastrointestinal. Isso faz com que o esvaziamento gástrico seja mais prolongado, causando sensação de saciedade por mais tempo e conseqüentemente reduz o consumo voluntário. Esse acúmulo da digesta no trato gastrointestinal proporciona proliferação de microrganismos patogênicos como *Escherichia coli* no intestino (MCDONALD et al., 2001).

Além disso, o aumento na viscosidade da digesta resulta em uma perda significativa de ácidos biliares, minerais e lipídios nas fezes (MAHAN et al., 2012), devido à facilidade de ligação da fibra solúvel com estes componentes (VAHOUNY et al., 1981). De acordo com Wenk, (2001), o efeito da viscosidade no bolo alimentar também compromete a mistura das enzimas e com isso há uma redução na taxa de hidrólise e difusão dos componentes solubilizados na mucosa intestinal, afetando de forma negativa a digestibilidade aparente dos nutrientes. A fibra solúvel é a principal responsável pelos efeitos negativos da fibra na digestibilidade ileal de nutrientes em animais não-ruminantes (OWUSU-ASIEDU et al., 2006), refletindo diretamente nos parâmetros de desempenho dos animais (ANNISON, 1993).

A fração solúvel da fibra é mais suscetível à fermentação microbiana no intestino grosso. O processo de fermentação aumenta o crescimento microbiano e o volume fecal, além de ser substrato para a produção de AGCC (DIKEMAN and FAHEY JUNIOR, 2007). Apenas os AGCC contribuem na parte energética do animal, sendo o butírico a principal fonte de energia para as células epiteliais (auxiliando na saúde intestinal), o ácido propiônico é utilizado como substrato para gliconeogênese e o acético estimula lipogênese (BINDELLE et al., 2008).

2.2.2 Fibra insolúvel

A fibra insolúvel é composta por celulose, lignina e algumas hemiceluloses (CHOCT, 1997). O aumento nos níveis da fração insolúvel na dieta pode promover

aumento na taxa de passagem do bolo alimentar (KIRWAN et al., 1974), ocasionando menor aproveitamento dos nutrientes (MONTAGNE et al., 2003). Além disso, durante a passagem pelo trato gastrointestinal, a fibra insolúvel pode irritar a mucosa intestinal por abrasão mecânica, fato esse que leva a perda de células epiteliais, e também aumento na produção de secreções endógenas, muco e água (VAREL and YEN, 1997). Owusu-Asiedu et al. (2006) ressaltam que os efeitos da fibra insolúvel na taxa de passagem não são consistentes entre os estudos e que provavelmente depende da existência de fatores presentes nas diferentes fontes de fibra.

A fração insolúvel é mais resistente à fermentação pelos microrganismos do intestino, fazendo aumentar o volume fecal, possivelmente por sua capacidade em reter água (EDWARDS and EASTWOOD, 1995).

Com relação à viscosidade, Carneiro et al. (2008) ressaltaram que as dietas compostas pela fração insolúvel apresentaram viscosidade relativamente mais baixa que dietas contendo fibra solúvel, porém da mesma forma podem promover redução na digestão do amido, proteína e lipídeos, agindo como barreira física na ação das enzimas digestivas. Entretanto, alguns estudos mostram que a utilização de fibras insolúveis em pequenas quantidades não interfere na viscosidade das dietas (SMITS and ANNISON, 1996), pois pode reforçar a microbiota comensal no intestino grosso pela intensificação da passagem da digesta, reduzindo a atividade microbiana (WILLIAMS et al., 2001), além de induzir a redução de patógenos e a incidência de diarreia (PASCOAL et al., 2012).

2.2.3 Fibra na dieta de leitões

Devido à proibição dos antimicrobianos promotores de crescimento pela União Europeia, o período pós-desmame se tornou ainda mais desafiador para os produtores. Diversas estratégias nutricionais vêm sendo estudadas para tentar minimizar os prejuízos referentes à redução no consumo e na digestibilidade dos nutrientes. Com isso vem crescendo o interesse pela utilização de fibras, principalmente por PNA's em dietas para leitões desmamados, devido suas potenciais propriedades prebióticas (WELLOCK et al., 2008).

Atualmente, os produtores estão tentando diminuir o estresse pós desmame dos leitões por meio da utilização da fibra solúvel e insolúvel de alguns ingredientes,

com o intuito de controlar a microbiota intestinal e reduzir a colonização de patógenos (PASCOAL et al., 2012). Contudo, o trato digestivo desses animais apresenta capacidade limitada para processar ingredientes fibrosos, ocasionando prejuízos na produtividade (GOMES et al., 2007) pela redução no consumo voluntário de ração e na digestibilidade dos nutrientes (ZIJLSTRA et al., 1999).

No entanto, de acordo com (LONGLAND et al., 1994), apesar do seu aproveitamento nutricional ainda ser considerado baixo, a inclusão dos PNA's nas dietas pode promover estímulos que ajudam no desenvolvimento do trato digestório, influenciado por uma melhoria no estado de saúde do animal (AUMAITRE et al., 1969), em razão do aproveitamento dos produtos oriundos da fermentação (JOZEFIAK et al., 2004).

Quando comparados aos animais mais velhos, fisiologicamente os leitões apresentam menor desenvolvimento no trato gastrointestinal. Isso dificulta o aproveitamento do alimento fibroso, pois a área de propagação da população microbiana e utilização da fibra é reduzida (TEIXEIRA, 1995). Diante disso, diversas estratégias vêm sendo realizadas para tentar elucidar melhor a utilização da fibra dietética dos ingredientes, seja ela solúvel ou insolúvel.

Freire et al. (2000), ao avaliarem quatro fontes de fibra (farelo de trigo, polpa de beterraba, casca de soja e farelo de alfafa) em dietas de leitões no período pós-desmame sobre a digestibilidade, produção de AGCC e tempo de trânsito intestinal, observaram que essas variáveis foram afetadas de acordo com a fonte de fibra, sendo que das quatro fontes estudadas o farelo de alfafa foi mais efetivo na redução do tempo de trânsito digestivo.

Schiavon et al. (2004), testaram a inclusão de 12% de polpa de beterraba como fonte de fibra solúvel, em dietas com ausência de antimicrobianos, sobre o desempenho e a saúde de leitões desmamados aos 21 dias, e observaram que a inclusão proporcionou desenvolvimento do trato digestório e melhorou a saúde dos leitões, por meio das mudanças benéficas na microbiota.

Trindade Neto et al. (2004), ao avaliarem níveis crescentes (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) de resíduo de polpas de frutas desidratadas em substituição ao milho na dieta de leitões desmamados, não encontraram diferenças entre os níveis de inclusão estudados sobre as variáveis de desempenho.

Segundo Awati et al. (2006), fontes de carboidratos fermentáveis como polpa de beterraba, farelo de trigo, amido, casca de soja, entre outros, tem sido utilizado

nas dietas para tentar manipular a microbiota. Neste sentido, Hedemann et al. (2006), avaliaram o efeito da fonte de pectina purificada e casca de cevada em diferentes concentrações (73, 104 e 145g de fibra dietética/kg) na dieta de leitões desmamados e verificaram redução no consumo de ração e no ganho de peso, menor altura das vilosidades e profundidade das criptas nos leitões alimentados com pectina purificada, porém os leitões que receberam a dieta com alto teor de fibra insolúvel (casca de cevada) tiveram uma melhora na morfologia intestinal, com maior altura das vilosidades e atividade enzimática. Com isso, os autores concluíram que a fibra insolúvel teve função importante na otimização da função intestinal.

Os resultados encontrados na literatura sobre os efeitos da fibra na dieta de leitões desmamados ainda são bastante conflitantes, devido aos diferentes modos de atuação de seus constituintes. Seus efeitos estão correlacionados com diferentes fatores, como a quantidade de parede celular adicionada a dieta, composição química e estrutural, associação física com outros nutrientes, estado fisiológico do animal e o local onde ocorrem os processos digestivos (EGGUM, 1995).

2.3 Produção de ácidos graxos de cadeia curta em suínos

Como mencionado anteriormente, os componentes da fibra que não são digeridos pelas secreções endógenas do trato digestório, ficam disponíveis para hidrólise e metabolismo bacteriano que ocorre, principalmente, no intestino grosso (PETERSSON et al., 2010), com consequente produção de ácidos acético, propiônico e butírico, água e gases como CO₂, H₂, CH₄ (GOULART et al., 2016). De acordo com Knudsen et al. (1993), os AGCC oriundos da fermentação bacteriana podem contribuir para o suprimento da exigência energética dos suínos e, dependendo da idade e das condições fisiológicas, esse aporte de energia pode variar de 5 a 30%.

Montagne et al. (2003), relatam que aproximadamente 95% dos AGCC produzidos durante a fermentação são rapidamente absorvidos pelo lúmen intestinal antes de chegar ao reto. Após absorção, os AGCC contribuem em diversos processos, como aporte de energia, manutenção das estruturas e funções da mucosa e controle do pH intestinal (SCHLEY e FIELD, 2002).

Cada AGCC possui funções específicas no organismo, o acético serve como fonte de energia para o tecido muscular e estimula a produção de secreção

pancreática e outros hormônios (CATALANI et al., 2003), o propiônico tem como função reduzir o pH, manter o equilíbrio da microbiota intestinal, estimular a absorção de água e sódio e, além disso, serve como substrato para produção de glicose no fígado (MONTAGNE et al., 2003) e o butírico aumenta a produção de muco e fluxo sanguíneo e serve como principal fonte de energia para as células do epitélio intestinal (BINDELLE et al., 2008).

Os AGCC em meio ácido inibem o crescimento de algumas bactérias patogênicas no intestino, como *Salmonella*, *Clostridium*, *Escherichia coli* e *Clostridium difficile* (MONTAGNE et al., 2003), e favorecem a proliferação de microrganismos benéficos como *Lactobacillus* e *bifidobactérias* (MAY et al., 1994).

Contudo, trabalhos encontrados na literatura evidenciam que a fermentação da fibra varia de acordo com a fonte utilizada, alterando o perfil e a concentração de AGCC produzidos. Freire et al. (2000), observaram um aumento na concentração de ácido acético e butírico com a inclusão de casca de soja e farelo de trigo respectivamente, na dieta de leitões após o desmame. Högberg e Lindberg (2004), verificaram incremento nas concentrações de ácidos propiônico e butírico ao avaliarem dietas ricas em fibras insolúveis para leitões. Awati et al. (2006), compararam os efeitos de dietas com alto e baixo teor de fibra solúvel (polpa de beterraba) para leitões desmamados e também constataram aumento nas concentrações de ácido acético, propiônico e butírico. O'Connell et al. (2006), testaram a redução proteica e adição de cereais (trigo e cevada) em dietas de leitões e observaram aumentos na produção de AGCC nas dietas que continham alto teor de fibra.

Knudsen et al. (2005), enfatizam que o aumento na concentração de ácido butírico pode ocorrer devido a fermentação de arabinosilanas, podendo também ser estimulado pelo amido resistente, enquanto que a produção de ácido acético é estimulada pela fermentação da celulose.

2.4 Fatores dietéticos e consumo voluntário em leitões desmamados

A substituição da alimentação no período pós desmame em conjunto com outras modificações ambientais, geralmente ocasionam uma queda considerável na ingestão voluntária de alimento em leitões desmamados (BOLHUIS et al., 2009).

Muitos fatores podem estar ligados à redução do consumo alimentar nesse período. No desmame, os leitões não estão habituados às características e propriedades sensoriais dos alimentos, dificultando sua identificação e causando rejeição por parte do animal. Para tentar minimizar este problema de consumo nesta fase, alguns estudos como os de Appleby et al.(1991); Pajor et al. (2002); Edge et al. (2004), buscaram melhorar a palatabilidade, qualidade, atratividade e até mesmo a apresentação das rações. No entanto as respostas observadas nos trabalhos acima citados foram mínimas e com grandes variações

Outro ponto deve ser levado em consideração a limitação física estomacal do leitão recém desmamado, pois, embora se utilize ingredientes com boa palatabilidade e aumente a ingestão diária de alimento, chegará um ponto em que o consumo não se sustenta, em animais jovens como leitões esse ponto é alcançado mais rapidamente (WHITTEMORE et al., 2003). A distensão gástrica contínua, mediante ao aumento do volume e não da composição de nutrientes, atua como feedback negativo através do nervo vago induzindo à saciedade e conseqüentemente a redução no consumo de alimento em muitas espécies animais (MALJAARS et al., 2007). No que se refere a capacidade de retenção de água (CRA), resultados experimentais demonstraram que, com alimentos contendo diferentes níveis de fibra, o aumento de uma unidade na CRA foi associado a uma diminuição na ingestão alimentar de cerca de 6 g de matéria seca por kg de peso vivo do suíno (KYRIAZAKIS e EMMANS, 1995), e que a mudança de alimentos volumosos para alimentos concentrados ou vice-versa causou uma rápida mudança no comportamento alimentar, tornando-o apropriado para o novo alimento (WHITTEMORE et al., 2003).

O consumo voluntário de alimentos em leitões também pode ser afetado pelos nutrientes da dieta. A presença de nutrientes ou seus derivados no intestino afetam negativamente a taxa de esvaziamento gástrico, contrações peristálticas propulsivas do intestino, taxa de ácido gástrico, pancreático, secreção biliar e ingestão de alimentos. Esse fenômeno é conhecido como “freio intestinal” e foi dividido nos freios jejunal, ileal e colônico. Porém sua eficácia depende da localização dos nutrientes responsáveis pelos efeitos, composição dos nutrientes, seção intestinal e volume da digesta (BLACK et al., 2009).

Outro problema enfrentado pelos nutricionistas, que pode afetar o desempenho dos animais, são os fatores antinutricionais dos alimentos. As plantas

sintetizam substâncias que podem exercer efeitos nocivos quando ingeridos pelos animais. Esses constituintes naturais são conhecidos como fatores antinutricionais, e dentre eles destacam-se os inibidores de enzimas (tripsina), lectinas, taninos, oligossacarídeos e saponinas. Estes exercem funções fisiológicas distintas que interferem diretamente no aproveitamento dos nutrientes (CLASADONTE and VAN DER POEL, 2009).

No entanto, a partir do conhecimento desses fatores que podem deprimir o consumo voluntário de leitões após o desmame, podem ser utilizadas novas tecnologias na produção de ração que beneficiem os animais nesta fase. A tecnologia de fabricação de alimento é um importante componente que pode ser utilizado para impulsionar a ingestão de ração em leitões, por meio das combinações de diversos alimentos, podendo disponibilizar novos sabores e novas apresentações de alimento para o animal. Além disso, durante seu processamento diversos fatores antinutricionais são inativados, principalmente quando passam por algum tipo de processamento térmico, oferecendo mais oportunidades para maximizar o desempenho de leitões após o desmame (ZIJLSTRA et al., 2009).

3. HIPÓTESES E OBJETIVOS

Hipóteses:

- 1- O alto teor de fibra nas dietas afeta negativamente a digestibilidade e o desempenho de leitões desmamados.
- 2- Os tipos de fibra (solúvel e insolúvel) promovem redução no consumo de ração em leitões desmamados.
- 3- A alta concentração de ácidos graxos de cadeia curta no intestino reduz o consumo voluntário de leitões desmamados.

Objetivos

Objetivou-se, com essa tese, fazer um levantamento de dados na literatura por meio de uma revisão sistemática a respeito do desempenho de crescimento de leitões desmamados alimentados com dietas fibrosas, e posteriormente, por meio de um ensaio experimental, avaliar fatores nutricionais que possam interferir no consumo e variáveis correlacionadas, nessa fase de criação.

CAPÍTULO II³

³ Elaborado conforme as normas da revista *Animal Feed Science and Technology*

1 **DESEMPENHO DE LEITÕES DESMAMADOS ALIMENTADOS COM DIETAS**
2 **FIBROSAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

3

4

5

6

7

AUTORES E INSTITUIÇÕES

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17 ***Autor correspondente:**

18 Jone Rodrigues da Silva.

19 **Endereço de e-mail:** jonerodrigues.zoo@hotmail.com

20 **Endereço Postal:**

21 Av. Bento Gonçalves 7712

22 Porto Alegre, RS – Brazil

23 ZIP Code 91540-000

24 **RESUMO**

25 Objetivou-se, com o presente trabalho, realizar uma revisão sistemática sobre o desempenho
26 de leitões desmamados alimentados com dietas fibrosas e identificar lacunas científicas, a fim
27 de contribuir para um melhor entendimento a respeito da inclusão de fibras na dieta de
28 animais nesta fase de criação. A pesquisa dos estudos foi realizada com palavras-chave em
29 inglês, nos buscadores de referências Science Direct, Web of Science, Scopus e PubMed. A
30 base de dados foi composta por 72 estudos sobre desempenho de crescimento de leitões
31 desmamados recebendo fontes de fibra na dieta. Foi realizada análise de correlação de
32 Pearson (r) nas variáveis que poderiam demonstrar relação com o desempenho dos leitões.
33 Não foram observados resultados significativos ($P>0,05$) entre a fibra bruta (FB) x ganho
34 médio diário (GMD) e FB x consumo médio diário de ração (CMDR). A correlação entre FB
35 x eficiência alimentar (EA), foi significativa ($P<0,05$), porém o coeficiente de correlação de
36 Pearson (r) (-0.21) foi baixo. Verificou-se que o aumento de FB na dieta reduziu a diarreia
37 nos leitões ($r = -0,50$). Não foi observado correlação significativa entre fibra solúvel x GMD e
38 fibra solúvel x CMDR ($P>0,05$), no entanto foi observada correlação negativa moderada ($r = -$
39 $0,56$) entre fibra solúvel x EA ($P<0,05$). Observou-se correlações significativas ($P<0,05$)
40 fortes entre fibra insolúvel x GMD e fibra insolúvel x CMDR ($r = 0,81$ e $r = 0,80$
41 respectivamente), também foi observada correlação positiva moderada ($r = 0,52$) entre fibra
42 insolúvel x EA. Com estes resultados, pode-se aferir que a utilização de fibra pode reduzir a
43 incidência de diarreia e a fibra insolúvel melhorar o desempenho zootécnico de leitões.

44 **PALAVRAS-CHAVE:** desempenho, dietas fibrosas, fibra, fibra solúvel, fibra insolúvel,
45 leitões.

46

47 1 Introdução

48 O desmame é o principal ponto crítico na produção de suínos, pois nessa fase observa-
49 se uma redução no consumo voluntário de ração e conseqüentemente no desempenho
50 produtivo dos animais. Este processo é frequentemente descrito como o evento mais
51 estressante na vida de um suíno, devido a mudanças abruptas na dieta, fisiológicas, sociais e
52 ambientais (Pluske, 2016).

53 Após o desmame os leitões passam a receber uma dieta sólida, rica em proteína
54 vegetal, essa mudança na alimentação causa alterações histológicas no intestino delgado
55 (atrofia das vilosidades e hiperplasia das criptas), reduzindo a capacidade digestiva e absorviva
56 do órgão proporcionando ocorrência de diarreias (Ball and Ahernet, 1987). Associado a uma
57 baixa secreção enzimática, inadequada produção de ácido clorídrico (Cromwell, 1989),
58 alterações no pH, na microbiota e na motilidade intestinal (Makkink et al., 1994).

59 Por muito tempo, os antimicrobianos promotores de crescimento (APC) foram
60 utilizados de forma descontrolada para tentar contornar esses distúrbios após o desmame.
61 Contudo, em 2006, sua utilização foi proibida na União Europeia, e desde então diversas
62 estratégias vêm sendo pesquisadas e utilizadas na tentativa de minimizar os prejuízos nesta
63 fase de produção, e o uso de ingredientes fibrosos tem se destacado como uma dessas
64 alternativas. Além disso, observa-se, cada vez mais, um aumento na inclusão desses
65 ingredientes e seus coprodutos na alimentação de suínos com intuito de reduzir os custos da
66 dieta (Li et al., 2018).

67 Contudo, a utilização de fibra nas dietas de leitões ainda é limitada, devido aos
68 possíveis efeitos negativos no consumo voluntário de ração (Eggum, 1995), redução da
69 digestibilidade dos nutrientes e indução da inflamação intestinal, o que posteriormente
70 comprometeria o desempenho desses animais (Tsai et al., 2017).

71 Alguns aspectos devem ser levados em consideração para caracterizar um ingrediente
72 fibroso como possível responsável pela redução no consumo, na digestibilidade e no
73 desempenho animal. Estudos encontrados na literatura demonstraram que a utilização de
74 fibras pode ser benéfica nas dietas de leitões na fase de desmame (Williams et al., 2001),
75 porém, esses resultados ainda são bastante conflitantes (Wellock et al., 2008).

76 Pois os níveis de inclusão de fibra nas dietas dependem do objetivo estudado, além das
77 combinações dos diferentes tipos de fibra, que influenciam em diversos aspectos do trato
78 gastrointestinal (De Lange et al., 2000), dificultando a interpretação das respostas encontradas
79 nos animais. A inclusão de fontes de fibras solúveis nas dietas após o desmame tem sido
80 associada a uma redução no desenvolvimento de órgãos e alterações na viscosidade da digesta
81 (Schiavon et al., 2004), enquanto a fibra insolúvel pode reduzir a taxa de passagem, o que
82 implica na redução da proliferação de patógenos no trato gastrointestinal (Kim et al., 2012).

83 Nesse contexto, torna-se necessária a compreensão dos efeitos da fibra dietética na
84 fisiologia digestiva e consumo voluntário de ração, visando explorar ao máximo os benefícios
85 da inclusão deste componente na dieta de leitões (Owusu-Asiedu et al., 2006). Diante do
86 exposto, objetivou-se, com este estudo, realizar uma revisão sistemática sobre o desempenho
87 de leitões desmamados alimentados com dietas fibrosas e identificar fatores que possam
88 interferir nesse parâmetro, a fim de contribuir para um melhor entendimento a respeito da
89 inclusão de fibras na dieta de animais nesta fase de criação.

90

91 **2 Material e métodos**

92 **2.1 Revisão sistemática e construção da base de dados**

93 Foi desenvolvida uma crítica revisão sistemática para selecionar os estudos para
94 compor a base de dados. Estes estudos foram obtidos de bases de dados digitais “Science
95 Direct”, “Web of Science”, “Scopus” e “PubMed” utilizando palavras chaves em inglês. Esta

96 busca foi realizada seguindo o método ‘PICO’, com a combinação e variações de termos para
97 definir população (“piglet*” OR “nursery pig*”), interesse (“fiber diet” OR “fiber ingredient”
98 OR “levels fiber” OR “dietary fiber”) e contexto (“performance” OR “feed consumption” OR
99 “feed intake” OR “feeding behavior”) (Andretta et al., 2021). A busca bibliográfica foi
100 realizada em novembro de 2021.

101 Os estudos encontrados na busca foram selecionados e revisados por dois avaliadores,
102 de acordo com os seguintes critérios de seleção pré-estabelecidos: (I) estudos com leitões na
103 fase pós desmame; (II) dietas que tivesse inclusão de fibra em sua composição; (III) estudos
104 que apresentassem a composição química das dietas; e (IV) dados de desempenho zootécnico
105 (CMDR e GMD). Todos os artigos encontrados na busca foram exportados para o software
106 EndNoteX9 para seguir a seleção ou exclusão dos mesmos. Além disso, todas as referências
107 bibliográficas dos artigos selecionados foram também revisadas, buscando estudos adicionais
108 que, por algum motivo, não foram encontrados nas bases de dados digitais.

109

110 **2.2 Base de dados, seleção dos artigos e análise estatística**

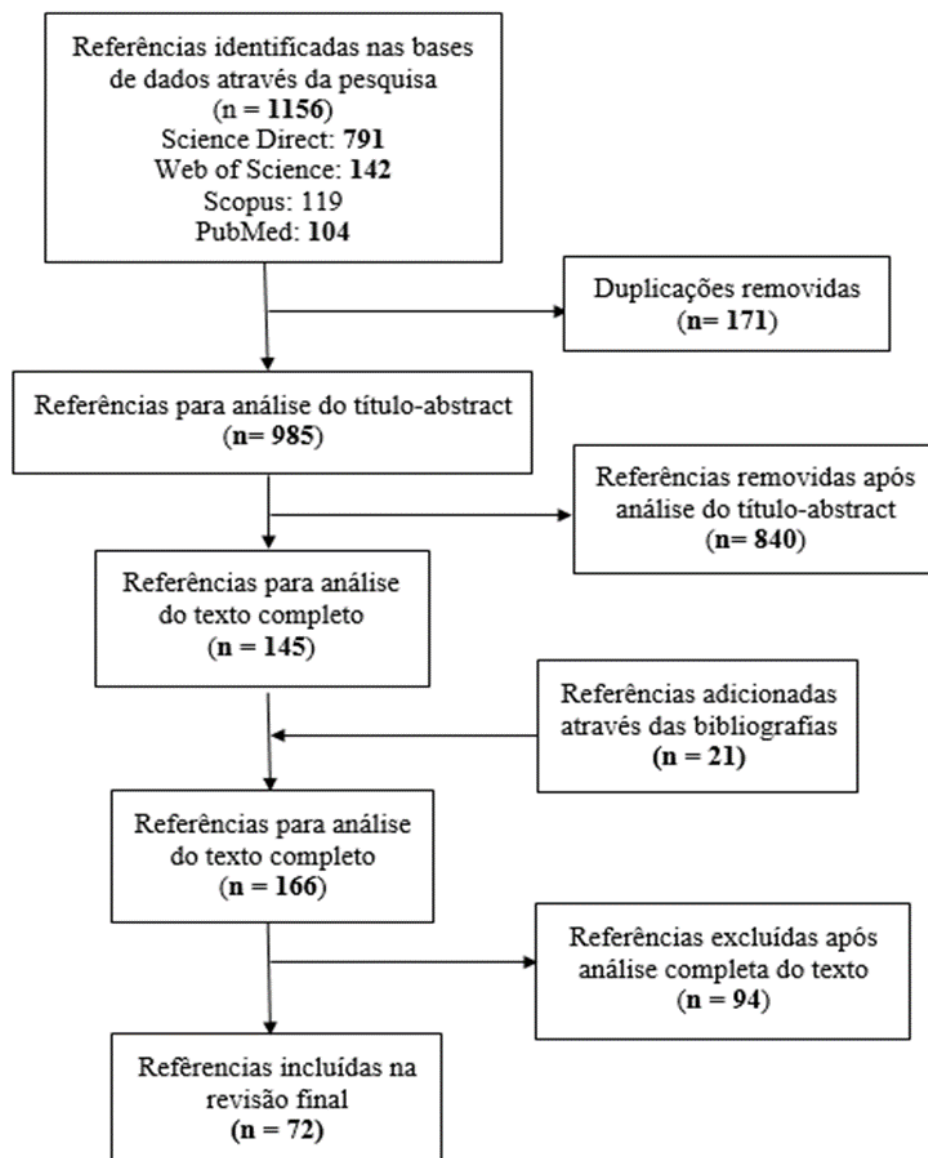
111 Após a seleção seguindo o método ‘PICO’, os artigos selecionados foram incluídos em
112 uma planilha do Microsoft Excel, onde as informações relativas aos critérios de seleção e
113 informações adicionais (autor, ano de publicação, número de animais, utilização de creep
114 feeding, antimicrobianos, etc) foram extraídas para compor uma análise estatística e descritiva
115 dos dados. Foram realizadas análise descritiva e correlação de Pearson entre os componentes
116 da fibra e as respostas de desempenho zootécnico, usando a função LMER do pacote lme4 no
117 software R (R Core Team, 2013).

118

119 **3 Resultados**

120 **3.1 Descrição da base de dados**

121 A busca resultou em 1156 estudos (791 Science Direct, 142 Web of Science, 119
 122 Scopus e 104 PubMed). Após remoção das duplicatas, 985 referências permaneceram, após a
 123 triagem por meio do título e abstract, 145. Foi feito uma nova busca nas referências desses
 124 145 artigos elegíveis e foram incluídos mais 21 artigos para triagem completa do texto,
 125 totalizando 166 artigos. Após a triagem do texto completo, 72 artigos foram incluídos nesta
 126 revisão. O fluxo de artigos é mostrado na Figura 1. A descrição das principais características
 127 do banco de dados pode ser encontrada na Tabela 1.



128

129

Figura 1. Diagrama de fluxo de seleção dos estudos para compor a base de dados.

130

Tabela 1 Resumo dos estudos presentes na revisão sistemática

Estudo	Autor	Revista	n	Dias	Ingredientes
1	Adams et al., (2018)	Indian J. Anim. Res.	60	28	Farelo de soja, farelo de soja fermentado, farinha de peixe, milho, astrágalo e soro de leite
2	Adams et al., (2019a)	J. Sci Food Agric	100	28	Farelo de soja, farinha de peixe, milho e soro de leite
3	Adams et al., (2019b)	RSC Adv	100	48	Farelo de soja, farinha de peixe, milho, trigo, R. intermediária de trigo e soro de leite
4	Bao et al., (2016)	Livest. Sci.	360	28	Farelo de soja, soja extrusada e trigo
5	Batson et al., (2021)	J. Anim. Sci.	360	0 a 7	Farelo de soja, farelo de soja trat enz, farinha de peixe, milho, trigo e soro de leite
			360	7 a 21	Farelo de soja, farelo de soja trat enz, milho, trigo e soro de leite
6	Begum et al., (2016)	J. Anim. Physiol. Anim. Nut.	135	0 ^a a 14	Farelo de soja, milho, milho extrusado, soro de leite e lactose
			135	14 a 42	Farelo de soja, milho, milho extrusado e soro de leite
7	Bikker et al., (2006)	J. Anim. Sci.	272	0 a 7	Farelo de soja, proteína de batata, F. glutem milho, milho tratado term., amido da batata, trigo, F. glutem trigo, sêmea trigo, cevada, polpa de beterraba, tapioca, semente de girassol, óleo de soja
			272	8 a 14	Farelo de soja, proteína de batata, F. glutem milho, milho tratado term., amido da batata, trigo, F. glutem trigo, sêmea trigo, cevada, polpa de beterraba, tapioca, semente de girassol, óleo de soja
			272	15 a 28	Farelo de soja, proteína de batata, F. glutem milho, milho tratado term., amido da batata, trigo, F. glutem trigo, sêmea trigo, cevada, polpa de beterraba, tapioca, semente de girassol, óleo de soja
8	Bloxham et al., (2018)	Livest. Sci.	144	7 a 21	Farelo de soja, farinha de peixe, células sanguíneas, milho, trigo, soro de leite e gordura animal
			144	21 a 35	Farelo de soja, milho, trigo e gordura animal
9	Bloxham et al. (2018)	Livest. Sci.	210	7 a 21	Farelo de soja, farinha de peixe, células sanguíneas, milho, DDGS, trigo, soro de leite e gordura animal
			210	21 a 35	Farelo de soja, milho, DDGS, trigo e gordura animal
10	Bournazel et al. (2020)	J. Nutr. Sci.	24	0 a 36	Farelo de soja, milho, trigo, farelo de trigo, DDGS de trigo, cevada, polpa de beterraba, óleo de soja, caseína
11	Carneiro et al., (2008)	Anim. Feed Sci. Technol.	24	21 a 42	Farelo de soja, farinha de peixe, espiga de milho, trigo, farelo de trigo e óleo de soja
12	Che et al., (2018)	Microbiologyopen	24	28	Farelo de soja, farelo de soja fermentado, farinha de peixe, milho rachado, astrágalo e soro de leite
13	Che et al., (2012)	J. Anim. Sci.	1008	0 a 7	Farelo de soja desc, prot conc soja, farinha de peixe, plasma seco, milho, arroz, cevada, aveia flocos, soro de leite, lactose e óleo de soja
			1008	7 a 14	Farelo de soja desc, prot conc soja, farinha de peixe, plasma seco, milho, arroz, cevada, aveia flocos, soro de leite, lactose e óleo de soja
			1008	14 a 28	Farelo de soja desc, farinha de peixe, milho, arroz, cevada, aveia flocos, soro de leite e óleo de soja
			1008	28 a 42	Farelo de soja desc, milho, arroz, cevada, aveia flocos e óleo de soja
14	Che et al., (2012)	J. Anim. Sci.	1004	0 a 7	Farelo de soja desc, prot conc soja, farinha de peixe, plasma seco, milho, arroz, soro de leite, lactose e óleo de soja
			1004	7 a 14	Farelo de soja desc, prot conc soja, farinha de peixe, plasma seco, milho, arroz, soro de leite, lactose e óleo de soja
			1004	14 a 28	Farelo de soja desc, prot conc soja, farinha de peixe, plasma seco, milho, arroz, soro de leite, lactose e óleo de soja
			1004	28 a 42	Farelo de soja desc, prot conc soja, farinha de peixe, plasma seco, milho, arroz, soro de leite, lactose e óleo de soja
15	Che et al., (2012)	J. Anim. Sci.	1008	0 a 7	Farelo de soja desc, prot conc soja, farinha de peixe, plasma seco, milho, arroz, soro de leite, lactose e óleo de soja

Tabela 1. Continuação...

16	Chen et al., (2020)	Anim. Feed Sci. Technol.	30	1 a 14	Farelo de soja, soja extrusada, prot conc soja, farinha de peixe, milho, milho extrusado, sacarose, soro de leite e óleo de soja
			30	15 a 28	Farelo de soja, soja extrusada, prot conc soja, farinha de peixe, milho, milho extrusado, sacarose, soro de leite e óleo de soja
17	Espinosa et al., (2020)	Anim. Feed Sci. Technol.	128	1 a 7	Farelo de soja, milho moído, DDGS, sêmea de trigo, soro de leite e óleo de soja
			128	8 a 14	Farelo de soja, milho moído, DDGS, sêmea de trigo, soro de leite e óleo de soja
			128	15 a 21	Farelo de soja, milho moído, DDGS, sêmea de trigo, soro de leite e óleo de soja
18	Farnworth et al., (1995)	Anim. Feed Sci. Technol.	72	0 a 28	Não disponibilizou os ingredientes utilizados no estudo
19	Freire et al., (1996)	Ann Zootech	24	25 a 38	Trigo, farelo de trigo, azeite de oliva e sebo bovino
20	Garcia et al., (2015)	Anim. Feed Sci. Technol.	160	1 a 7	Farelo de soja, farinha de peixe, conc prot canola, trigo, trigo moído e óleo de canola
			160	8 a 14	Farelo de soja, farinha de peixe, conc prot canola, trigo, trigo moído e óleo de canola
			160	15 a 21	Farelo de soja, farinha de peixe, conc prot canola, trigo, trigo moído e óleo de canola
21	Gill et al., (2000)	J. Anim. Sci.	240	0 a 7	Farelo de soja, farinha de peixe, farelo de trigo, cevada e polpa de beterraba
			240	8 a 14	Farelo de soja, farinha de peixe, farelo de trigo, cevada e polpa de beterraba
			240	15 a 21	Farelo de soja, farinha de peixe, farelo de trigo, cevada e polpa de beterraba
			240	22 a 28	Farelo de soja, farinha de peixe, farelo de trigo, cevada e polpa de beterraba
22	Goehring et al. (2019)	Transl. Anim. Sci.	210	0 a 13	Farelo de soja, casca de soja, soja integral, milho e soro de leite
			210	13 a 34	Farelo de soja, casca de soja, soja integral, milho e soro de leite
23			210	0 a 21	Farelo de soja, casca de soja, milho e óleo de soja
24	Gu et al., (2021)	Front. Microbiol.	32	14	Farelo de soja, soja int extr, prot conc soja, sacarose, FA fermentado, soro de leite e óleo de soja
25	Hermes et al., (2009)	J. Anim. Sci.	96	15 a 21	Farelo de soja, proteína de batata, farelo de trigo, arroz, cevada, polpa de beterraba, soro de leite e gordura animal
			96	22 a 28	Farelo de soja, proteína de batata, farelo de trigo, arroz, cevada, polpa de beterraba, soro de leite e gordura animal
			96	29 a 35	Farelo de soja, proteína de batata, farelo de trigo, arroz, cevada, polpa de beterraba, soro de leite e gordura animal
26	Hong et al., (2009)	Livest. Sci.	32	0 a 14	Farelo de soja, farinha de peixe, milho, arroz, F arroz, Res Dest arroz e F mandioca
			32	15 a 28	Farelo de soja, farinha de peixe, milho, arroz, F arroz, Res Dest arroz e F mandioca
			32	29 a 42	Farelo de soja, farinha de peixe, milho, arroz, F arroz, Res Dest arroz e F mandioca
27	Hongtrakul et al., (1998)	J. Anim. Sci.	350	0 a 7	Farelo de soja, proteína de soja extrusada, farinha de peixe, proteína de ovo desidratada, plasma seco, soro de leite e óleo de soja
			350	7 a 21	Farelo de soja, proteína de soja extrusada, farinha de peixe, proteína de ovo desidratada, plasma seco, soro de leite e óleo de soja
28	Hugman et al., (2020)	Anim. Feed Sci. Technol.	236	1 a 7	Farelo de soja, proteína concentrada de soja, farinha de peixe, ervilha crua, ervilha pel frio, ervilha pel vapor, ervilha extrusada, óleo de canola
			236	7 a 14	Farelo de soja, proteína concentrada de soja, farinha de peixe, ervilha crua, ervilha pel frio, ervilha pel vapor, ervilha extrusada, óleo de canola
			236	14 a 21	Farelo de soja, proteína concentrada de soja, farinha de peixe, ervilha crua, ervilha pel frio, ervilha pel vapor, ervilha extrusada, óleo de canola
29	Hui et al., (2021)	J. Anim. Sci. Biotech.	690	28 a 42	Farinha de peixe, proteína de batata, trigo, cevada, F ferm colza, soro de leite e óleo de soja
			690	28 a 49	Farelo de soja, farinha de peixe, trigo, cevada, F ferm colza, soro de leite e óleo de soja

Tabela 1. Continuação

			690	28 a 85	Farelo de soja, farinha de peixe, trigo, cevada, F ferm colza, soro de leite e óleo de soja
			690	50 a 77	Farelo de soja, farinha de peixe, trigo, cevada, F ferm colza, soro de leite e óleo de soja
			690	50 a 85	Farelo de soja, farinha de peixe, trigo, cevada, F ferm colza, soro de leite e óleo de soja
30	Ivarsson et al., (2011)	Animal	25	0 a 21	Soja integral, proteína de batata, açúcar, trigo, cevada, aveia, chicória, ribwort, caseína HCl e amido
31	Jones et al., (2010)	J. Anim. Sci.	180	0 a 27	Farelo de soja, milho e DDGS
32			350	0 a 28	Farelo de soja, DDGS de milho e DDGS de sorgo
33	Kafantaris et al., (2018)	Animal	24	35 a 50	Farelo de soja, farinha de peixe, silagem de milho e silagem de uva
34	Kerr et al., (2013)	Prof. Anim. Sci.	192	35	Farelo de soja, farinha de peixe, milho, DDGS, soro de leite e óleo de soja
35	Kim et al., (2012)	Anim. Feed Sci. Technol.	180	0 a 21	Soja integral, farinha de peixe, farinha de carne, farelo de trigo, aveia cozida, tremoço inteiro, tremoço descascado, soro de leite, leite desnatado e óleo de canola
36	Kyriazakis and Emmans, (1995)	Br. J. Nutr.	15	9	Farinha de peixe, trigo, farelo de trigo, leite desnatado e óleo de milho
			15	16	Farinha de peixe, trigo, farelo de trigo, leite desnatado e óleo de milho
			15	17	Farinha de peixe, trigo, farelo de trigo, leite desnatado e óleo de milho
37	Landero et al., (2012a)	Anim. Feed Sci. Technol.	240	0 a 7	Farelo de soja, proteína concentrada de soja, farinha de peixe, trigo, F. canola prensado, lactose e óleo de canola
			240	8 a 14	Farelo de soja, proteína concentrada de soja, farinha de peixe, trigo, F. canola prensado, lactose e óleo de canola
			240	15 a 21	Farelo de soja, proteína concentrada de soja, farinha de peixe, trigo, F. canola prensado, lactose e óleo de canola
			240	22 a 28	Farelo de soja, proteína concentrada de soja, farinha de peixe, trigo, F. canola prensado, lactose e óleo de canola
38	Landero et al., (2012b)	Anim. Feed Sci. Technol.	240	0 a 7	Farelo de soja, farinha de peixe, trigo, lentilha, lactose e óleo de canola
			240	8 a 14	Farelo de soja, farinha de peixe, trigo, lentilha, lactose e óleo de canola
			240	15 a 21	Farelo de soja, farinha de peixe, trigo, lentilha, lactose e óleo de canola
39	Landero et al., (2014)	Anim. Feed Sci. Technol.	260	1 a 7	Farelo de soja, prot conc canola, farinha de peixe, trigo, ervilha, lactose e óleo de canola
			260	8 a 14	Farelo de soja, prot conc canola, farinha de peixe, trigo, ervilha, lactose e óleo de canola
			260	15 a 21	Farelo de soja, trigo, ervilha e óleo de canola
			260	22 a 28	Farelo de soja, trigo, ervilha e óleo de canola
			260	29 a 35	Farelo de soja, trigo, ervilha e óleo de canola
40	Leal et al., (2021)	Rev. Bras. Cienc. Agrar.	120	41 a 63	Farelo de soja, farinha de peixe, milho moído, farelo de acerola e óleo de soja
41	Lee and Woyengo, (2018)	Am. Soc. Anim. Sci.	160	1 a 14	Farelo de soja, prot conc soja, torta canola prens frio, farinha de peixe, milho, soro de leite e óleo de soja
			160	14 a 35	Farelo de soja, torta canola prens frio, farinha de peixe, milho e óleo de soja
42	Liu et al., (2018)	Front. Microbiol.	840	30	Farelo de soja, soja inchada, FS fermentado, farinha de peixe, milho, fibra conc commodity, F alfafa, soro de leite e óleo de soja
43	Li et al., (2018)	Am. Soc. Anim. Sci.	460	0 a 7	Farelo de soja, prot Hamlet, farinha de peixe, milho, DDGS red óleo, semente trigo, soro de leite e óleo de soja
			460	8 a 14	Farelo de soja, prot Hamlet, farinha de peixe, milho, DDGS red óleo, semente trigo, soro de leite e óleo de soja
			460	15 a 21	Farelo de soja, prot Hamlet, farinha de peixe, milho, DDGS red óleo, semente trigo e óleo de soja
			460	22 a 28	Farelo de soja, prot Hamlet, farinha de peixe, milho, DDGS red óleo, semente trigo e óleo de soja

Tabela 1. Continuação...

44	Longland et al., (1994)	Anim. Prod.	12	22 a 28	Farinha de peixe, farelo de trigo, cevada, polpa seca de beterraba e óleo de soja
			12	29 a 35	Farinha de peixe, farelo de trigo, cevada, polpa seca de beterraba e óleo de soja
			12	36 a 42	Farinha de peixe, farelo de trigo, cevada, polpa seca de beterraba e óleo de soja
			12	43 a 57	Farinha de peixe, farelo de trigo, cevada, polpa seca de beterraba e óleo de soja
45	Martins et al., (2021)	J. Appl. Anim. Res.	128	17	Farelo de soja, farinha de peixe, milho moído, F sem Goiab e óleo de soja
46	Mateos et al., (2006)	Anim. Sci.	240	21 a 41	Farelo de soja, farinha de peixe, milho cozido, arroz cozido, soro de leite e óleo de girassol
47	Mateos et al., (2007)	Anim. Feed Sci. Technol.	240	21 a 35	Farelo de soja, soja integral, farinha de peixe, milho moído, milho cozido, arroz, arroz cozido, casca aveia cozida, soro de leite e óleo de soja
			240	35 a 49	Farelo de soja, soja integral, farinha de peixe, milho moído, milho cozido, arroz, arroz cozido, casca aveia cozida, soro de leite e óleo de soja
48	McGhee and Stein, (2021)	Anim. Feed Sci. Technol.	160	1 a 7	Farelo de soja, farinha de peixe, plasma sanguíneo, milho moído, centeio híbrido, soro doce e óleo de soja
			160	7 a 21	Farelo de soja, farinha de peixe, milho moído, centeio híbrido, soro doce e óleo de soja
			160	21 a 34	Farelo de soja, milho moído, centeio híbrido e óleo de soja
49	Medel et al., (1999)	Anim. Feed Sci. Technol.	120	0 a 14	Soja int extr, farinha de peixe, milho, milho extrusado, milho micronizado, farelo de trigo, cevada, cevada ext, cevada micr, soro de leite, soro desnatado e banha
			120	14 a 25	Soja int extr, farinha de peixe, milho, milho extrusado, milho micronizado, farelo de trigo, cevada, cevada ext, cevada micr, soro de leite, soro desnatado e banha
50	Mejicanos et al., (2017)	Anim. Feed Sci. Technol.	96	1 a 14	Farelo de soja, farinha de peixe, plasma seco, milho, trigo, F canola, soro de leite e óleo de canola
			96	15 a 28	Farelo de soja, milho, trigo e F canola
51	Mejicanos et al., (2020)	J. Anim. Sci.	144	1 a 21	Farelo de soja, farinha de peixe, trigo, farelo de canola, farelo de canola desc, farelo de canolangros, soro de leite e óleo de soja
			144	22 a 35	Farelo de soja, trigo, farelo de canola, farelo de canola desc, farelo de canola gros e óleo de soja
52	Mekbungwan and Yamauchi, (2004)	Histol. Histopathol.	25	0 a 30	Farelo de soja, farinha de peixe, milho, farelo de arroz, farelo de feijão guandu e feijão guandu aquec.
53	Molist et al., (2009)	Anim. Feed Sci. Technol.	32	0 a 10	Prot. conc. soja, farinha de peixe, milho, farelo de trigo, F. glu trigo, cevada, polpa de beterraba, soro de leite, soro alta gordura e óleo de girassol.
			32	10 a 15	Prot. conc. soja, farinha de peixe, milho, farelo de trigo, F. glu trigo, cevada, polpa de beterraba, soro de leite, soro alta gordura e óleo de girassol.
54	Molist et al., (2011)	Br. J. Nutr.	64	0 a 6	Prot. Conc. soja, farinha de peixe, plasma sui. seco, milho, trigo, F. glu. trigo, cevada, soro de leite e soro alta gordura.
			64	6 a 12	Prot. Conc. soja, farinha de peixe, plasma sui. seco, milho, trigo, F. glu. trigo, cevada, soro de leite e soro alta gordura.
55	Nepomuceno et al., (2018)	An. Acad. Bras. Cienc.	120	21 a 32	Farelo de soja, Soja int. extr., milho, F. Gluten milho, açúcar, amido, farelo de trigo, leite desnatado e óleo de soja
			120	33 a 42	Farelo de soja, Soja int. extr., milho, F. Gluten milho, açúcar, amido, farelo de trigo, leite desnatado e óleo de soja
56	Ngoc et al., (2013)	Animal	36	27	Farelo de soja, F peixe, milho, F arroz, grão cerv. res. mandioca e óleo de soja
57	Pascoal et al., (2012)	R. Bras. Zootec	72	21 a 35	Farelo de soja, casca de soja, milho, polpa cítrica, leite em pó, óleo de soja e cel. purificada
			72	21 a 50	Farelo de soja, casca de soja, milho, polpa cítrica, leite em pó, óleo de soja e cel. purificada
58	Pascoal et al., (2015)	Sci. Agric.	16	21 a 35	Farelo de soja, casca de soja, milho, polpa cítrica, leite em pó, óleo de soja e cel. purificada
			16	21 a 50	Farelo de soja, casca de soja, milho, polpa cítrica, leite em pó, óleo de soja e cel. purificada
59	Pluske et al. (2007)	Br. J. Nutr.	48	1 a 7	Farelo de soja, F peixe, F carne_osso, farinha de sangue, trigo, arroz, cevada, tremoço doce, soro de leite e leite desnatado
			48	8 a 14	Farelo de soja, F peixe, F carne_osso, farinha de sangue, trigo, arroz, cevada, tremoço doce, soro de leite e leite desnatado

Tabela 1. Continuação

60	Ramos et al. (2016)	Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.	56	21 a 35	Farelo de soja, Plasma_sanguineo, milho e Farelo_abacaxi
			56	21 a 49	Farelo de soja, Plasma_sanguineo, milho e Farelo_abacaxi
			56	21 a 63	Farelo de soja, Plasma_sanguineo, milho e Farelo_abacaxi
61	Ribeiro et al. (2013)	Anim. Feed Sci. Technol.	24	1 a 35	Farelo de soja, farinha de peixe, trigo, castanha, soro de leite e óleo de soja
62	Schiavon et al. (2004)	Ital. J. Anim. Sci.	668	21 a 35	Farelo de soja, soja gorda, farinha de peixe, milho, farelo de trigo, semente de trigo, cevada, G_cevada_estourados, polpa de beterraba e soro de leite
			668	36 a 49	Farelo de soja, soja gorda, farinha de peixe, milho, farelo de trigo, semente de trigo, cevada, G_cevada_estourados, polpa de beterraba, soro de leite e gordura animal
			668	50 a 64	Farelo de soja, soja gorda, farinha de peixe, milho, farelo de trigo, semente de trigo, cevada, G_cevada_estourados, polpa de beterraba, soro de leite e gordura animal
63	Seerley et al., (1988)	J. Anim. Sci.	32	1 a 28	Farelo de soja descascado, milho, farelo de trigo, soro de leite e gordura animal
64			46	1 a 28	Farelo de soja descascado, milho, farelo de trigo, soro de leite e gordura animal
65	Superchi et al. (2017)	Animal	108	31 a 51	Proteína de soja, Farinha de peixe, plasma suíno seco, milho, farelo de trigo, sorgo, cevada, cevada em flocos, soro de leite em pó, sementes de linhaça e óleo de soja
66	Tran et al. (2012)	J. Anim. Sci.	96	7 a 21	Farelo de soja, milho, farinha de peixe, plasma seco, DDGS, soro de leite seco e óleo de milho
			96	21 a 42	Farelo de soja, milho, farinha de peixe, plasma seco, DDGS, soro de leite seco e óleo de milho
67	Tsai et al. (2017)	Livest. Sci.	135	7 a 21	Farelo de soja, F peixe, plasma seco, milho, DDGS, soro de leite e gordura animal
			135	21 a 35	Farelo de soja, milho, DDGS e gordura animal
68	Tuśnio et al. (2017)	Plos one	80	1 a 26	Farelo de soja, farinha de trigo, cevada, ervilha extrusada, ervilha crua e óleo de colza
69	Valencia and Chavez' (1997)	Nutr. Res.	32	1 a 28	Farelo de soja, soja micronizada, ovo em pó, F carne, farinha de trigo, farelo de trigo, leite desnatado e sebo
70	Vicente et al. (2008)	J. Anim. Sci.	160	25 a 39	Farelo de soja, farelo de soja gorda, farinha de peixe, milho, soro de leite seco, óleo de soja
			160	39 a 53	Farelo de soja, farelo de soja gorda, farinha de peixe, milho, soro de leite seco, óleo de soja
71	Wang et al. (2016)	Anim. Feed Sci. Technol.	220	1 a 7	Farelo de soja, proteína conc. soja, farinha de peixe, trigo moído, polpa de beterraba, torta de canola, lactose e óleo de canola
			220	8 a 14	Farelo de soja, proteína conc. soja, farinha de peixe, trigo moído, polpa de beterraba, torta de canola, lactose e óleo de canola
			220	15 a 21	Farelo de soja, farinha de peixe, trigo moído, polpa de beterraba, torta de canola, farelo de canola lactose e óleo de canola
			220	22 a 28	Farelo de soja, farinha de peixe, trigo moído, polpa de beterraba, torta de canola, farelo de canola lactose e óleo de canola
			220	29 a 35	Farelo de soja, farinha de peixe, trigo moído, polpa de beterraba, torta de canola, farelo de canola lactose e óleo de canola
72	Wang et al. (2017)	Anim. Feed Sci. Technol.	300	0 a 7	Farelo de soja, proteína conc. soja, farinha de peixe, trigo moído, grão de bico e óleo de canola
			300	0 a 14	Farelo de soja, proteína conc. soja, farinha de peixe, trigo moído, grão de bico e óleo de canola
			300	14 a 21	Farelo de soja, proteína conc. soja, farinha de peixe, trigo moído, grão de bico e óleo de canola
73	Wang et al. (2018)	Anim. Feed Sci. Technol.	240	1 a 7	Farelo de soja, proteína conc. soja, farinha de peixe, cevada sem casca, cevada descascada, trigo, lactose e óleo canola
			240	8 a 14	Farelo de soja, proteína conc. soja, farinha de peixe, cevada sem casca, cevada descascada, trigo, lactose e óleo canola
			240	15 a 21	Farelo de soja, farelo de canola, farinha de peixe, cevada sem casca, cevada descascada, trigo, lactose e óleo canola
			240	22 a 28	Farelo de soja, farelo de canola, farinha de peixe, cevada sem casca, cevada descascada, trigo, lactose e óleo canola

Tabela 1. Continuação...

			240	29 a 35	Farelo de soja, farelo de canola, farinha de peixe, cevada sem casca, cevada descascada, trigo, lactose e óleo canola
74	Yang et al. (2019)	Transl. Anim. Sci	360	7 a 21	Farelo de soja, proteína concentrada de soja isolada, milho, DDGS-HP, soro de leite e óleo de soja
			360	22 a 42	Farelo de soja, proteína concentrada de soja isolada, milho, DDGS-HP, soro de leite e óleo de soja
75	Young et al. (2019)	J. Anim. Sci. Technol.	112	0 a 14	Farelo de soja descascado, farinha de peixe, milho, cevada, polpa de beterraba, soro de leite, lactose e óleo de soja
			112	15 a 28	Farelo de soja descascado, milho, cevada, polpa de beterraba, soro de leite, lactose e óleo de soja
			112	29 a 42	Farelo de soja descascado, milho, cevada, polpa de beterraba e óleo de soja
76	Yu et al. (2016)	Arch. Anim. Nutr.	180	28 a 56	Farelo de soja descascada, casca de soja, farelo de soja gorda extrusada, proteína conc. soja, farinha de peixe, milho, farelo de trigo, casca de aveia crua, farinha de palmiste, farinha de bambu, soro de leites e óleo de soja
77	Zaworska-Zakrzewska et al. (2020)	Animals	24	28	Farelo de soja, trigo, cevada, farelo de tremçoço, semente de tremçoço fermentado e óleo de soja
78	Zhou et al. (2016)	Anim. Feed Sci. Technol.	208	0 a 7	Farelo de soja, proteína conc. soja, trigo duro moído, farinha de peixe, cevada, farinha de arenque e óleo de canola
			208	8 a 14	Farelo de soja, proteína conc. soja, trigo duro moído, farinha de peixe, cevada, farinha de arenque e óleo de canola
			208	15 a 21	Farelo de soja, proteína conc. soja, trigo duro moído, farinha de peixe, cevada, farinha de arenque e óleo de canola

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142 O banco de dados foi composto por 747 dietas, resultando em 72 estudos com 78
 143 registros experimentais. Não foi utilizado nenhum APC nos estudos. Dos estudos
 144 selecionados, 26 utilizaram marcadores fecais e apenas 31 fizeram fornecimento de *creep*
 145 *feeding* (representando 43,49% das dietas presentes na base de dados). Ainda, 11 estudos
 146 incluíram enzimas para verificar sua eficácia no aproveitamento das fibras, (representando
 147 16,51% dos experimentos) e 5 estudos adicionaram acidificantes (6,85% do total) (Tabela 2).

148 Ao total, 1810 animais foram utilizados nos estudos presentes no banco de dados, a
 149 idade inicial média foi de 22 dias e o peso inicial médio de $\pm 9,93$ kg.

150

Tabela 2. Principais componentes encontrados nos estudos que podem influenciar no desempenho de crescimento dos leitões.

Variáveis	Não (%)	Sim (%)
Creep Feeding	56,51	43,49
Enzima exógenas	83,49	16,51
Acidificantes	93,15	6,85
APC	100,00	-
ZnO	86,31	13,69
Fe ₃ O ₂	97,18	2,82

151 APC, antimicrobiano promotor de crescimento; ZnO, óxido de zinco; Fe₃O₂, óxido de ferro.
 152

153 3.2 Resultados da análise estatística

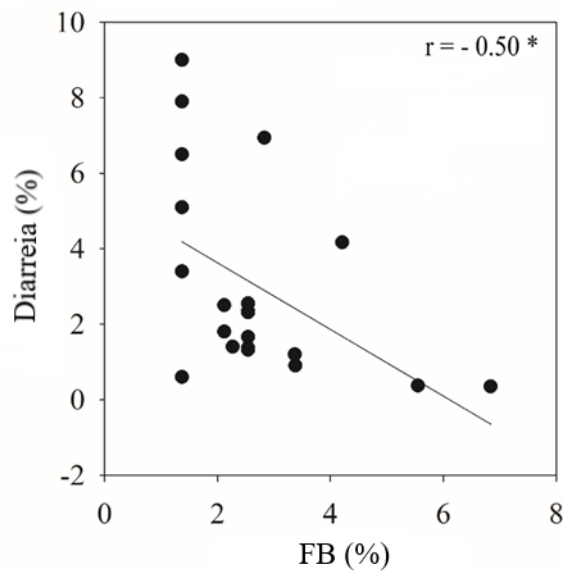
154 A maioria dos estudos, 54,2%, relataram que a inclusão de fontes de fibras não afetou
 155 o desempenho dos leitões, 36,1% dos estudos observaram que houve uma melhora no
 156 desempenho com o acréscimo de fibras nas dietas e apenas 9,7% dos estudos verificaram que
 157 as fontes de fibra reduziram o desempenho de crescimento dos leitões.

158 A fibra bruta (FB) das dietas variou de 1,37 a 8,90%, com média de 3,19%, a fibra em
 159 detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) apresentaram média de 11,75 e
 160 4,64%, respectivamente. A fibra solúvel apresentou média de 5,10%, enquanto que a fibra

161 insolúvel foi de 12,57%. A média para o GMD foi de 403,52 g/dia, o CMDR médio foi de
 162 623,84 g/dia (± 257.80) e a eficiência alimentar (EA) média foi de 0.66 (± 0.09). (Tabela 3).
 163

Tabela 3. Descrição do valor máximo, mínimo e média referente aos animais, composição química da dieta e desempenho de crescimento encontrado nos estudos.

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	DP
Número de animais	12,00	1810,00	235,00	229,00
Peso inicial, kg	4,10	15,60	7,72	1,99
Peso final, kg	5,80	31,20	16,06	5,38
Matéria Seca, %	28,00	91,90	88,44	1,90
Proteína bruta, %	15,20	29,20	20,83	1,60
Fibra bruta, %	1,37	8,90	3,19	1,01
Fibra em detergente neutro, %	3,20	39,70	11,75	2,80
Fibra em detergente ácido, %	1,50	13,31	4,64	1,36
Extrato etéreo, %	1,43	8,58	4,83	1,30
Matéria mineral, %	2,48	8,00	5,72	0,56
Energia metabolizável, kcal/kg	2419,51	3988,73	3374,75	133,59
Fibra solúvel, %	0,25	28,00	5,10	5,11
Fibra insolúvel, %	0,25	21,67	12,57	4,75
Amido, %	0,95	49,85	35,14	4,91
Ganho médio diário, g/dia	-23,10	850,00	403,52	151,36
Consumo diário de ração, g/dia	72,00	1425,00	623,84	257,80
Eficiência, EA	-0,11	1,23	0,66	0,09
Diarreia, %	0,13	58,93	10,75	10,42



182

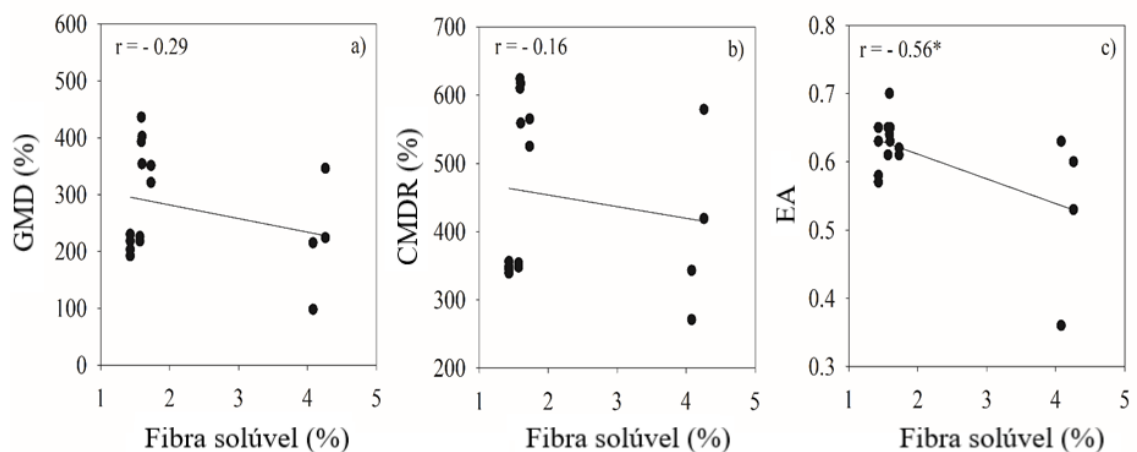
183 **Figura 3.** Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as variáveis FB x diarreia (n = 21).

184 FB, Fibra bruta. *P<0,05.

185

186 Apenas 2 estudos incluíram os valores de FB em conjunto com fibra solúvel e
 187 insolúvel na composição química das dietas. Estes 2 estudos resultaram em 16 dietas. Foi
 188 realizado o teste de correlação e não foi observado correlação significativa entre fibra solúvel
 189 x GMD e fibra solúvel x CMDR (P>0,05), no entanto foi possível observar uma correlação
 190 significativa entre fibra solúvel x EA (P<0,05) e a correlação negativa moderada (r = -0,56),
 191 sugerindo redução na eficiência alimentar com a fibra solúvel (Figura 4c).

192

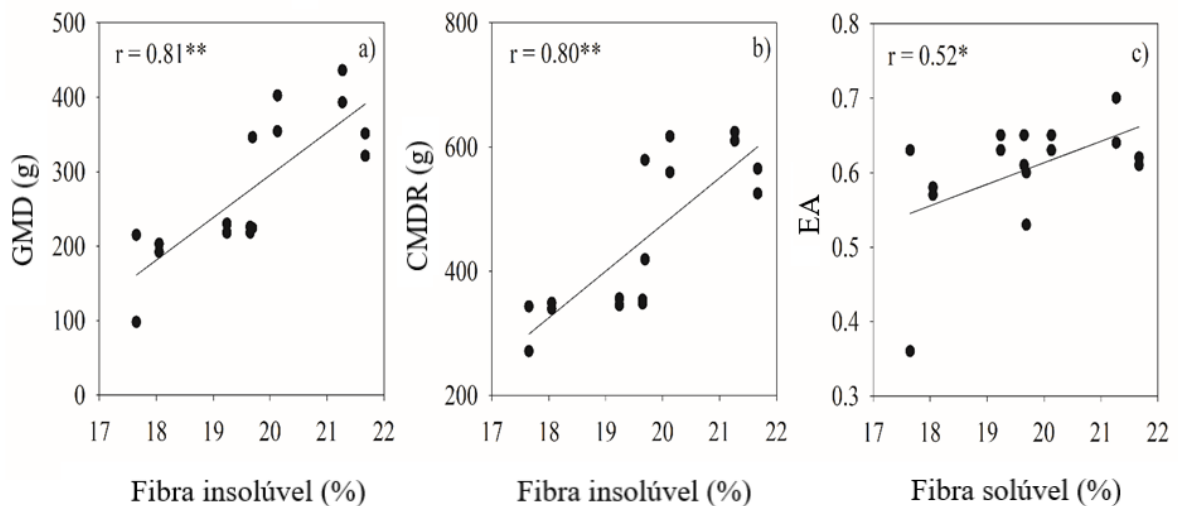


193

194 **Figura 4.** Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis a) Fibra solúvel x
 195 GMD, b) Fibra solúvel x CMDR, c) Fibra solúvel x Eficiência alimentar ($n = 16$). GMD,
 196 Ganho médio diário; CMDR, Consumo médio diário de ração; EA, Eficiência alimentar. *
 197 $P < 0,05$.

198

199 Foram observadas correlações significativas ($P < 0,05$) fortes positivas entre fibra
 200 insolúvel x GMD e fibra insolúvel x CMDR ($r = 0,81$ e $r = 0,80$ respectivamente). Também
 201 foi observada correlação positiva moderada ($r = 0,52$) entre fibra insolúvel x EA, indicando
 202 melhor desempenho de crescimento com a presença de fibra insolúvel nas dietas (Figura 5).



203

204 **Figura 5.** Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis a) fibra insolúvel x
 205 GMD, b) fibra insolúvel x CMDR, c) fibra insolúvel x eficiência. GMD, Ganho médio diário;
 206 CMDR, Consumo médio diário de ração. ($n = 16$). * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

207 4 Discussão

208

209 Nenhum estudo presente nesta revisão fez utilização de APC, o que indica que a
 210 busca por inclusão de fibra na dieta de leitões não é somente para minimizar os custos com
 211 alimentação, mas também com intuito de buscar alternativas que possam substituir esses
 212 produtos de forma eficiente. Tendo em vista que a utilização de APC está proibida devido aos

213 crescentes números de bactérias resistentes a antibióticos na microbiota intestinal humana e
214 animal (Liu et al., 2018).

215 A inclusão de fibras nas dietas de leitões pode promover modulação da microbiota
216 intestinal, diferenças na viscosidade da digesta e influenciar no desenvolvimento e tamanho
217 dos órgãos digestivos, bem como na histologia intestinal (Jarrett and Ashworth, 2018).
218 Contudo, sua utilização ainda é limitada, pois esses animais não tem enzimas digestivas que
219 possam digeri-las, no entanto pode ser degradada em monossacarídeos e AGCC pela
220 microbiota intestinal (Gresse et al., 2017).

221 Para incluir fibra nas dietas seria necessário alternativas para tentar aproveitar o
222 máximo seus nutrientes sem afetar o desempenho de crescimento. Nesse contexto,
223 verificamos que 43,49% dos estudos forneceram *creep feeding* para os leitões como forma de
224 familiarizar os animais às dietas, no entanto esse fator não demonstrou correlação com o
225 desempenho de crescimento dos animais, contudo essas respostas ainda são contraditórias. O
226 fornecimento de *creep feeding* para leitões desmamados entre 21 e 28 dias de idade é uma
227 prática comum empregada na indústria suinícola atual (Marcolla and Ribeiro, 2015). Porém,
228 os estudos que evidenciam benefícios significativos com essa prática ainda são escassos na
229 literatura.

230 Outra alternativa é a utilização de enzimas exógenas, porém, nesta revisão poucos
231 estudos avaliaram a inclusão de enzimas nas dietas, como forma de suprir a ausência de
232 enzimas endógenas. Isso porque seus benefícios nas dietas de suínos podem ser variáveis
233 (Rosenfelder et al., 2013), pois não se trata apenas da digestão e absorção dos nutrientes. De
234 acordo com Li et al. (2018) as pesquisas que investigam o impacto das enzimas na integridade
235 da barreira intestinal em leitões desmamados, com inclusão de fibra nas dietas ainda são
236 limitadas.

237 A média de FB presente nas dietas apresentadas nesta revisão foi de 3,19% sendo que
238 na maioria dos estudos (54,2%) não foi observado efeito significativo sobre o desempenho de
239 crescimento. Contudo, até o momento os resultados não são consistentes, pois não se sabe
240 qual tipo de fibra utilizar, o tempo de fornecimento na dieta e o método ideal de
241 suplementação de fibra em diferentes períodos de desmame do leitão (Chen et al., 2020).

242 Assim, avaliando a utilização de cevada ou farelo de trigo na dieta de leitões
243 desmamados, Zhou et al. (2016) verificaram melhores resultados com a utilização de cevada,
244 os autores relataram que mesmo reduzindo a digestibilidade dos nutrientes, houve um
245 aumento no desempenho de crescimento, segundo eles, devido à potencial propriedade
246 prebiótica da cevada.

247 Hugman et al., (2020), incluíram ervilha forrageira em substituição parcial ao farelo de
248 soja e de trigo na dieta de leitões desmamados de 10 a 21 kg, e observaram redução nos
249 coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, contudo o desempenho dos leitões não foi
250 afetado. Por outro lado, Martins et al. (2021), não verificaram efeito negativo na
251 digestibilidade dos nutrientes e no desempenho de leitões na fase inicial com inclusão de
252 farinha de semente de goiaba como fonte de fibra na dieta.

253 Os efeitos da fibra podem estar correlacionados com diferentes fatores, como a
254 quantidade da parede celular adicionada a dieta, composição química e estrutural, associação
255 física com outros nutrientes, estado fisiológico do animal e o local onde ocorrem os processos
256 digestivos (Eggum, 1995). Dessa forma, a ausência de correlação da FB com o desempenho
257 no presente estudo, pode estar associada a variabilidade nas 264 dietas dos estudos avaliados.

258 Alguns estudos dessa revisão sistemática (Hermes et al., 2009; Young et al., 2019;
259 Chen et al., 2020) mostraram que houve uma redução na incidência de diarreia com inclusão
260 de fibra nas dietas. Indicando que a fibra pode melhorar a saúde intestinal dos leitões, por

261 meio do aumento na comunidade bacteriana benéfica e aumento da fermentação no intestino
262 posterior (Kim et al., 2013), prevenindo diarreia nos leitões (Hansen et al., 2010).

263 Schiavon et al. (2004) testaram a inclusão de 12% de polpa de beterraba como fonte de
264 fibra solúvel em dietas com ausência de antimicrobianos, sobre o desempenho e a saúde de
265 leitões desmamados aos 21 dias, e observaram que a inclusão proporcionou desenvolvimento
266 do trato digestório e melhorou a saúde dos leitões, por meio das mudanças benéficas na
267 microbiota. Contudo, seus efeitos podem depender da fonte, da quantidade de fibra adicionada
268 e de suas propriedades físico-químicas (Liu et al., 2018). Além disso, o caráter de solubilidade
269 da fibra (solúvel ou insolúvel) é um fator determinante que pode influenciar na ocorrência e
270 intensidade da diarreia em leitões (Chen et al., 2020).

271 Segundo Campbell and Bedford (1992), a fibra solúvel pode promover aumento da
272 viscosidade do quimo, retardar o tempo de trânsito e em consequência, reduzir a digestão e
273 absorção dos nutrientes pela parede intestinal devido ao baixo contato enzima-substrato. Isso
274 pode provocar acúmulo da digesta no trato e proporcionar proliferação de microrganismos
275 patógenos como *Escheriachia coli* no intestino (Mcdonald et al., 2001), podendo causar
276 diarreia nos leitões. Esses resultados demonstram que a fibra solúvel pode aumentar
277 incidência de diarreia em leitões desmamados, porém na presente revisão não se verificou
278 correlação entre fibra solúvel e diarreia nos estudos avaliados.

279 As dietas compostas pela fração insolúvel geralmente apresentam viscosidade
280 relativamente mais baixa que dietas contendo fibra solúvel, porém da mesma forma podem
281 promover redução na digestão do amido, proteína e lipídeos, agindo como barreira física a
282 ação das enzimas digestivas (Carneiro et al., 2008). Entretanto a utilização de fibras
283 insolúveis em pequenas quantidades não interfere na viscosidade das dietas (Smits and
284 Annison, 1996), pois pode reforçar a microbiota comensal no intestino grosso pela
285 intensificação da passagem da digesta, reduzindo a atividade microbiana (Williams et al.,

286 2001), além de induzir nas reduções de patógenos e na incidência de diarreia (Pascoal et al.,
287 2012).

288 Na presente revisão sistemática, os estudos avaliados demonstraram correlação
289 positiva entre fibra insolúvel e o desempenho de crescimento dos leitões, sugerindo que a
290 fração individual da fibra melhorou o desempenho de crescimento desses animais.

291 Contudo, os resultados encontrados na literatura têm sido muitas vezes contraditórios.
292 Mateos et al. (2006), testaram a casca de aveia, fonte de fibra insolúvel e altamente lignificada
293 incorporada em dietas a base de arroz para leitões e observaram aumento significativo no
294 GMD e CMDR, os autores relataram que a justificativa era desconhecida. Pierce et al. (2007)
295 também verificaram aumento significativo no GMD e CMDR ao testarem a inclusão de
296 carboidratos insolúveis, não viscoso ou lactose na dieta de leitões desmamados. Da mesma
297 forma Molist et al., (2009), verificaram aumento no CMDR e tendência de aumento no GMD
298 de leitões desmamados alimentados com fontes de fibra solúvel fibra insolúvel.

299 Por outro lado, Avelar et al. (2010), avaliaram coproduto de trigo oriundo de destilaria
300 na dieta de leitões desmamados e verificaram que a inclusão de 200 g/kg afetou drasticamente
301 o CMDR, GMD e eficiência alimentar. De acordo com os autores, a redução no consumo
302 pode ter ocorrido pela alteração no sabor e no cheiro da dieta, o que ocasionou na redução
303 progressiva da palatabilidade da dieta.

304 Pascoal et al., (2012), testaram celulose purificada como fonte de fibra insolúvel na
305 dieta de leitões desmamados e não observaram efeito no desempenho, porém sua inclusão,
306 promoveu efeito benéfico no controle da diarreia e melhorou alguns parâmetros
307 imunológicos.

308 Ao avaliarem o efeito da fibra solúvel e insolúvel na dieta de leitões desmamados,
309 Chen et al. (2020), também não verificaram efeito no CMDR e GMD dos leitões, porém
310 observaram redução na eficiência alimentar.

311 Nesse contexto, podemos considerar que as derivadas fontes de fibra e diferentes
312 quantidades utilizadas nas dietas, pode explicar de forma parcial as diferenças nas respostas
313 dos estudos avaliados. Além disso, os componentes específicos da fibra e os métodos
314 analíticos usados para quantificar a fibra diferiram nesses estudos, dessa forma FB, fibra
315 solúvel e fibra insolúvel, não podem ser usadas como medidas iguais de fibra dietética
316 (Agyekum and Nyachoti, 2017).

317

318 **5 Conclusão**

319 As avaliações dos estudos presentes nesta revisão sistemática indicam que a fibra bruta
320 pode reduzir a incidência de diarreia e que a fibra insolúvel pode melhorar o desempenho de
321 crescimento dos leitões, porém as pesquisas ainda precisam ser mais aprofundadas para
322 melhor entendimento dos seus benefícios. Com base nos resultados encontrados na literatura
323 não se pode afirmar com exatidão que a inclusão de fibra melhora o desempenho de leitões
324 desmamados, mesmo com diversas técnicas e combinações de dietas (*creep feeding*,
325 acidificantes, enzimas exógenas, fibra solúvel e insolúvel).

326 Com isso, mais estudos são necessários, principalmente com relação as frações
327 individuais da fibra. Este trabalho traz estudos e dados importantes que podem auxiliar na
328 elucidação de dúvidas a respeito da utilização da fibra e respostas no desempenho de leitões
329 desmamados, fase reconhecida como um dos principais pontos críticos na cadeia de produção
330 de suínos.

331

332 **Financiamento**

333 Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código Financeiro 001.

334

335 6 Referências

- 336 Adams, S., Che, D., Hailong, J., Han, R., Qin, G., Danquah, and K., 2018. Dietary
337 supplementation of pulverised *Astragalus membranaceus* improved performance,
338 immunity and diarrhoea incidence in weaned piglets. *Indian Journal of Animal*.
339 <https://doi.org/10.18805/ijar.b-936>.
- 340 Adams, S., Che, D., Hailong, J., Zhao, B., Rui, H., Danquah, K., Qin, G., 2019a. Effects of
341 pulverized oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on diarrhea incidence, growth
342 performance, immunity, and microbial composition in piglets. *Journal of the Science of*
343 *Food and Agriculture*. 99, 3616–3627. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9582>
- 344 Adams, S., Xiangjie, K., Hailong, J., Guixin, Q., Sossah, F.L., Dongsheng, C., 2019b.
345 Prebiotic effects of alfalfa (*Medicago sativa*) fiber on cecal bacterial composition,
346 short-chain fatty acids, and diarrhea incidence in weaning piglets. *RSC Advances* 9,
347 13586–13599. <https://doi.org/10.1039/c9ra01251f>.
- 348 Agyekum, A.K., Nyachoti, C.M., 2017. Nutritional and Metabolic Consequences of Feeding
349 High-Fiber Diets to Swine: A Review. *Engineering* 3, 716–725.
350 <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.03.010>.
- 351 Andretta, I., Hickmann, F.M.W., Remus, A., Franceschi, C.H., Mariani, A.B., Orso, C.,
352 Kipper, M., Létourneau-Montminy, M.P., Pomar, C., 2021. Environmental Impacts of
353 Pig and Poultry Production: Insights From a Systematic Review. *Front Vet Sci*.
354 <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.750733>
- 355 Avelar, E., Jha, R., Beltranena, E., Cervantes, M., Morales, A., & Zijlstra, R. T. (2010). The
356 effect of feeding wheat distillers dried grain with solubles on growth performance and
357 nutrient digestibility in weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 160(1–2),
358 73–77. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.06.009>

- 359 Ball, R.O., Ahernet, F.X., 1987. Influence of dietary nutrient density, level of feed intake and
360 weaning age on young pigs. II. Apparent nutrient digestibility and incidence and
361 severity of diarrhea. *Canadian Journal of Animal Science* 67, 1105–1115.
362 <https://doi.org/10.4141/cjas87-116>.
- 363 Bao, Z., Li, Y., Zhang, J., Li, L., Zhang, P., Huang, F.R., 2016. Effect of particle size of
364 wheat on nutrient digestibility, growth performance, and gut microbiota in growing
365 pigs. *Livestock Science* 183, 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.11.013>.
- 366 Batson, K.L., Calderón, H.I., Tokach, M.D., Woodworth, J.C., Goodband, R.D., Dritz, S.S.,
367 DeRouchey, J.M., 2021. Effects of feeding diets containing low crude protein and
368 coarse wheat bran as alternatives to zinc oxide in nursery pig diets. *Journal Animal
369 Science* 99, <https://doi.org/10.1093/jas/skab090>.
- 370 Begum, M., Hossain, M.M., Kim, I.H., 2016. Effects of fenugreek seed extract
371 supplementation on growth performance, nutrient digestibility, diarrhoea scores, blood
372 profiles, faecal microflora and faecal noxious gas emission in weanling piglets. *Journal
373 of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 100, 1121–1129.
374 <https://doi.org/10.1111/jpn.12496>.
- 375 Bikker, P., Dirkwager, A., Fledderus, J., Trevisi, P., le Huërou-Luron, I., Lallès, J.P., Awati,
376 A., 2006. The effect of dietary protein and fermentable carbohydrates levels on growth
377 performance and intestinal characteristics in newly weaned piglets. *Journal Animal
378 Science*. 84, 3337–3345. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-076>.
- 379 Bloxham, D.J., Dove, C.R., Azain, M., 2018. Effect of wheat as a feedstuff in starter diets on
380 nursery pig growth performance and digestibility. *Livestock Science*. 207, 98–104.
381 <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.11.016>.

- 382 Campbell, G.L., Bedford, M.R., 1992. Enzyme applications for monogastric feeds: A review.
383 Canadian Journal of Animal Science 72, 449–466. <https://doi.org/10.4141/cjas92-058>.
- 384 Bournazel, M., Duclos, M.J., Lecompte, F., Guillou, D., Peyronnet, C., Quinsac, A., Meme,
385 N., Narcy, A., 2020. Effects of dietary electrolyte balance and calcium supply on
386 mineral and acid-base status of piglets fed a diversified diet. Journal of Nutritional
387 Science. 9, <https://doi.org/10.1017/jns.2020.10>.
- 388 Carneiro, M. S.C., Lordelo, M.M., Cunha, L.F., Freire, J.P.B., 2008. Effects of dietary fibre
389 source and enzyme supplementation on faecal apparent digestibility, short chain fatty
390 acid production and activity of bacterial enzymes in the gut of piglets. Animal Feed
391 Science and Technology 146, 124–136.
392 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.12.001>.
- 393 Che, D., Adams, S., Wei, C., Gui-Xin, Q., Atiba, E.M., Hailong, J., 2018. Effects of
394 Astragalus membranaceus fiber on growth performance, nutrient digestibility, microbial
395 composition, VFA production, gut pH, and immunity of weaned pigs.
396 MicrobiologyOpen 8. <https://doi.org/10.1002/mbo3.712>.
- 397 Che, T.M., Perez, V.G., Song, M., Pettigrew, J.E., 2012. Effect of rice and other cereal grains
398 on growth performance, pig removal, and anti-biotic treatment of weaned pigs under
399 commercial conditions. Journal Animal Science. 90, 4916-24.
400 <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4916>.
- 401 Chen, T., Chen, D., Tian, G., Zheng, P., Mao, X., Yu, J., He, J., Huang, Z., Luo, Y., Luo, J.,
402 Yu, B., 2020. Effects of soluble and insoluble dietary fiber supplementation on growth
403 performance, nutrient digestibility, intestinal microbe and barrier function in weaning
404 piglet. Animal Feed Science and Technology. 260.
405 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114335>.

- 406 Cromwell, G.L., 1989. Nuevos aditivos alimenticios. *Industria Porcina* 9, 25–36.
- 407 De Lange, C.F.M., Nyachot, C.M., Verstegen, M.W.A., 2000. The significance of
408 antinutritive factors in feedstuffs for monogastric animals, in: Moughan, J.P.,
409 Verstegen, M.W.A., Visser-Reyneveld, M.I. (Eds.), *Feed Evaluation: Principle and*
410 *Practices*. pp. 169–188.
- 411 Eggum, B.O., 1995. The influence of dietary fibre on protein digestion and utilization in
412 monogastrics. *Arch Tierernahr* 48, 89–95. <https://doi.org/10.1080/17450399509381831>.
- 413 Espinosa, C.D., Fry, R.S., Kocher, M.E., Stein, H.H., 2020. Effects of copper
414 hydroxychloride and dietary fiber on intestinal permeability, growth performance, and
415 blood characteristics of nursery pigs. *Animal Feed Science and Technology* 263.
416 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114447>.
- 417 Farnworth, E.R., Modler, H.W., Mackie, D.A., 1995. Adding Jerusalem artichoke (*Helianthus*
418 *tuberosus* L.) to weanling pig diets and the effect on manure composition and
419 characteristics, *Feed Science and Technology*. [https://doi.org/10.1016/0377-](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00787)
420 [8401\(95\)00787](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00787).
- 421 Freire, J., Peiniau, J., Cunha, L.F., Almeida, J., Aumaitre, A., 1996. Article original Effet du
422 son de blé et de la nature des lipides du régime sur la digestibilité, l'activité des
423 enzymes digestives et la lipémie des porcelets méditerranéens de la race. *Alentejana*.
424 *Annales de Zootechnie*. 45, 357–368. <https://doi.org/10.1051/animres:19960408>.
- 425 Garcia, H., Wang, L.F., Landero, J.L., Beltranena, E., Cervantes, M., Morales, A., Zijlstra,
426 R.T., 2015. Effect of feeding wheat millrun on diet nutrient digestibility and growth
427 performance in starter pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 207, 283–288.
428 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.06.018>.

- 429 Gill, B.P., Mellange, J., Rooke, J.A., 2000. Growth performance and apparent nutrient
430 digestibility in weaned piglets offered wheat-, barley- or sugar-beet pulp-based diets
431 supplemented with food enzymes. *Animal Science*. 70, 107–118.
432 <https://doi.org/10.1017/S135772980005164X>.
- 433 Goehring, D.L., Wu, F., Derouchey, J.M., Goodband, R.D., Tokach, M.D., Woodworth, J.C.,
434 Paulk, C.B., Dritz, S.S., 2019. The effects of soybean hulls level, distillers dried grains
435 with solubles, and net energy formulation on nursery pig performance. *Translational*
436 *Animal Science*. 3, 1335–1348. <https://doi.org/10.1093/tas/txz126>.
- 437 Gresse, R., Chaucheyras-Durand, F., Fleury, M.A., van de Wiele, T., Forano, E., Blanquet-
438 Diot, S., 2017. Gut Microbiota Dysbiosis in Postweaning Piglets: Understanding the
439 Keys to Health. *Trends in Microbiology*. 25, 851-873.
440 <https://doi.org/10.1016/j.tim.2017.05.004>.
- 441 Gu, X., Li, Z., Wang, J., Chen, J., Jiang, Q., Liu, N., Liu, X., Zhang, F., Tan, B., Li, H., Ma,
442 X., 2021. Fermented Cottonseed Meal as a Partial Replacement for Soybean Meal
443 Could Improve the Growth Performance, Immunity and Antioxidant Properties, and
444 Nutrient Digestibility by Altering the Gut Microbiota Profile of Weaned Piglets.
445 *Frontiers in Microbiology* 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.734389>.
- 446 Hansen, C.F., Phillips, N.D., La, T., Hernandez, A., Mansfield, J., Kim, J.C., Mullan, B.P.,
447 Hampson, D.J., Pluske, J.R., 2010. Diets containing inulin but not lupins help to prevent
448 swine dysentery in experimentally challenged pigs. *Journal Animal Science*. 88, 3327–
449 3336. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2719>.
- 450 Hermes, R.G., Molist, F., Ywazaki, M., Nofrarias, M., Gomez de Segura, A., Gasa, J., Pérez,
451 J.F., 2009. Effect of dietary level of protein and fiber on the productive performance and

- 452 health status of piglets. *Journal Animal Science*. 87, 3569–3577.
453 <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1241>.
- 454 Hong, T.T.T., Thuy, T.T., Passoth, V., Lindberg, J.E., 2009. Gut ecology, feed digestion and
455 performance in weaned piglets fed liquid diets. *Livestock Science* 125, 232–237.
456 <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.04.013>.
- 457 Hongtrakul, K., Goodband, R.D., Behnke, K.C., Nelssen, J.L., Tokach, M.D., Bergström,
458 J.R., Nessmith, W.B., Kim, I.H., 1998. The Effects of Extrusion Processing of
459 Carbohydrate Sources on Weanling Pig Performance. *Journal of Animal Science*. 76,
460 3034–3042. <https://doi.org/10.2527/1998.76123034x>.
- 461 Hugman, J., Wang, L.F., Beltranena, E., Htoo, J.K., Zijlstra, R.T., 2020. Growth performance
462 of weaned pigs fed raw, cold-pelleted, steam-pelleted, or extruded field pea. *Animal*
463 *Feed Science and Technology*. 264. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114485>.
- 464 Hui, Y., Tamez-Hidalgo, P., Cieplak, T., Satessa, G.D., Kot, W., Kjørulff, S., Nielsen, M.O.,
465 Nielsen, D.S., Krych, L., 2021. Supplementation of a lacto-fermented rapeseed-seaweed
466 blend promotes gut microbial- and gut immune-modulation in weaner piglets. *Journal of*
467 *Animal Science Biotechnology*. 12. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00601-2>.
- 468 Ivarsson, E., Frankow-Lindberg, B.E., Andersson, H.K., Lindberg, J.E., 2011. Growth
469 performance, digestibility and faecal coliform bacteria in weaned piglets fed a cereal-
470 based diet including either chicory (*Cichorium intybus* L) or ribwort (*Plantago*
471 *lanceolata* L) forage. *Animal*. 5, 558–564. <https://doi.org/10.1017/S1751731110002193>.
- 472 Jarrett, S., Ashworth, C.J., 2018. The role of dietary fibre in pig production, with a particular
473 emphasis on reproduction. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 9.
474 <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0270-0>.

- 475 Jones, C.K., Bergstrom, J.R., Tokach, M.D., Derouchey, J.M., Goodband, R.D., Nelssen, J.L.,
476 Dritz, S.S., 2010. Efficacy of commercial enzymes in diets containing various
477 concentrations and sources of dried distillers grains with solubles for nursery pigs.
478 *Journal of Animal Science*. 88, 2084–2091. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2109>.
- 479 Kafantaris, I., Stagos, D., Kotsampasi, B., Hatzis, A., Kypriotakis, A., Gerasopoulos, K.,
480 Makri, S., Goutzourelas, N., Mitsagga, C., Giavasis, I., Petrotos, K., Kokkas, S., Goulas,
481 P., Christodoulou, V., Kouretas, D., 2018. Grape pomace improves performance,
482 antioxidant status, fecal microbiota and meat quality of piglets. *Animal* 12, 246–255.
483 <https://doi.org/10.1017/S1751731117001604>.
- 484 Kerr, B.J., Weber, T.E., Shurson, G.C., 2013. Evaluation of commercially available enzymes,
485 probiotics, or yeast on apparent total-tract nutrient digestion and growth in nursery and
486 finishing pigs fed diets containing corn dried distillers grains with solubles. *The*
487 *Professional Animal Scientist* 29, 508–517. [https://doi.org/10.15232/s1080-](https://doi.org/10.15232/s1080-7446(15)30272-2)
488 [7446\(15\)30272-2](https://doi.org/10.15232/s1080-7446(15)30272-2).
- 489 Kim, J C, Hansen, C.F., Mullan, B.P., Pluske, J.R., 2012. Nutrition and pathology of weaner
490 pigs: Nutritional strategies to support barrier function in the gastrointestinal tract.
491 *Animal Feed Science and Technology* 173, 3–16.
492 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.022>.
- 493 Kim, J. C., Heo, J.M., Mullan, B.P., Pluske, J.R., 2013. Performance and intestinal responses
494 to dehulling and inclusion level of Australian sweet lupins (*Lupinus angustifolius* L.) in
495 diets for weaner pigs. *Animal Feed Science and Technology* 172, 201–209.
496 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.01.002>.
- 497 Kim, M.S., Hwang, S.S., Park, E.J., Bae, J.W., 2013. Strict vegetarian diet improves the risk
498 factors associated with metabolic diseases by modulating gut microbiota and reducing

- 499 intestinal inflammation. *Environmental Microbiology Rep* 5, 765–775.
500 <https://doi.org/10.1111/1758-2229.12079>.
- 501 Kyriazakis, I., Emmans, C., 1995. The voluntary feed intake of pigs given feeds based on
502 wheat bran, dried citrus pulp and grass meal, in relation to measurements of feed bulk.
503 *British Journal of Nutrition* 73, 191–207. <https://doi.org/10.1079/BJN19950023>.
- 504 Landero, J.L., Beltranena, E., Cervantes, M., Araiza, A.B., Zijlstra, R.T., 2012a. The effect of
505 feeding expeller-pressed canola meal on growth performance and diet nutrient
506 digestibility in weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology* 171, 240–245.
507 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.11.004>.
- 508 Landero, J.L., Beltranena, E., Zijlstra, R.T., 2012b. The effect of feeding lentil on growth
509 performance and diet nutrient digestibility in starter pigs. *Animal Feed Science
510 Technology* 174, 108–112. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.02.010>.
- 511 Landero, J.L., Wang, L.F., Beltranena, E., Zijlstra, R.T., 2014. Diet nutrient digestibility and
512 growth performance of weaned pigs fed field pea. *Animal Feed Science and
513 Technology* 198, 295–303. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.10.014>.
- 514 Leal, I.F., Rocha, V. de S., Almeida Santana, A.L., de Sá e Castro, D.E., Genova, J.L., de
515 Azevedo dos Santos, L.B., Grando, M.A., Carvalho, S.T., de Oliveira, N.T.E., Carvalho,
516 P.L. de O., 2021. Acerola seed meal (*Malpighia emarginata*) as a source of dietary fibre
517 in starter piglet diets. *Semina: Ciências Agrarias* 42, 1209–1228.
518 <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3p1209>.
- 519 Lee, J.W., Woyengo, T.A., 2018. Growth performance, organ weights, and blood parameters
520 of nursery pigs fed diets containing increasing levels of cold-pressed canola cake.
521 <https://doi.org/10.1093/jas/sky317/5068273>.

- 522 Li, Q., Gabler, N., Loving, C.L., Gould, S.A., Patience, J.F., 2018. A dietary carbohydrase
523 blend improved intestinal barrier function and growth rate in weaned pigs fed higher
524 fiber diets. *American Society of Animal Science* 96, 5233-5243.
525 <https://doi.org/10.1093/jas/sky383>.
- 526 Li, Y.B., Zhang, M., 2006. Effect of dietary fiber on performance and trophic diarrhea in
527 piglets. *Feed Ind.* 5, 28–30.
- 528 Liu, B., Wang, W., Zhu, X., Sun, X., Xiao, J., Li, D., Cui, Y., Wang, C., Shi, Y., 2018.
529 Response of gut Microbiota to dietary fiber and metabolic interaction with SCFAs in
530 Piglets. *Frontiers in Microbiology* 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02344>.
- 531 Longland, A. C., Carruthers, J., Low, A.G., 1994. The ability of piglets 4 to 8 weeks old to
532 digest and perform on diets containing two contrasting sources of non-starch
533 polysaccharide. *Animal Production* 58, 405–410.
534 <https://doi.org/10.1017/S0003356100007352>.
- 535 Makkink, C.A., Berntsen, P.J.M., Kamp, B.M.L., Kemp, B., Verstegen, W.A., 1994. Gastric
536 protein breakdown and pancreatic enzyme activities in response to two different dietary
537 protein sources in newly weaned pigs. *Journal Animal Science* 72, 2843–2850.
538 <https://doi.org/10.2527/1994.72112843x>.
- 539 Marcolla, C.S., Ribeiro, A.M.L., 2015. Revisão bibliográfica efeitos do fornecimento de
540 dietas pré-desmame para leitões: uma revisão. *Boletim de Indústria Animal* 72, 77–90.
541 <https://doi.org/10.17523/bia.v72n1p77>.
- 542 Martins, J.S., Genova, J.L., Leal, I.F., Barbosa, K.A., Santos, L.B. de A., Rupolo, P.E., Reis,
543 L.E., Oliveira, N.T.E. de, Carvalho, P.L. de O., Bruno, L.D.G., 2021. Potential impacts
544 of guava seed meal on piglet feeding as a dietary fibre alternative. *Journal of Applied*
545 *Animal Research*. 49, 330–339. <https://doi.org/10.1080/09712119.2021.1961780>.

- 546 Mateos, G.G., Martín, F., Latorre, M.A., Vicente, B., Lázaro, R., 2006. Inclusion of oat hulls
547 in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. *Animal Science* 82, 57–
548 63. <https://doi.org/10.1079/ASC20053>.
- 549 Mateos, G.G., López, E., Latorre, M.A., Vicente, B., Lázaro, R.P., 2007. The effect of
550 inclusion of oat hulls in piglet diets based on raw or cooked rice and maize. *Animal*
551 *Feed Science and Technology* 135, 100–112.
552 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.07.006>.
- 553 McDonald, D.E., Pethick, D.W., Mullan, B.P., Hampson, D.J., 2001. Increasing viscosity of
554 the intestinal contents alters small intestinal structure and intestinal growth, and
555 stimulates proliferation of enterotoxigenic *Escherichia coli* in newly-weaned pigs.
556 *British Journal of Nutrition* 86, 487–498. <https://doi.org/10.1079/BJN2001416>.
- 557 McGhee, M.L., Stein, H.H., 2021. Inclusion of hybrid rye in diets for weanling pigs does not
558 compromise daily gain, but may reduce diarrhea incidence despite pigs having
559 preference for consuming corn over hybrid rye. *Animal Feed Science and Technology*
560 281. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115113>.
- 561 Medel, P., Salado, S., de Blas, J.C., Mateos, G.G., 1999. Processed cereals in diets for early-
562 weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology* 82, 145–156.
563 [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00111-X](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00111-X).
- 564 Mejicanos, G.A., Regassa, A., Nyachoti, C.M., 2017. Effect of high canola meal content on
565 growth performance, nutrient digestibility and fecal bacteria in nursery pigs fed either
566 corn or wheat based diets. *Animal Feed Science and Technology* 231, 59–66.
567 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.06.012>.
- 568 Mejicanos, G.A., González-Ortiz, G., Nyachoti, M., 2020. Effect of dietary supplementation
569 of xylanase in a wheat-based diet containing canola meal on growth performance,

- 570 nutrient digestibility, organ weight, and short-chain fatty acid concentration in digesta
571 when fed to weaned pigs 1. American Society of Animal Science.
572 <https://doi.org/10.1093/jas/skaa064/5760767>.
- 573 Mekbungwan, A., Yamauchi, K., 2004. Growth performance and histological intestinal
574 alterations in piglets fed dietary raw and heated pigeon pea seed meal. *Histology and*
575 *Histopathology* 19, 381-389. <https://doi.org/10.14670/HH-19.381>.
- 576 Molist, F., de Segura, A.G., Gasa, J., Hermes, R.G., Manzanilla, E.G., Anguita, M., Pérez,
577 J.F., 2009. Effects of the insoluble and soluble dietary fibre on the physicochemical
578 properties of digesta and the microbial activity in early weaned piglets. *Animal Feed*
579 *Science and Technology* 149, 346–353.
580 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.06.015>.
- 581 Molist, F., Hermes, R.G., de Segura, A.G., Martí-N-Orúe, S.M., Gasa, J., Manzanilla, E.G.,
582 Pérez, J.F., 2011. Effect and interaction between wheat bran and zinc oxide on
583 productive performance and intestinal health in post-weaning piglets. *British Journal of*
584 *Nutrition* 105, 1592–1600. <https://doi.org/10.1017/S0007114510004575>.
- 585 Nepomuceno, R.C., Watanabe, P.H., Freitas, E.R., de Carvalho, L.E., de Oliveira, E.L.,
586 Gomes, T.R., Aguiar, G.C., Candido, R.S., Ferreira, J.L., Veira, A.M., 2018. Neutral
587 detergent fibre in piglet diets: Digestibility, performance, and deposition of body
588 nutrients. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 90, 439–448.
589 <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720150532>.
- 590 Ngoc, T.T.B., Len, N.T., Lindberg, J.E., 2013. Impact of fibre intake and fibre source on
591 digestibility, gut development, retention time and growth performance of indigenous
592 and exotic pigs. *Animal* 7, 736–745. <https://doi.org/10.1017/S1751731112002169>.

- 593 Owusu-Asiedu, A., Patience, J.F., Laarveld, B., van Kessel, A.G., Simmins, P.H., Zijlstra,
594 R.T., 2006. Effects of guar gum and cellulose on digesta passage rate, ileal microbial
595 populations, energy and protein digestibility, and performance of grower pigs. *Journal*
596 *of Animal Science* 84, 843–852. <https://doi.org/10.2527/2006.844843x>.
- 597 Pascoal, L.A.F., Thomaz, M.C., Watanabe, P.H., Ruiz, S., Ezequiel, J.M., Bertocco, Amorim,
598 A.B., Daniel, E., Masson, G.C., Iselda, 2012. Fiber sources in diets for newly weaned
599 piglets. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41, 636–642. [https://doi.org/10.1590/S1516-](https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000300024)
600 [35982012000300024](https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000300024).
- 601 Pascoal, L.A.F., Thomaz, M.C., Watanabe, P.H., Ruiz, U. dos S., Amorim, A.B., Daniel, E.,
602 da Silva, S.Z., 2015. Purified cellulose, soybean hulls and citrus pulp as a source of
603 fiber for weaned piglets. *Sci Agric* 72, 400–410. [https://doi.org/10.1590/0103-9016-](https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0210)
604 [2014-0210](https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0210).
- 605 Pierce, K.M., Callan, J.J., McCarthy, P., O’Doherty, J. v., 2007. The interaction between
606 lactose level and crude protein concentration on piglet post-weaning performance,
607 nitrogen metabolism, selected faecal microbial populations and faecal volatile fatty acid
608 concentrations. *Animal Feed Science and Technology* 132, 267–282.
609 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.02.010>.
- 610 Pluske, J.R., 2016. Invited review: Aspects of gastrointestinal tract growth and maturation in
611 the pre- and postweaning period of pigs. *Journal Animal Science* 94, 399–411.
612 <https://doi.org/10.2527/jas2015-9767>.
- 613 Pluske, J.R., Montagne, L., Cavaney, F.S., Mullan, B.P., Pethick, D.W., Hampson, D.J., 2007.
614 Feeding different types of cooked white rice to piglets after weaning influences starch
615 digestion, digesta and fermentation characteristics and the faecal shedding of β -

- 616 haemolytic *Escherichia coli*. *British Journal of Nutrition* 97, 298–306.
617 <https://doi.org/10.1017/S0007114507332534>.
- 618 R Core Team, 2013. R: a Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R
619 Foundation for Statistical Computing. Available from: <http://www.R-project.org/>.
- 620 Ramos, G.F., Júnior, C.D.S., Oliveira, J.A., Vasconcelos, T.S., Budiño, F.E.L., Ruiz, U.S.,
621 2016. Desempenho, frequência de diarreia, produção de fezes e custos de dietas com
622 teores crescentes de farelo de abacaxi para leitões desmamados. *Arquivo Brasileiro de*
623 *Medicina Veterinária e Zootecnia* 68, 1505–1515. [https://doi.org/10.1590/1678-4162-](https://doi.org/10.1590/1678-4162-8422)
624 [8422](https://doi.org/10.1590/1678-4162-8422).
- 625 Ribeiro, R.S., Pinho, M., Falcão-Cunha, L., Freire, J.P.B., 2013. The use of chestnuts
626 (*Castanea sativa* Mill.) as a source of resistant starch in the diet of the weaned piglet.
627 *Animal Feed Science and Technology* 182, 111–120.
628 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.04.009>.
- 629 Rosenfelder, P., Eklund, M., Mosenthin, R., 2013. Nutritive value of wheat and wheat by-
630 products in pig nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology* 185, 107-
631 125. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.07.011>.
- 632 Schiavon, S., Tagliapietra, F., Bailoni, L., Bortolozzo, A., Schiavon, S., Tagliapietra, F.,
633 Bailoni, L., Bortolozzo, A., Schiavon, S., Tagliapietra, F., Bailoni, L., 2004. Effects of
634 sugar beet pulp on growth and health status of weaned piglets on growth and health
635 status of weaned piglets. *Italian Journal of Animal Science* 3, 337–351.
636 <https://doi.org/10.4081/ijas.2004.337>.
- 637 Seerley, R.W., Vandergrift, W.L., Hale, O.M., 1988. Effect of particle size of wheat on
638 performance of nursery, growing and finishing pigs. *Journal of Animal Science* 66,
639 2484-2489. <https://doi.org/10.2527/jas1988.66102484x>.

- 640 Superchi, P., Saleri, R., Borghetti, P., Ferrarini, G., Cavalli, V., Sereni, M., Zavattini, S.,
641 Sabbioni, A., 2017. Effects of a dietary crude fibre concentrate on growth in weaned
642 piglets. *Animal* 11, 1905–1912. <https://doi.org/10.1017/S175173111700057X>.
- 643 Smits, C.H.M., Annison, G., 1996. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition -
644 towards a physiologically valid approach to their determination. *Worlds Poultry Science*
645 *Journal* 52, 203-221. <https://doi.org/10.1079/WPS19960016>.
- 646 Tran, H., Moreno, R., Hinkle, E.E., Bundy, J.W., Walter, J., Burkey, T.E., Miller, P.S., 2012.
647 Effect of corn distillers dried grains with solubles on growth performance and health
648 status indicators in weanling pigs. *Journal of Animal Science* 90, 790–801.
649 <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4196>.
- 650 Tsai, T., Dove, C.R., Cline, P.M., Owusu-Asiedu, A., Walsh, M.C., Azain, M., 2017. The
651 effect of adding xylanase or β -glucanase to diets with corn distillers dried grains with
652 solubles (CDDGS) on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs.
653 *Livestock Science* 197, 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.01.008>.
- 654 Tuśnio, A., Taciak, M., Barszcz, M., Święch, E., Bachanek, I., Skomial, J., 2017. Effect of
655 replacing soybean meal by raw or extruded pea seeds on growth performance and
656 selected physiological parameters of the ileum and distal colon of pigs. *PLoS One* 12.
657 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169467>.
- 658 Valencia, Z., Chavez', E.R., 1997. Lignin as a purified dietary fiber supplement for piglets,
659 *Nutrition Research* 17, 1517-1527. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(97\)00148-6](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(97)00148-6).
- 660 Vicente, B., Valencia, D.G., Pérez-Serrano, M., Lázaro, R., Mateos, G.G., 2008. The effects
661 of feeding rice in substitution of corn and the degree of starch gelatinization of rice on
662 the digestibility of dietary components and productive performance of young pigs.
663 *Journal of Animal Science* 86, 119–126. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-697>.

- 664 Wang, L.F., Beltranena, E., Zijlstra, R.T., 2016. Diet nutrient digestibility and growth
665 performance of weaned pigs fed sugar beet pulp. *Animal Feed Science and Technology*
666 211, 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.11.005>.
- 667 Wang, L.F., Beltranena, E., Zijlstra, R.T., 2017. Nutrient digestibility of chickpea in ileal-
668 cannulated finisher pigs and diet nutrient digestibility and growth performance in
669 weaned pigs fed chickpea-based diets. *Animal Feed Science and Technology* 234, 205–
670 216. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.10.004>.
- 671 Wang, L.F., Zhang, H., Beltranena, E., Zijlstra, R.T., 2018. Diet nutrient and energy
672 digestibility and growth performance of weaned pigs fed hulled or hull-less barley
673 differing in fermentable starch and fibre to replace wheat grain. *Animal Feed Science*
674 *and Technology* 242, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.05.012>.
- 675 Wellock, I.J., Fortomaris, P.D., Houdijk, J.G.M., Wiseman, J., Kyriazakis, I., 2008. The
676 consequences of non-starch polysaccharide solubility and inclusion level on the health
677 and performance of weaned pigs challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli*.
678 *British Journal of Nutrition* 99, 520–530. <https://doi.org/10.1017/S0007114507819167>.
- 679 Williams, B.A., Verstegen, M.W.A., Tamminga, S., 2001. Fermentation in the large intestine
680 of single-stomached animals and its relationship to animal health. *Nutrition Research*
681 *Reviews* 207–227. <https://doi.org/10.1079/NRR200127>.
- 682 Yang, Z., Urriola, P.E., Hilbrands, A.M., Johnston, L.J., Shurson, G.C., 2019. Growth
683 performance of nursery pigs fed diets containing increasing levels of a novel high-
684 protein corn distillers dried grains with solubles. *Translational Animal Science* 3, 38–
685 47. <https://doi.org/10.1093/tas/txy101>.
- 686 Young Jin, K., Su Hong, J., Wook Sin, D., Kon Kang, H., Young Jo, Y., il Lee, G., Hao Jin,
687 X., Cheol Jang, J., Hark Jeong, J., Yong Kim, Y., 2019. Evaluation of barley to replace

- 688 milk by-product in weaning pig's diet. *Journal of Animal Science and Technology* 61,
689 77–86. <https://doi.org/10.5187/jast.2019.61.2.77>.
- 690 Yu, C., Zhang, S., Yang, Q., Peng, Q., Zhu, J., Zeng, X., Qiao, S., 2016. Effect of high fibre
691 diets formulated with different fibrous ingredients on performance, nutrient digestibility
692 and faecal microbiota of weaned piglets. *Archives of Animal Nutrition* 70, 263–277.
693 <https://doi.org/10.1080/1745039X.2016.1183364>.
- 694 Zaworska-Zakrzewska, A., Kasproicz-Potocka, M., Mikuła, R., Taciak, M., Pruszyńska-
695 Oszmałek, E., Frankiewicz, A., 2020. Growth performance, gut environment and
696 physiology of the gastrointestinal tract in weaned piglets fed a diet supplemented with
697 raw and fermented narrow-leaved lupine seeds. *Animals* 10, 1–14.
698 <https://doi.org/10.3390/ani10112084>.
- 699 Zhou, X., Beltranena, E., Zijlstra, R.T., 2016. Effect of feeding wheat- or barley-based diets
700 with low or and high nutrient density on nutrient digestibility and growth performance
701 in weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology* 218, 93–99.
702 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.05.011>.

CAPÍTULO III⁴

⁴ Elaborado conforme as normas da revista *Animal Feed Science and Technology*

1 **FATORES NUTRICIONAIS QUE AFETAM O CONSUMO VOLUNTÁRIO DE**
2 **LEITÕES DESMAMADOS ALIMENTADOS COM INGREDIENTES FIBROSOS**

3

4

5

6

7

8

9 **AUTORES E INSTITUIÇÕES**

10

11

12

13

14

15

16

17 ***Autor correspondente:**

18 Jone Rodrigues da Silva.

19 **Endereço de e-mail:** jonerodrigues.zoo@hotmail.com

20 **Endereço Postal:**

21 Av. Bento Gonçalves 7712

22 Porto Alegre, RS – Brazil

23 ZIP Code 91540-000

24 **Resumo**

25 Objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar os fatores nutricionais que possam interferir no
26 consumo voluntário de leitões desmamados, a partir de diferenças na concentração e nos tipos
27 de fibra das dietas. Para isso, foram utilizados 32 leitões machos não castrados, desmamados
28 aos 21 dias de idade ($5,21 \pm 0,61$ kg), distribuídos em um delineamento de blocos ao acaso
29 em esquema fatorial 2×4 , sendo dois teores de fibra (baixo e alto teor de fibra) e quatro
30 dietas (1: controle; 2: fibra solúvel; 3: fibra insolúvel e 4: controle + propionato de cálcio).
31 Avaliou-se a capacidade de retenção de água (CRA) das dietas, o coeficiente de
32 digestibilidade aparente total (CDAT) dos componentes das dietas, energia, desempenho,
33 hemograma, tempo de trânsito das dietas, incidência de diarreia e concentração de ácidos
34 graxos de cadeia curta (AGCC) fecal. A dieta fibra insolúvel (FIN) apresentou menor
35 resultado para CDAT dos componentes das dietas. Verificou-se efeito isolado ($P < 0,05$) das
36 dietas no ganho médio diário (GMD) do período total, as dietas, controle e controle com
37 adição de propionato foram melhores que a dieta FIN. Para o hemograma, a dieta fibra solúvel
38 (FSL) aumentou ($P < 0,05$) a quantidade de linfócitos e plaquetas. A concentração de AGCC
39 fecal foi influenciada apenas no efeito isolado das dietas, sendo que a dieta FSL aumentou
40 ($P < 0,05$) a quantidade de ácido isobutírico e isovalérico. A concentração de fibra nas dietas
41 pode afetar a digestibilidade dos nutrientes e o GMD dos leitões, influenciado principalmente
42 pela fração insolúvel, sem reflexos no consumo de ração e na concentração fecal dos
43 principais AGCC.

44

45 **PALAVRAS-CHAVE:** AGCC, fibra, hemograma, leitões desmamados, diarreia

46

47

48

49 **1 Introdução**

50 A alimentação de leitões na fase pós desmame é o período mais desafiador da
51 produção de suínos. Durante esse período ocorrem mudanças histológicas bioquímicas,
52 fisiológicas, nutricionais e socioambientais que comprometem o desempenho dos leitões
53 (Denck et al., 2017).

54 A maioria das dietas para leitões recém desmamados contem proteínas vegetais e
55 animais altamente digestíveis, porém há uma tendência crescente de incluir mais ingredientes
56 fibrosos na dieta desses animais (Li et al., 2018). No entanto é importante estabelecer
57 estratégias que possam promover essa inclusão sem prejudicar o desempenho de crescimento
58 dos leitões. A inclusão de fibra na dieta de leitões ainda é vista com precaução, pois nessa fase
59 esses animais possuem capacidade limitada de digerir ingredientes fibrosos (Knudsen and
60 Jørgensen, 2001). Além disso, dietas ricas em fibras tem potencial de afetar adversamente a
61 utilização de energia e nutrientes e, conseqüentemente, resultar em menor desempenho dos
62 animais (Agyekum et al., 2015)

63 Contudo, a fibra pode ser benéfica devido a certos efeitos fisiológicos, como o
64 aumento das taxas de secreções gástricas e intestinais, renovação dos enterócitos e estímulo à
65 motilidade intestinal (Whitney et al., 2006). Além disso, a fibra pode ser utilizada com
66 propósito de possibilitar a modulação da microbiota intestinal, uma vez que a fração fibrosa
67 não é digerida enzimaticamente, ficando disponível para fermentação microbiana no intestino
68 grosso (Molist et al., 2009), propiciando substratos benéficos aos animais, como os ácidos
69 graxos de cadeia curta (AGCC) (Ramos et al., 2016).

70 Embora a tecnologia e o conhecimento na área de nutrição animal tenham expandido
71 relevantemente nos últimos anos, o conhecimento sobre a fibra alimentar ainda é limitado,
72 principalmente devido a diversidade desse componente (Lee et al., 2022).

73 A fibra dietética foi dividida em fibra solúvel e insolúvel de acordo com seu caráter de
74 solubilidade (Chen et al., 2020). Há relatos na literatura que afirmam que a fibra insolúvel
75 ajuda a manter a função intestinal normal, porém, pode diminuir a ingestão de alimentos e a
76 digestibilidade dos nutrientes (Agyekum and Nyachoti, 2017). A fibra solúvel pode aumentar
77 a viscosidade da digesta, impedir o contato entre nutrientes e enzimas digestivas e dificultar a
78 absorção de nutrientes (Knudsen, 2001), mas pode servir como substrato para a fermentação
79 microbiana para produzir AGCC (Pascoal et al., 2015). Esses AGCC provenientes da
80 fermentação microbiana podem contribuir para o suprimento da exigência energética dos
81 suínos, esse aporte de energia pode variar de 5 a 30% dependendo da idade e das condições
82 fisiológicas dos animais (Knudsen et al., (1993).

83 Dessa forma, o tipo de fibra a ser incluída na dieta de leitões é discutível, uma vez que
84 até o presente momento nenhum estudo relatou o método ideal de suplementação de fibra no
85 período de desmame dos leitões (Chen et al., 2020).

86 Com base nisso, levantamos a hipótese de que os tipos de fibra (solúvel e insolúvel) da
87 dieta e a concentração de AGCC provenientes da fermentação microbiana influenciam no
88 consumo voluntário de ração de leitões após o desmame. Assim, objetivou-se avaliar os
89 fatores nutricionais que possam interferir no consumo voluntário de leitões desmamados, a
90 partir de diferenças na concentração e nos tipos de fibra das dietas.

91 **2 Material e métodos**

92 **2.1 Local e procedimentos**

93 O ensaio experimental foi realizado no Laboratório de Ensino Zootécnico (LEZO) da
94 Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), localizado na cidade de Porto Alegre,
95 Rio grande do Sul, Brasil (30° 1' 40" S, 51° 13' 43" W).

96 Os procedimentos experimentais descritos foram avaliados e aprovados pela
97 Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Rio Grande do
98 Sul (UFRGS) com número de aprovação 41479.

99

100 **2.2 Design e dietas experimentais**

101 Foram utilizados 32 leitões machos não castrados de linhagem comercial,
102 desmamados aos 28 dias de idade com peso médio de $5,21 \pm 0,61$ kg. Os leitões foram
103 alojados individualmente em gaiolas adaptadas para estudos metabólicos equipadas com
104 bebedouros automáticos e comedouros manuais, em ambiente com temperatura controlada.
105 Durante o período experimental a temperatura variou entre 25 e 32 °C. Os animais foram
106 distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×4 , sendo
107 dois teores de fibra (baixo e alto teor) e quatro dietas com diferentes combinações de
108 ingredientes, dieta 1: Controle (soro de leite + lactose); dieta 2: fibra solúvel (polpa de
109 beterraba); dieta 3: fibra insolúvel (f.arroz + celulose) e dieta 4: controle + propionato (soro
110 de leite + lactose + propionato de cácio), totalizando oito tratamentos com quatro repetições,
111 sendo cada unidade experimental constituída por um animal. Na formação das repetições
112 procurou-se equalizar o peso médio de cada tratamento. As dietas atenderam as exigências
113 dos animais (Tabela 1) conforme as recomendações do NRC (2012).

114

115 **2.3 Ensaio de digestibilidade**

116 Os animais foram submetidos a um período de adaptação de dois dias e receberam
117 uma dieta comum a todos. Não foi utilizado antibiótico durante o ensaio experimental, os
118 animais que necessitaram de tratamento foram tratados de forma individual.

119 **Tabela 1.** Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais.

Ingredientes (%)	Baixo teor de fibra (BTF)				Alto teor de fibra (ATF)			
	Cont.	FSL	FIN	Cont+prop	Cont.	FSL	FIN	Cont+prop ¹
Arroz polido	37,12	37,12	37,12	36,88				
Milho grão					10,04	10,04	10,04	9,81
Cevada					14,00	14,00	14,00	14,00
Soro de leite	12,33	12,33	12,33	12,33	16,44	16,44	16,44	16,44
Leite desnatado pó	10,00	10,00	10,00	10,00				
Farelo de trigo					8,00	8,00	8,00	8,00
plasma sanguíneo	5,00	5,00	5,00	5,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Prot. Isol. Soja	5,00	5,00	5,00	5,00				
Glúten milho 60	4,00	4,00	4,00	4,00	3,95	3,95	3,95	3,95
Farelo de soja 46	3,16	3,16	3,16	3,16	22,39	22,39	22,39	22,39
óleo soja deg.	3,15	3,15	3,15	3,15	4,71	4,71	4,71	4,71
Açúcar	2,00	2,00	2,00	2,00				
Calcário calc.	1,13	1,13	1,13	0,86	0,95	0,95	0,95	0,68
Fosfato bicalc.	0,82	0,82	0,82	0,82	0,84	0,84	0,84	0,84
Sal comum					0,30	0,30	0,30	0,30
L-Lisina HCl	0,35	0,35	0,35	0,35	0,46	0,46	0,46	0,46
Acidificante	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Óxido de Zinco 78%	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25
Colina-Cl -60%	0,13	0,13	0,13	0,13	0,03	0,03	0,03	0,03
DL-Metionina	0,10	0,10	0,10	0,10	0,14	0,14	0,14	0,14
Mineral Premix ⁽²⁾	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Vitamin Premix ⁽³⁾	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
L-treonina	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05

Tratamentos (15%) ⁽⁴⁾

Lactose	7,5			6,5	7,5			6,5
Soro de Leite	7,5			7,5	7,5			7,5
Polpa de beterraba		15,0				15,0		
Farelo de arroz			7,5				7,5	
Celulose			7,5				7,5	
Ácido propiônico**				1,0				1,0
Total (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Composição nutricional (analisada)

Matéria seca (%)	92,50	91,30	92,08	92,60	92,4	91,22	92,07	92,4
EM (kcal/kg)	3538	3458	3346	3552	3350	3267	3155	3365
Proteína bruta (%)	20,67	21,12	20,8	20,67	21,30	21,75	21,42	21,30
Extrato etéreo (%)	4,00	4,07	5,019	4,00	6,30	6,38	7,32	6,30
Matéria mineral (%)	5,87	6,24	5,91	5,87	6,59	7,07	6,73	6,59
Cálcio (%)	0,90	0,97	0,85	0,90	0,80	0,87	0,76	0,80
P total (%)	0,52	0,48	0,60	0,52	0,65	0,61	0,72	0,65
P disponível (%)	0,44	0,40	0,41	0,44	0,44	0,40	0,41	0,44
Sódio (%)	0,38	0,35	0,33	0,38	0,38	0,36	0,33	0,38
Cloro (%)	0,54	0,45	0,44	0,54	0,65	0,58	0,57	0,65
Potássio (%)	0,75	0,69	0,70	0,75	1,16	1,10	1,11	1,16
Colina (mg/kg)	1400	1557	1382	140	1400	1556	1382	1400
Lis digestível (%)	1,39	1,37	1,36	1,39	1,39	1,37	1,36	1,39
Met digestível (%)	0,44	0,44	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43
Met+cis digestível (%)	0,77	0,75	0,77	0,77	0,77	0,75	0,77	0,77
Arg digestível (%)	1,03	1,03	1,07	1,03	1,13	1,13	1,17	1,13

Treo digestível (%)	0,82	0,79	0,80	0,82	0,82	0,79	0,80	0,82
Tript digestível (%)	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Valina digestível (%)	1,01	1,00	1,01	1,01	0,92	0,91	0,92	0,92
FB (%)	0,62	3,31	6,99	0,62	2,83	5,51	9,19	2,83
FDN (%)	1,63	7,78	10,58	1,63	9,89	16,04	18,83	9,89
FSolúvel (%)	0,64	5,14	0,83	0,64	3,47	7,97	3,66	3,47
FINsolúvel (%)	1,49	7,94	10,12	1,49	9,40	15,84	18,02	9,40
Lactose (%)	26,75	14	14	25,75	24,75	12,00	12,00	23,75
Amido (%)	27,60	27,6	29,25	27,60	17,23	17,17	18,82	17,23
CRA (g/g)	2,17	3,89	2,80	2,13	3,26	4,87	3,59	3,13

120 ¹Dietas - Contr, controle; FSL, fibra solúvel; FIN, fibra insolúvel; Cont+prop, controle mais
121 propionato de cálcio. ²Pré-mistura mineral - composição por kg de premix: Zn 156000 mg, Cu
122 17300 mg, Fe 115000 mg, Mn 57400 mg, I 1420 mg, Se 520 mg ³Pré-mistura vitamínica -
123 composição por kg de ração Vitamina A 24608000 UI, Vitamina D3 5414000 UI, Vitamina E
124 148000 UI, Vitamina K3 10700 mg, Vitamina B1 3650 mg, Vitamina B2 13500 mg,
125 Vitamina B6 7250 mg, Vitamina B12 75 mg, Niacina 107000 mg, Ácido Pantotênico 54200
126 mg, Ácido Fólico 1150 mg, Biotina 360 mg. ⁴Percentual de inclusão dos ingredientes testes na
127 dieta. ⁵Valores nutricionais dos ingredientes proposto pelo NRC (2012).

128 ** Como propionato de cálcio =1,27%

129

130 O ensaio teve duração de 20 dias contando os períodos de desempenho e metabolismo,
131 a coleta total de fezes e urina foi realizada nos últimos 5 dias do ensaio. Os leitões receberam
132 água e ração a vontade, porém toda ração adicionada e as sobras foram quantificadas para
133 conhecimento do total de ração fornecida diariamente.

134 As fezes foram coletadas no período da manhã e foram armazenadas e congeladas (-
135 20°C) para análises posteriores. Para identificar o início da coleta de fezes, foi adicionado
136 óxido de ferro (0,3% Fe₂O₃) como marcador fecal na primeira dieta, o mesmo procedimento
137 foi utilizado no primeiro dia pós-ensaio para identificar o término das coletas.

138 A coleta de urina iniciou 24h após o fornecimento da primeira refeição marcada,
139 continuando ininterruptamente durante o ensaio, com intervalos de coleta de 24 horas,
140 registrando-se a produção total diariamente. Após a homogeneização coletava-se 10% do
141 volume total de urina que foram congeladas (-20°C) para análises posteriores. Diariamente
142 foram adicionados 20ml de H₂SO₄ nos recipientes de coleta de urina para manter o pH ácido e
143 evitar volatilização de amônia.

144

145 **2.4 Ensaio de desempenho**

146 O ensaio de desempenho foi realizado em conjunto com o de metabolizabilidade nas
147 gaiolas adaptadas para estudo metabólico, o período total do ensaio foi de 20 dias.

148 Os animais receberam ração e água à vontade durante todo o ensaio. Foram realizadas
149 medidas diárias de consumo pela diferença de ração fornecida e sobras no cocho. Os animais
150 foram pesados no 1º, 14º e 20º dia de ensaio, foram determinados o ganho médio diário de
151 peso (GMDP), o consumo médio de ração (CMDR) e a eficiência alimentar (EA).

152 **2.5 Capacidade de retenção de água da ração**

153 A capacidade de retenção de água (CRA) das rações foi analisada usando uma
154 adaptação do método de filtração proposto por (Robertson and Eastwood, 1981). Uma
155 amostra seca de 5 g foi embebida em 200 ml de água destilada durante 24 h à temperatura
156 ambiente e depois filtrada. As amostras foram filtradas rapidamente e a filtração foi concluída
157 após 10 min. Uma amostra do resíduo foi pesada antes de secar (peso úmido) durante a noite
158 em estufa a 105 °C e pesada novamente pela manhã (peso seco). Foi analisada também a

159 CRA dos principais ingredientes fibrosos utilizados nas dietas (cevada, trigo, polpa de
160 beterraba e celulose). A CRA foi calculada como grama de água por grama de matéria natural.

161

$$162 \quad CRA = \frac{\textit{Peso úmido da amostra} - \textit{Peso seco da amostra}}{\textit{Peso seco da amostra}}$$

163 Onde:

164 CRA= Capacidade de retenção de água

165

166 **2.6 Hemograma**

167 No final do ensaio foram coletadas amostras de sangue de todos os leitões por meio de
168 punção na veia cava anterior, as amostras foram armazenadas em tubos de vidro
169 heparinizados e imediatamente resfriadas. O hemograma foi analisado no Laboratório de
170 Análises Clínicas da Faculdade de Veterinária da UFRGS, foram determinadas as
171 concentrações de hemoglobina (g/dL), hematócrito (%), eritrócitos (μL), leucócitos (μL),
172 monócitos (μL), linfócitos (μL), proteína plasmática (g/dL), plaquetas (μL), volume
173 corpuscular médio (V.C.M) (fL) e a concentração de hemoglobina corpuscular média
174 (C.H.C.M) (%).

175

176 **2.7 Tempo de trânsito das dietas experimentais**

177 Durante o ensaio de metabolismo foi determinado o tempo de trânsito das dietas, por
178 meio da mensuração do tempo gasto entre a ingestão do alimento marcado com o óxido
179 férrico e o aparecimento das primeiras fezes com traços do marcador.

180 **2.8 Incidência de diarreia**

181 Para verificar a influência das dietas experimentais sobre a incidência de diarreia, foi
182 realizado o levantamento dos escores fecais dos leitões durante o ensaio. A consistência das
183 fezes foi observada duas vezes ao dia, às 8h00 e às 17h00, através de análise visual, seguindo
184 os seguintes escores: 1- fezes líquidas; 2 - fezes macias sem forma definidas; 3 - fezes macias
185 bem formadas e 4 – fezes duras secas, sendo que os escores 3 e 4 foram considerados fezes não
186 diarreicas e 1 e 2 diarreicas, as observações foram realizadas por uma única pessoa durante
187 toda avaliação.

188

189 **2.9 Concentração de ácidos graxos de cadeia curta fecal**

190 Para determinar a concentração de AGCC fecal, as amostras de fezes foram coletadas
191 imediatamente após a defecação, homogeneizadas e pesadas. 5 gramas de fezes foram
192 diluídas em 15 mL de solução de ácido fórmico a 16%, em seguida foram centrifugadas a
193 3000 x g por 10 min para a retirada do sobrenadante, esse processo foi realizado duas vezes,
194 após esse procedimento as amostras foram congeladas (-20°C) e enviadas para o laboratório.
195 A determinação das concentrações de AGCC fecal foram realizadas no Laboratório de Águas
196 e Alimentos do Departamento de Química da Universidade Estadual de Maringá por meio de
197 cromatografia em fase gasosa com detector de Ionização em chama (CG-DIC).

198

199 **2.10 Análises químicas**

200 As análises químicas das dietas, fezes e urina foram realizadas no Laboratório de
201 Nutrição Animal da UFRGS. Determinou-se a composição química das amostras,
202 considerando as seguintes análises e respectivos métodos analíticos da AOAC (1995): MS -
203 matéria seca (método número 930.15), PB - proteína bruta (método número 984.13), CZ -
204 cinzas (método número 942.05), EE - extrato etéreo (método número 920.39), FB - fibra bruta
205 (método número 978.10), FDN - fibra detergente neutro (Van Soest et al., 1991). Após a

206 obtenção dos resultados das análises laboratoriais das dietas e das fezes, foram calculados os
 207 coeficientes de digestibilidade aparente total (CDAT) de MS, PB, energia bruta (EB), energia
 208 metabolizável (EMAT) e coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB). O
 209 conteúdo energético da urina foi estimado em 9,17 kcal por g de N urinário (Morgan et al.,
 210 1975).

$$211 \quad CDAT = \frac{\text{Nutriente ingerido} - \text{Nutriente fecal}}{\text{Nutriente ingerido}} \times 100$$

$$212 \quad EMAT = \frac{\text{Energia bruta ingerida} - \text{Energia bruta fecal}}{\text{Matéria seca}}$$

$$213 \quad CMEB = \frac{\text{Energia metabolizável}}{\text{Energia bruta}} \times 100$$

214 Onde:

215 CDAT = Coeficiente de digestibilidade aparente total

216 EMAT = Energia metabolizável aparente total

217 CMEB = Coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta

218 **2.11 Análises estatísticas**

219 Os dados foram analisados como um arranjo fatorial 2×4 por meio do procedimento
 220 GLM (SAS. 1999). Foi realizada análise de variância (ANOVA) para determinar diferenças
 221 significativas. As médias de tratamentos que mostraram diferenças significativas no nível de
 222 probabilidade de $P \leq 0,05$ foram comparadas pelo teste de Tukey, também foram realizadas
 223 análise de regressão e correlação de Pearson (r) entre as variáveis. A análise do consumo
 224 diário de alimento ao longo do experimento foi realizada por GLM utilizando o dia do
 225 experimento como covariável.

226 3 Resultados

227 3.1 Digestibilidade

228 Nos CDAT de matéria seca, cinzas, proteína bruta, estrato etéreo e energia bruta foram
229 observadas influências apenas no efeito isolado dos fatores (Tabela 2). Os CDAT das dietas
230 foram superiores independentemente com baixo teor de fibra, com exceção do CDAT de
231 cinzas. De forma geral, a dieta CONT+PROP apresentou maiores ($P<0,05$) CDAT, enquanto
232 que os menores valores foram verificados na dieta FIN (Tabela 2).

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243 **Tabela 2.** Valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente total (CDAT) e
 244 coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) de leitões desmamados
 245 alimentados com dietas de baixo (BTF) ou alto teor de fibra (ATF).

Fatores	CDAT ⁽¹⁾					CMEB (%)
	MS (%)	CZ (%)	PB (%)	EE (%)	EB (%)	
Teor de fibra (TF)						
BTF	91,12	58,36	88,84	80,77	91,42	90,33
ATF	84,51	64,03	82,91	73,82	84,44	83,26
Dietas (D) ⁽²⁾						
CONT	91,06ab	59,83ab	88,00ab	80,99a	91,42ab	90,38ab
FSL	89,23b	61,74ab	85,31b	77,71a	89,28b	87,95b
FIN	79,55c	54,12b	81,60c	67,98b	79,32c	78,39c
CONT+PROP	91,42a	69,08a	88,58a	82,51a	91,70a	90,45a
EPM	1,43	6,30	2,08	5,73	1,48	1,61
C.V.%	1,13	7,43	1,66	5,49	1,17	1,27
TF	< 0,0001	0,0260	< 0,0001	0,0040	< 0,0001	< 0,0001
D	< 0,0001	0,0019	< 0,0001	0,0003	< 0,0001	< 0,0001
TF x D	0,5775	0,6238	0,4188	0,0838	0,3435	0,3726

246 ¹CDAT- MS, matéria seca; CZ, cinzas; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; EB, energia
 247 Bruta. ²Dietas - Cont., controle; FSL, fibra solúvel; FIN, fibra insolúvel; Cont.+prop, controle
 248 com propionato. As médias seguidas pelas mesma letras na coluna não diferem pelo teste de
 249 Tukey em P<0,05.

250

251 Foram detectadas interações significativas ($P < 0,05$) entre o teor de fibra e as dietas nos
252 CDAT da fibra bruta, fibra em detergente neutro e EMAT (Tabela 3). O CDAT de fibra bruta
253 e fibra em detergente neutro foram maiores nas dietas com baixo teor de fibra, embora não
254 tenha sido observado diferenças estatísticas entre as dietas FSL e fibra insolúvel (FIN).
255 Analisando o efeito isolado dos fatores, observou-se que nas dietas com baixo teor de fibra, a
256 controle com adição de propionato (CONT+PROP) apresentou maior CDAT da fibra bruta
257 em relação a dieta FIN, entre as dietas com alto teor de fibra, a FSL foi superior à dieta FIN.
258 Para o CDAT da fibra em detergente neutro, as dietas FSL, controle (CONT) e CONT+PROP
259 foram superiores à dieta FIN em ambos teores de fibra (Tabela 3).

260 A EMAT também apresentou resultado superior com baixo teor de fibra nas dietas.
261 Avaliando o efeito isolado dos fatores, observou-se diferenças significativas entre as quatro
262 dietas (CONT, FSL, FIN e CONT+PROP) com baixo teor de fibra, sendo que a dieta
263 CONT+PROP e FIN apresentaram maior e menor valor para EMAT, respectivamente. Já as
264 dietas CONT e CONT+PROP com alto teor de fibra foram melhores que as dietas FSL e FIN,
265 sendo observado pior resultado na dieta FIN (Tabela 3).

266

267

268

269

270

271

272

273

274 **Tabela 3.** Interação entre coeficientes de digestibilidade aparente total (CDAT) e energia
 275 metabolizável aparente (EMA) de leitões desmamados alimentados com dietas de baixo
 276 (BTF) ou alto teor de fibra (ATF), em diferentes formulações.

Fatores	Formulações (dietas)			
	CONT	FSL	FIN	CONT+PROP ¹
CDATFB, %				
BTF	78,11Aab	85,12Aab	6,68Ab	89,24Aa
ATF	59,34Bab	73,65Aa	14,74Ac	49,75Bb
CDATFDN, %				
BTF	78,41Aa	86,22Aa	24,07Ab	76,83Aa
ATF	57,57Ba	72,59Aa	34,13Ab	58,09Ba
EMA na MS, kcal/kg				
BTF	4192Ab	3971Ac	3825Ad	4341Aa
BTF	3924Ba	3717Bb	3223Bc	3883Ba

277 ¹Dietas – CONT, controle; FSL, fibra solúvel; FIN, fibra insolúvel; CONT+PROP, controle
 278 com propionato de cálcio. CDATFB, coeficiente de digestibilidade aparente total de fibra
 279 bruta; CDATFDN, coeficiente de digestibilidade aparente total de fibra em detergente neutro.
 280 As letras maiúsculas na coluna comparam o teor de fibra dentro de cada dieta e letras
 281 minúsculas na linha comparam diferentes dietas dentro de cada teor de fibra. As médias
 282 seguidas pelas mesma letras não diferem pelo teste de Tukey em P<0,05.

283

284 Na correlação entre a CRA, coeficiente de digestibilidade aparente total (CDAT) e
 285 coeficiente de metabolizabilidade (CMEB), observou-se resultados significativos (P>0,05)
 286 nos CDAT da MS, PB, EE e EB, demonstrando efeito negativo entre a CRA e esses CDAT.

287 Esses resultados sugerem que quanto maior for a capacidade de retenção de água, menor será
288 a digestibilidade desses componentes (Tabela 4).

289 O componente FDN apresentou altas correlações negativa e significativas ($P < 0,05$)
290 com quase todos os CDAT, a exceção foi o CDAT de CZ. Demonstrando que esse
291 componente afeta diretamente a digestibilidade dos nutrientes das dietas. O componente fibra
292 solúvel apresentou correlação fraca com os CDAT, sugerindo pouca influência na
293 digestibilidade dos componentes. Para os componentes não fibrosos, destaca-se a EM que
294 demonstrou forte correlação positiva ($P < 0,05$) com os CDAT da MS, PB, FB, EE, EB e
295 CMEB, indicando que o acréscimo de energia nas dietas, melhora os CDAT dos componentes
296 das dietas (Tabela 4).

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309 **Tabela 4.** Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre coeficiente de digestibilidade
 310 aparente total (CDAT) das dietas, coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta
 311 (CMEB), componentes das dietas e capacidade de retenção de água (CRA) em leitões
 312 desmamados alimentados com dietas de baixo ou alto teor de fibra.

CDAT ⁽¹⁾		FDN	FSL	Lactose	Amido	EM	CRA ²
CDATMS	R	-0,89	0,25	0,67	0,46	0,93	-0,42
	P valor	< 0,0001	0,1971	0,0001	0,0121	< 0,0001	0,0230
CDATCZ	R	-0,10	0,19	0,33	-0,37	0,12	0,06
	P valor	0,5896	0,3147	0,0845	0,0478	0,5289	0,7564
CDATPB	R	-0,90	-0,47	0,67	0,59	0,91	-0,60
	P valor	< 0,0001	0,0097	0,0001	0,0007	< 0,0001	0,0006
CDATFB	R	-0,64	0,14	0,49	0,15	0,71	-0,06
	P valor	0,0002	0,4558	0,0075	0,4082	< 0,0001	0,7417
CDATFDN	R	-0,58	0,21	0,40	0,15	0,66	0,01
	P valor	0,0011	0,2752	0,0316	0,4275	0,0001	0,9642
CDATEE	R	-0,71	-0,23	0,59	0,31	0,73	-0,40
	P valor	< 0,0001	0,2292	0,0007	0,0999	< 0,0001	0,0333
CDATEB	R	-0,91	-0,27	0,69	0,47	0,96	-0,45
	P valor	< 0,0001	0,1660	< 0,0001	0,0117	< 0,0001	0,0151
CMEB	R	-0,92	-0,29	0,69	0,48	0,97	-0,47
	P valor	< 0,0001	0,1388	< 0,0001	0,0101	< 0,0001	0,0116
CRA	R	0,75	0,97	-0,74	-0,57	-0,64	
	P valor	< 0,0001	0,0004	< 0,0001	0,0014	0,0002	

313 ¹CDATMS, matéria seca; CDATCZ, cinzas; CDATPB, proteína bruta; CDATFB, fibra bruta;
 314 CDATFDN, fibra em detergente neutro; CDATEE, extrato etéreo; CDATEB, energia bruta.

315 ²Componentes das dietas - FDN, fibra em detergente neutro; FSL, fibra solúvel; EM, energia
316 metabolizável.

317

318 **3.2 Desempenho de Crescimento**

319 Não foi observada interação ($P>0,05$) entre o teor de fibra e as dietas para o
320 desempenho dos leitões. No entanto, quando foi avaliado as dietas de forma isolada,
321 observou-se diferenças significativas ($P<0,05$) no GMD do período total, sendo que as dietas
322 CONT e CONT+PROP foram melhores que a dieta FSL (Tabela 5).

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333 **Tabela 5.** Efeito de dietas com baixo (BTF) ou alto teor de fibra (ATF) sobre o consumo
 334 médio diário de ração (CMDR), ganho médio diário (GMD) e eficiência alimentar (EA) em
 335 leitões desmamados.

Fatores	Peso (kg)			Período 0 a 14 dias			Período 0 a 20 dias		
	Inicial	14 dias	20 dias	CMDR (g)	GMD (g)	EA	CMDR (g)	GMD (g)	EA
Teor de fibra (TF)									
BTF	5,18	8,70	12,17	324,67	251,70	0,77	389,61	349,63	0,89
ATF	5,26	8,91	12,47	354,82	260,49	0,73	421,86	360,51	0,83
Dietas (D) ⁽¹⁾									
CONT	5,29	9,41	13,37	366,80	295,36	0,80	441,28	404,35a	0,91
FSL	5,15	8,14	10,71	290,36	213,30	0,72	341,68	277,85b	0,77
FIN	5,21	8,34	12,08	323,60	223,75	0,69	395,47	343,63ab	0,87
CONT+PROP	5,22	9,30	13,11	378,21	291,96	0,77	444,51	394,44a	0,89
EPM	0,71	1,47	1,49	66,41	70,37	0,12	74,90	86,04	0,13
C.V.%	9,12	12,58	13,71	15,29	23,96	12,86	14,37	25,65	11,55
TF	0,7505	0,7086	0,7112	0,2395	0,7422	0,4296	0,2638	0,7392	0,2070
D	0,9893	0,2708	0,1230	0,0818	0,0710	0,3797	0,0620	0,0480	0,2154
TF x D	0,9966	0,9342	0,9814	0,9899	0,7652	0,4027	0,9750	0,9769	0,7394

336 ¹Dietas – Cont., controle; FSL, fibra solúvel; FIN, fibra insolúvel; CONT.+PROP, controle
 337 com propionato. As médias seguidas pelas mesma letras na coluna não diferem pelo teste de
 338 Tukey em P<0,05.

339

340 A correlação entre CRA x desempenho apresentou valores de correlação de Pearson
 341 (r) negativos e significativos (P<0,05), nas variáveis GMD e EA aos 20 dias. Entre os
 342 componentes, FSL e lactose apresentaram valores significativos (P>0,05), sendo que para o

343 componente FSL, foi verificada correlação negativa nos parâmetros GMD e EA no período
 344 final, enquanto que a lactose demonstrou correlação positiva em todos os parâmetros (CMDR,
 345 GMD e EA) aos 14 dias de avaliação, além de CMDR e GMD no período final (Tabela 6).

346

347 **Tabela 6.** Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre o desempenho, componentes das
 348 dietas (FDN, FLS, lactose, amido e EM) e capacidade de retenção de água (CRA) em leitões
 349 desmamados alimentados com dietas de baixo ou alto teor de fibra.

Desempenho ⁽¹⁾		FDN	FSL	lactose	Amido	EM	CRA ²
CMDR 7 dias	r	-0,17	-0,13	0,35	-0,13	0,14	-0,20
	P valor	0,3691	0,5015	0,0622	0,4941	0,4699	0,2886
CMDR 14 dias	r	-0,13	-0,22	0,42	-0,23	0,06	-0,28
	P valor	0,5147	0,2519	0,0225	0,2361	0,7642	0,1402
GMD 14 dias	r	-0,31	-0,27	0,51	-0,07	0,25	-0,34
	P valor	0,1061	0,1560	0,0050	0,7262	0,1880	0,0679
EA 14 dias	r	-0,36	-0,23	0,37	0,15	0,34	-0,28
	P valor	0,0505	0,2270	0,0500	0,4339	0,0669	0,1444
CMDR 20 dias	r	-0,11	-0,26	0,41	-0,21	0,03	-0,31
	P valor	0,5660	0,1716	0,0258	0,2691	0,8604	0,1025
GMD 20 dias	r	-0,23	-0,37	0,46	-0,06	0,15	-0,41
	P valor	0,2315	0,0496	0,0115	0,7438	0,4364	0,0280
EA 20 dias	r	-0,31	-0,45	0,32	0,25	0,26	-0,44
	P valor	0,1005	0,0140	0,0936	0,1870	0,1811	0,0157

350 ¹ Desempenho - CMDR, consumo médio diário de ração; GMD, ganho médio diário; EA,
 351 eficiência alimentar. ²Componentes das dietas - FDN, fibra em detergente neutro; FSL, fibra
 352 solúvel; EM, energia metabolizável.

353

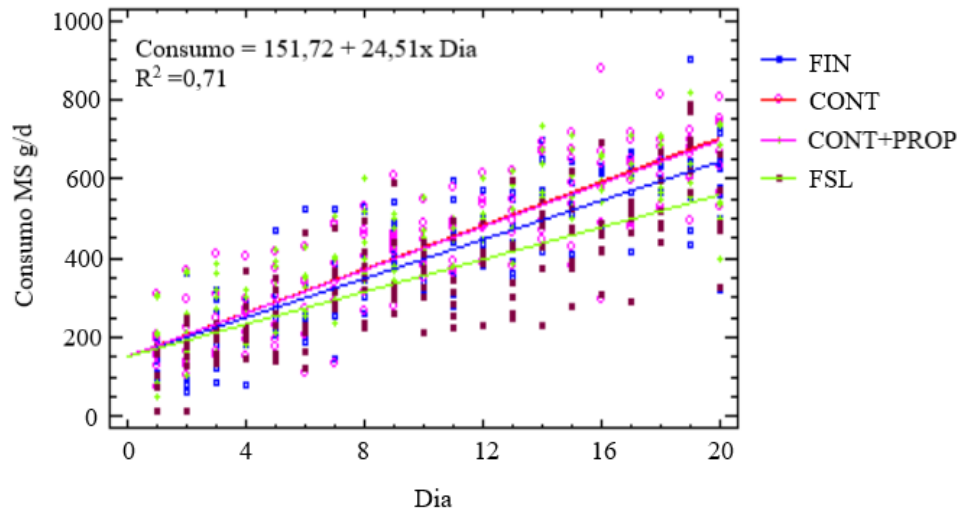
354 Referentemente ao consumo diário de ração, não foi observada interação ($P>0,05$)
 355 entre o teor de fibra e as dietas. Contudo, no efeito isolado dos fatores, observou-se diferença
 356 estatística ($P>0,05$) entre o teor de fibra (TF), com maior consumo de MS no alto teor de fibra
 357 (ATF) e, entre as dietas, sendo que a CONT e CONT+PROP apresentaram maiores
 358 consumos, enquanto que na dieta FSL foi verificado pior consumo de ração (Tabela 7).
 359 Resultado expressado também através da regressão simples (Figura 1).

360

361 **Tabela 7.** Consumo diário de ração com base na MS de leitões desmamados alimentados com
 362 dietas de baixo (BTF) ou alto teor de fibra (ATF), em diferentes formulações.

Fatores	Consumo de ração na MS g/d
Teor de Fibra (TF)	
BTF	396,25
ATF	433,79
Dietas (D) ¹	
CONT	445,62a
FSL	363,80c
FIN	401,96b
CONT+PROP	448,70a
EPM	90,45
C.V.%	70,51
TF	<0,0001
D	<0,0001
TF x D	0,4299

363 ¹Dietas – Cont., controle; FSL, fibra solúvel; FIN, fibra insolúvel; CONT.+PROP, controle
 364 com propionato. As médias seguidas pelas mesma letras na coluna não diferem pelo teste de
 365 Tukey em $P < 0,05$.



366

367 **Figura 1.** Regressão linear do consumo diário de ração na MS de leitões desmamados
 368 com inclusão de fibra nas dietas.

369

370 Não houve interação ($P > 0,05$) entre o teor de fibra e as dietas para o consumo de EM,
 371 porém foi observado efeito isolado no fator dietas. O teor de fibra não afetou ($P > 0,05$) o
 372 consumo médio de EM pelos leitões. Por outro lado, no fator dietas (D), a CONT e
 373 CONT+PROP apresentaram maior ($P < 0,05$) consumo de EM em comparação as dietas FSL e
 374 FIN (Figura 2).

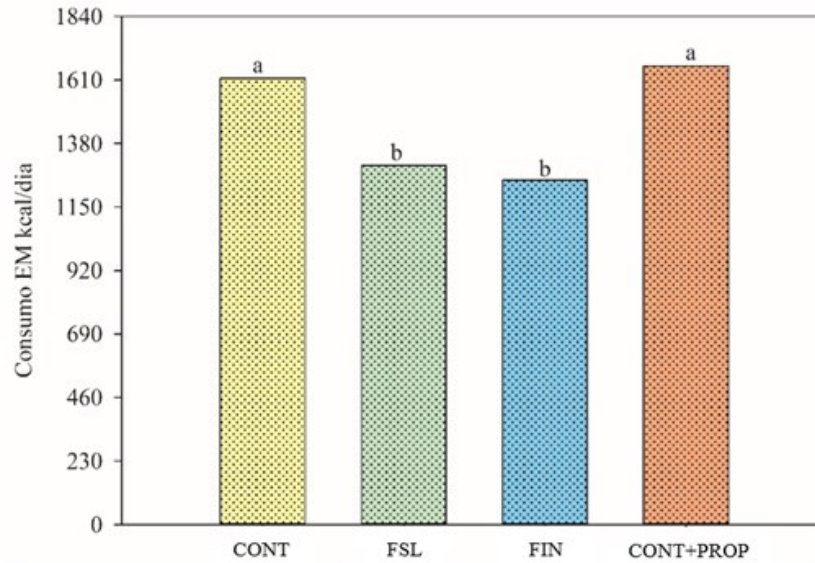
375

376

377

378

379



380

381 **Figra 2.** Consumo de energia metabolizável (EM) em leitões desmamados com inclusão de
 382 fibra nas dietas. CONT, controle; FSL, fibra solúvel; FIN, fibra insolúvel e CONT+PROP,
 383 controle mais adição de propionato de cálcio.

384 3.3 Capacidade de retenção de água

385 A dieta fibra solúvel (FSL) apresentou maior capacidade de retenção de água (CRA)
 386 em ambos teores de fibra (Tabela 1). Os componentes fibra em detergente neutro (FDN) e
 387 fibra solúvel apresentaram altas correlações positiva ($P < 0,05$) com a capacidade de retenção
 388 de água, indicando que quanto maior a concentração desses componentes, maior será a
 389 capacidade de retenção de água nas dietas. Por outro lado, o amido e energia metabolizável
 390 (EM), apresentaram correlações negativas moderadas ($r = -0,57$ e $-0,64$ respectivamente) com
 391 a capacidade de retenção de água e a lactose apresentou correlação negativa forte ($r = -0,74$),
 392 indicando redução na CRA das dietas com esses componentes (Tabela 4).

393

394 3.4 Hemograma

395 Não foi observada interação ($P > 0,05$) entre o teor de fibra e as dietas no hemograma
 396 dos leitões do presente estudo. No entanto, avaliando o efeito isolado dos fatores, observou-se

397 que aumentou ($P < 0,05$) independentemente as quantidades de hematócritos, linfócitos,
 398 leucócitos e eritrócitos com baixo teor de fibra, porém para os demais parâmetros não foram
 399 observadas diferenças estatísticas. Com relação às dietas, observou-se diferenças estatísticas
 400 ($P < 0,05$) para linfócitos e plaquetas. A quantidade de linfócitos foi maior na dieta FSL,
 401 enquanto que a dieta CONT apresentou menor quantidade de linfócitos, resultados
 402 semelhantes foram observados nas plaquetas (Tabela 8).

403

404 **Tabela 8.** Avaliação do hemograma de leitões desmamados alimentados com dietas de baixo
 405 (BTF) ou alto teor de fibra (BD).

Fatores	Hemograma ¹									
	Hb (g/dL)	Ht (%)	Linf. (μ L)	Leuc. (μ L)	Erit. (μ L)	Mon. (μ L)	P. Plas. (g/L)	Plaq. (μ L)	V.C.M. (fL)	C.H.C.M. (%)
Teor de fibra (TF)										
BTF	11,80	38,60	13284	23258	6,58	1496	56,50	464042	58,75	30,57
ATF	10,91	35,85	10278	19712	6,05	1485	54,10	456687	60,17	30,41
Dietas (D) ⁽²⁾										
CONT	10,52	34,75	10397b	20329	5,82	1731	53,33	390667c	59,82	30,23
FSL	12,00	39,21	14335a	21846	6,72	1612	58,88	569167a	59,90	30,68
FIN	11,40	37,38	11198ab	22600	6,42	1339	56,75	524625ab	58,34	30,49
CONT.+PROP	11,49	37,58	11196ab	21167	6,31	1281	52,25	357000bc	59,78	30,56
EPM	1,14	3,24	2,26	4,92	0,63	6,31	4,70	1,18	3,07	1,11
C.V.%	7,23	6,22	11,86	8,61	6,25	33,90	5,37	16,33	3,73	2,24
TF	0,0650	0,0450	0,0032	0,0839	0,0472	0,9661	0,2125	0,8837	0,2558	0,7268
D	0,1471	0,1190	0,0220	0,8388	0,0974	0,5372	0,0809	0,0248	0,7228	0,9020
TF x D	0,4427	0,2040	0,2630	0,4051	0,1468	0,0552	0,9325	0,0554	0,1104	0,2136

406 ¹ hemoglobina (Hb), hematócritos (Ht), linfócitos (Linf), leucócitos (Leuc), eritrócitos (Erit),
 407 monócitos (Mon), proteína plasmática (P. Plas), volume corpuscular médio (V.C.M.) e
 408 concentração da hemoglobina corpuscular (C.H.C.M). ²Dietas – Cont., controle; FSL, fibra

409 solúvel; FIN, fibra insolúvel; Cont.+prop, controle com propionato de cálcio. As médias
410 seguidas pelas mesma letras na coluna não diferem pelo teste de Tukey em $P < 0,05$.

411

412 3.5 Tempo de trânsito das dietas e incidência de diarreia

413 Não houve interação ou efeito isolado ($P > 0,05$) nos fatores para o tempo de trânsito
414 das dietas. Com relação ao escore fecal, também não foi observada interação ($P > 0,05$) entre
415 os fatores, porém observou-se efeito importante ($P < 0,05$) no fator teor de fibra. Os escores
416 foram mais altos com baixo teor de fibra em todos dias avaliados (Tabela 9).

417 **Tabela 9.** Escore fecal de leitões alimentados com dietas de baixo (BTF) ou alto teor de fibra
418 (BD).

Fatores	Idade animais (dias)						
	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°
Teor de fibra (TF)							
BTF	3,19	3,38	3,38	3,50	3,44	3,38	3,38
ATF	2,40	2,33	2,77	2,62	2,71	3,02	2,94
Dietas (D) ⁽¹⁾							
CONT	2,67	2,79	2,88	3,08	3,25	3,13	3,13
FSL	2,67	2,50	2,67	2,79	2,79	3,17	3,17
FIN	2,75	2,75	3,38	3,13	3,00	3,25	3,25
CONT+PROP	3,08	3,38	3,38	3,25	3,25	3,25	3,08
EPM	0,71	0,73	0,65	0,61	0,59	0,43	0,47
C.V.%	22,53	22,58	17,48	17,96	16,55	8,52	10,44
TF	0,0071	0,0010	0,0220	0,0010	0,0036	0,0402	0,0209
D	0,6595	0,1825	0,1230	0,5652	0,4309	0,9292	0,9129
TF x D	0,9618	0,7741	0,2045	0,7060	0,7793	0,0521	0,0526

419 ¹Dietas – Cont., controle; FSL, fibra solúvel; FIN, fibra insolúvel; Cont.+prop, controle com
420 propionato de cálcio.

421

422 **3.6 Concentração de ácidos graxos de cadeia curta fecal**

423 Não houve interação significativa entre os fatores avaliados nesse estudo na
424 concentração de AGCC fecal, foram verificados apenas efeitos isolados dos fatores. Todos as
425 concentrações de AGCC fecal avaliadas foram incrementados independentemente com o alto
426 teor de fibra. O somatório de todos os ácidos (AGCC_{Total}) com alto teor de fibra nas dietas
427 demonstrou um acréscimo de 95% comparado com baixo teor de fibra, sendo as médias
428 correspondentes a 634,63 mmol g⁻¹ MS e 325,30 mmol g⁻¹ MS para alto e baixo teor de fibra,
429 respectivamente (Tabela 10)

430 No efeito isolado das dietas foram observadas diferenças significativas apenas para o
431 ácido isobutírico e isovalérico. A dieta com fibra solúvel aumentou a concentração do ácido
432 isobutírico comparado a dieta com fibra insolúvel, não havendo diferenças significativas entre
433 as outras dietas. Para o ácido isovalérico as maiores concentrações foram observadas nas
434 dietas fibra solúvel e controle com propionato comparado a dieta de fibra insolúvel. (Tabela
435 10).

436

437

438

439

440

441

442

443 **Tabela 10.** Concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) fecal de leitões
 444 alimentados com dietas de baixo (BTF) ou alto teor de fibra (ATF).

Fatores	Concentração de AGCC fecal (mmol/g na MS)							
	Acet	Prop	But	Val	IsoB	IsoV	4Mval	AGCC _{Total} ¹
Teor de fibra (TF)								
BTF	261,84	78,10	43,21	20,26	17,07	20,11	1,49	325,30
ATF	522,83	180,98	80,14	31,66	25,82	27,61	2,22	634,63
Dietas ⁽²⁾								
CONT	314,62	105,93	50,43	26,16	19,70ab	22,77ab	1,72	391,20
FSL	484,64	147,1	70,90	28,65	24,02a	25,44a	2,01	584,10
FIN	408,97	155,04	60,82	23,49	19,51b	20,17b	1,83	493,27
CONT+PROP	361,22	110,10	64,55	25,54	22,56ab	27,06a	1,87	451,31
EPM	110,46	46,60	22,07	6,73	3,00	3,59	0,25	132,20
C.V.%	14,71	20,71	27,29	16,71	9,30	10,22	9,49	14,51
TF	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
D	0,0554	0,1304	0,3970	0,5440	0,0237	0,0073	0,2072	0,0805
TF x D	0,3083	0,2547	0,4934	0,2761	0,2700	0,187	0,1881	0,3541

445 ¹ Acet, ácido acético; Prop, ácido propiônico; But, ácido butírico; Val, ácido valérico; IsoB,
 446 ácido isobutírico; IsoV, ácido isovalérico; 4MVal, ácido 4-metil-valérico; AGCC_{Total}, ácidos
 447 graxos de cadeia curta total. ²Dietas - Cont., controle; FSL, fibra solúvel; FIN, fibra insolúvel;
 448 Cont.+prop, controle com propionato de cálcio. As médias seguidas pelas mesma letras na
 449 coluna não diferem pelo teste de Tukey em P<0,05.

450

451 A FDN e FSL bem como a CRA demonstraram altas correlações positivas (p<0,05)
 452 com as concentrações de AGCC fecal e também com AGCC_{Total}, sugerindo que quanto maior

453 a concentração desse componente maior é a concentração dos ácidos graxos de cadeia curta
454 fecal. O componente lactose não se correlacionou significativamente com nenhum dos ácidos
455 avaliados. O amido demonstrou correlações negativas significativas com todos os ácidos. No
456 entanto, foram verificadas correlações fortes apenas para o ácido acético, propiônico,
457 isobutírico, 4-metilvalérico e para o AGCC_{Total}, indicando que a maior concentração de amido
458 reduz a concentração destes ácidos. Ainda foram observadas correlações negativas fortes
459 entre a energia metabolizável e a concentração de ácido propiônico ($r=-0,74$ e $p<0,0001$)
460 (Tabela 11).

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478 **Tabela 11.** Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre a concentração dos ácidos graxos
 479 de cadeia curta (AGCC) fecal, componentes das dietas e capacidade de retenção de água
 480 (CRA) em leitões desmamados alimentados com dietas de baixo ou alto teor de fibra.

AGCC ¹		FDN	FSL	Lactose	Amido	EM	CRA ²
Acet	R	0,71	0,68	-0,44	-0,72	-0,68	0,68
	P valor	<0,0001	<0,0001	0,0166	<0,0001	<0,0001	0,0001
Prop	R	0,74	0,55	-0,44	-0,70	-0,74	0,58
	P valor	<0,0001	0,0018	0,0175	<0,0001	<0,0001	0,0009
But	R	0,56	0,56	-0,29	-0,65	-0,53	0,54
	P valor	0,0014	0,0017	0,1208	0,0001	0,0025	0,0026
Val	R	0,46	0,55	-0,16	-0,67	-0,44	0,51
	P valor	0,0125	0,0019	0,4132	0,0001	0,0175	0,0049
IsoB	R	0,56	0,69	-0,22	-0,81	-0,53	0,63
	P valor	0,0015	<0,0001	0,2531	<0,0001	0,0032	0,0003
IsoV	R	0,29	0,52	0,03	-0,69	-0,27	0,42
	P valor	0,1212	0,0034	0,8483	<0,0001	0,1632	0,0250
4Mval	R	0,66	0,65	-0,30	-0,82	-0,65	0,62
	P valor	0,0001	0,0001	0,1162	<0,0001	0,0001	0,0004
AGCC _{Total}	R	0,70	0,68	-0,42	-0,73	-0,67	0,67
	P valor	<0,0001	0,0001	0,0231	<0,0001	0,0001	0,0001

481 ¹ Acet, ácido acético; Prop, ácido propiônico; But, ácido butírico; Val, ácido valérico; IsoB,
 482 ácido isobutírico; IsoV, ácido isovalérico; 4MVal, ácido 4-metil-valérico; AGCC_{Total}, ácidos
 483 graxos de cadeia curta total. ²Componentes das dietas - FDN, fibra em detergente neutro; FSL,
 484 fibra solúvel; EM, energia metabolizável.

485

486 4 Discussão

487 A digestibilidade dos componentes nutricionais é um fator de grande relevância na
488 formulação de rações para leitões desmamados, pois nessa fase o sistema digestório desses
489 animais ainda está em desenvolvimento, dessa forma o aproveitamento dos nutrientes acaba
490 sendo comprometido. A redução nos coeficientes de digestibilidade da FB e FDN nas dietas
491 com alto teor de fibra, pode estar associado à maior quantidade de fibra na dieta, mas também
492 à menor capacidade fermentativa dos leitões. De forma geral a digestibilidade dos nutrientes
493 em suínos é afetada negativamente em dietas ricas em fibras (Agyekum and Nyachoti, 2017).
494 Levando em consideração os tipos de fibra, a dieta FSL com alto teor de fibra apresentou
495 melhor coeficiente de digestibilidade para FB e FDN. Essa fração é mais fermentável se
496 comparada à fibra insolúvel (Agyekum and Nyachoti, 2017) podendo ser melhor aproveitada
497 no intestino grosso. Assim, esse resultado pode ser atribuído a solubilidade da polpa de
498 beterraba em resposta a uma maior atividade fermentativa. Em contraste a isso, a dieta FIN
499 com alto teor de fibra reduziu o coeficiente de digestibilidade da FB e FDN. A fração
500 insolúvel tende a ser menos degradável, devido às ligações cruzadas com outros
501 polissacarídeos (Le Gall et al., 2009). Dentre eles, destaca-se a celulose, um dos principais
502 componentes da parede celular vegetal, altamente insolúvel e pouco fermentável (Bach
503 Knudsen, 2014). No presente estudo a quantidade de fibra insolúvel nas dietas com alto teor
504 de fibra foram elevados, ao passo que nestas mesmas dietas o teor de fibra solúvel era baixo,
505 de forma que era limitado o aporte de substrato energético fermentativo, o que pode ter
506 limitado a degradação da fibra insolúvel. Dessa forma, a redução da digestibilidade pode ser
507 atribuída ao mau uso de fibra insolúvel pelos suínos (Acosta et al., 2019).

508 O tratamento com adição de propionato de cálcio apresentou melhor resultado para
509 EMA nas dietas com baixo e alto teor de fibra, isso pode ser atribuído a menor quantidade de
510 fibra na dieta CONT+PROP. Além disso, o propionato de cálcio apresenta uma relevante

511 contribuição energética quando adicionados às dietas (Denck et al., 2017), isso pode ter
512 contribuído na diferença com a dieta CONT que também apresentava baixa quantidade de
513 fibra. A dieta FIN afetou de forma negativa a EMAT no presente estudo. Resultado diferente
514 ao encontrado por Pascoal et al. (2015), que não verificaram redução na digestibilidade dos
515 nutrientes e da energia metabolizável das dietas, ao avaliarem celulose purificada, casca de
516 soja e polpa cítrica como fonte de fibra para leitões desmamados. Contudo, outros estudos
517 (Noblet and Le Goff, 2001; Le Goff et al., 2002; Kim et al., 2022;) verificaram redução no
518 aproveitamento da energia com inclusão de fibra nas dietas. No presente estudo, esta redução
519 pode estar associada à elevada porcentagem de FDN da dieta. De acordo com Le Goff et al.
520 (2002), a digestibilidade da energia diminui linearmente 0,8% para cada percentual extra de
521 FDN na dieta. O efeito negativo no metabolismo energético com inclusão de fibra na dieta é
522 conhecido, no entanto ainda vem sendo amplamente estudado, com intuito de melhorar o
523 entendimento do seu funcionamento e conseqüentemente seu aproveitamento nas dietas
524 (Agyekum and Nyachoti, 2017).

525 Geralmente os ácidos orgânicos e seus sais são utilizados devido à sua atividade
526 antimicrobiana, que pode induzir uma redução do pH no trato gastrointestinal (Suiryanrayna
527 and Ramana, 2015), visando reduzir a diarreia pós desmame e melhorar o aproveitamento das
528 dietas. No entanto, esse não foi o objetivo do presente estudo, porém observou-se que o
529 tratamento com propionato de cálcio melhorou o CDAT dos componentes e o CMEB.
530 Possivelmente porque esses compostos além de reduzir o pH da digesta podem aumentar os
531 níveis de secreções pancreáticas (Lei et al., 2017), contudo esses resultados ainda são
532 inconsistentes na literatura. O componente FDN das dietas do presente estudo demonstrou forte
533 correlação negativa com o CDAT e CMEB das dietas, resultado semelhante ao encontrado em
534 outros estudos (Le Gall et al., 2009; Wang et al., 2018). No entanto não foi observado relação
535 negativa com o componente FSL, confirmado pela diferença nos resultados das dietas FSL e

536 FIN, tendo a dieta FIN apresentado pior CDAT para os componentes das dietas. Esse fato
537 pode estar associado à porcentagem de FDN (18,83%) da dieta FIN com alto teor de fibra.
538 Estudos (Wenk, 2001; Högberg e Lindberg, 2004; Nepomuceno et al., 2018) relataram que
539 ocorre uma redução na digestibilidade dos nutrientes após inclusão média de 11% de FDN nas
540 dietas. Além disso a digestibilidade dos nutrientes é particularmente influenciada pelo grau de
541 lignificação das paredes celulares e capacidade de fermentação, sendo que a fibra solúvel é
542 degradada e fermentada no ceco e cólon proximal, enquanto que a fibra insolúvel é
543 fermentada em locais mais distais, com menos tempo para fermentação (Lee et al., 2022).

544 No presente estudo foi verificada redução nos CDAT, principalmente na dieta FIN, no
545 entanto não houve reflexos desses resultados nos primeiros 14 dias de desempenho, além
546 disso observou-se aumento no GMD no período final de desempenho com a dieta FSL.
547 Resultado que corrobora com os de Zhou et al. (2016), que avaliaram cevada ou trigo na dieta
548 de leitões desmamados e verificaram redução na digestibilidade dos nutrientes, porém o
549 desempenho melhorou com inclusão de cevada na dieta, os autores relataram que esse
550 resultado pode ser atribuído à potencial propriedade prebiótica da cevada. No presente estudo,
551 esse aumento no GMD pode estar associado ao desenvolvimento no trato gastrointestinal,
552 aumento de secreções enzimática e maior capacidade de fermentação com o avanço da idade
553 dos leitões, pois foi observado melhora no GMD apenas no período final com a dieta FSL.
554 Segundo Le Goff et al. (2002), com o aumento da idade, os leitões aumentam o
555 preenchimento estomacal permitindo uma fermentação mais prolongada.

556 O CMDR não foi afetado com a inclusão de fibra nas dietas, por outro lado, quando
557 foi avaliado o consumo diário durante todo o período experimental, verificou-se maior
558 consumo na ATF e, no fator dietas, redução no consumo com as dietas FSL e FIN. O
559 consumo de EM foi menor nas dietas com inclusão de fibra, que apresentavam níveis mais
560 baixos de energia. Este resultado é consistente ao achado por Arnaiz et al. (2009). O resultado

561 do presente estudo contraria a suposição de que os suínos aumentam o consumo para manter
562 uma ingestão de energia diária constante (Beaulieu et al., 2009; Schinckel et al., 2012).
563 Porém, de acordo com Vieira et al. (2015), pode haver um limite para influência do nível de
564 energia da dieta no consumo de ração. Aparentemente, a redução da digestibilidade associada
565 à maior fermentabilidade foram limitantes ao ajuste do consumo à exigência de EM diária dos
566 leitões.

567 O elevado valor na CRA da dieta FSL com baixo e alto teor de fibra, pode estar
568 associado à polpa de beterraba, principal ingrediente utilizado como fonte de fibra solúvel. A
569 polpa de beterraba apresentou CRA de 8,76 g/g, valor superior aos demais ingredientes
570 fibrosos utilizados nas dietas (cevada 3,11; farelo de trigo 6,63 e celulose 6,74 g/g). Esse
571 ingrediente contém fibra fermentável e tem alta capacidade de retenção de água, podendo
572 alterar as propriedades físico-químicas da digesta (Noblet and Le Goff, 2001).

573 No presente estudo, observamos resultado semelhante através das correlações entre os
574 componentes das dietas e a CRA. O componente fibra solúvel apresentou maior relação com a
575 CRA em comparação com a fibra insolúvel (FDN), indicando que as fibras classificadas como
576 solúveis podem apresentar maior CRA do que as insolúveis (Robertson et al., 2000). Contudo,
577 a CRA não pode ser caracterizada com base apenas na matéria prima ou conteúdo da fibra,
578 além desses fatores também deve-se levar em consideração a forma física dos ingredientes e o
579 tamanho de partículas (Brachet et al., 2015). No presente estudo, a CRA das dietas
580 apresentou relação negativa com os coeficientes de digestibilidade e desempenho, dessa
581 forma a redução na digestibilidade dos CDAT pode ser associada à CRA das dietas, que
582 conseqüentemente também afetam o desempenho. Além disso, pode ser levado em
583 consideração a forte correlação negativa da FDN com os coeficientes de digestibilidade
584 mostrado no presente estudo. Resultado que também foi relatado por (Zhang et al., 2013), ao
585 testarem fontes de fibra solúvel e insolúvel em dietas de suínos.

586 Os parâmetros hematológicos são atualmente utilizados como indicadores de saúde
587 humana e animal (Iser et al., 2016). Neste estudo, todos os parâmetros hematológicos dos
588 leitões estavam dentro dos limites normais (Friendship et al., 1984). No entanto, vale ressaltar
589 que os leucócitos e plaquetas dos leitões da dieta FSL foram superiores em comparação a
590 dieta CONT. Essa diferença nesses parâmetros pode indicar melhor resposta imune dos leitões
591 com a inclusão FSL na dieta. Estudos relataram efeitos benéficos da FSL na proteção contra
592 doenças entéricas em suínos (Thomsen et al., 2007), pois podem estimular o crescimento de
593 espécies de bactérias benéficas e suprimir o crescimento de espécies bacterianas
594 potencialmente patogênicas (Zhong et al., 2009). Nesse sentido, (Chen et al., 2020),
595 verificaram uma maior concentração de bactérias benéficas *Lactobacillus* no íleo de leitões
596 desmamados, com inclusão de FSL nas dietas. Os peptideoglicanos e lipopolissacarídeos
597 ligados a parede celular dessas bactérias desempenham um papel importante no sistema
598 imunológico, o que aumenta o número de células percussoras da imunidade humoral (Guarner
599 and Malagelada, 2003).

600 Um alto teor de fibras nas dietas pode aumentar a ação peristáltica e, portanto, reduzir
601 o tempo de trânsito, tanto no intestino delgado como no intestino grosso (Jørgensen et al.,
602 1996). A utilização de fibras solúveis na dieta, como polpa de beterraba, pode aumentar o
603 tempo de trânsito da digesta (Freire et al., 2000), por outro lado a celulose e a fibra
604 lignificada insolúvel podem reduzir esse tempo de passagem (Wenk, 2001). Contudo, no
605 presente estudo, não verificamos influência das dietas no tempo de trânsito fecal. O escore
606 fecal foi pior em todas as medições nas dietas com alto teor de fibra, indicando que a retenção
607 fecal de água é maior com o aumento das frações fibrosas, e ocorre junto com a maior CRA,
608 menor digestibilidade da MS e maior taxa de fermentação (AGCCT). Não houve diferença
609 entre os escores fecais das dietas nos dias avaliados, e de forma geral, não foi observado
610 incidência de diarreia entre os leitões, é importante ressaltar que as avaliações foram

611 realizadas nos últimos seis dias de ensaio, período que os animais já estavam mais adaptados
612 à dieta e com o trato gastrointestinal melhor desenvolvido. Contudo, a fibra vem sendo
613 utilizada como uma alternativa bem sucedida para prevenir diarreia em leitões (Kim et al.,
614 2008), pois estimula a absorção de líquidos, eletrólitos e água no cólon, reduzindo assim a
615 incidência de diarreia (Panah et al., 2021).

616 Os AGCC têm menos de seis carbonos na cadeia alifática e os mais abundantes no
617 intestino são acético, propiônico e butírico (Van der Hee and Wells, 2021). Nesse estudo
618 também foram verificadas maiores concentrações de ácido acético, propiônico e butírico em
619 relação aos demais, e que apresentaram valores muito superiores nas dietas ATF em relação
620 às BTF, porém a concentração desses três AGCC, não foi influenciada pela formulação das
621 dietas. Em relação ao fator dietas, a dieta FSL aumentou as concentrações dos ácidos
622 isobutírico e isovalérico, refletindo assim a forte relação positiva entre o componente fibra
623 solúvel e as concentrações desses ácidos. É importante ressaltar que as variações nas
624 concentrações de AGCC no intestino grosso ocorrem de acordo com os polissacarídeos
625 fermentados (Macfarlane and Macfarlane, 2003). Observando a correlação entre os
626 componentes da dieta e a concentração de AGCC do presente estudo, é possível verificar que
627 a FDN demonstrou forte relação positiva com as concentrações dos ácidos acético e
628 propiônico, sugerindo maior concentração desses AGCC em virtude desse componente, no
629 entanto a FDN representa principalmente a parte insolúvel da fibra, que possui fermentação
630 baixa no intestino grosso (Noblet and Le Goff, 2001). Por outro lado, a fibra solúvel também
631 apresentou alta correlação positiva com a produção de AGCC e geralmente tem uma taxa de
632 fermentação maior e apresenta maior CRA (Agyekum and Nyachoti, 2017). O presente estudo
633 demonstra que a CRA das dietas apresenta forte correlação com a concentração de AGCC,
634 também sendo um potencial indicador de maior produção de AGCC.

635

636 **5 Conclusão**

637 O alto teor de fibra nas dietas afeta a digestibilidade dos nutrientes, influenciado
638 principalmente pela fração insolúvel. Os níveis de FDN e fibra solúvel, bem como a
639 capacidade de retenção de água da dieta, afetam negativamente a digestibilidade da MS, PB,
640 EE e EB, piorando o escore fecal e aumentando a produção de AGCC, o que sugere um
641 excesso fermentativo como causa provável do prejuízo no desempenho dos leitões.

642 **Financiamento**

643 Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código Financeiro 001.

644

645 **6 Referências**

646 Acosta, J.A., Stein, H.H., Patience, J.F., 2019. Impact of increasing the levels of insoluble
647 fiber and on the method of diet formulation measures of energy and nutrient digestibility
648 in growing pigs. *Journal Animal Science* 98. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa130>.

649 Agyekum, A.K., Sands, J.S., Regassa, A., Kiarie, E., Weihrauch, D., Kim, W.K., Nyachoti,
650 C.M., 2015. Effect of supplementing a fibrous diet with a xylanase and β -glucanase blend
651 on growth performance, intestinal glucose uptake, and transport-associated gene
652 expression in growing pigs. *Journal Animal Science* 93, 3483-3493.
653 <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9027>.

654 Agyekum, A.K., Nyachoti, C.M., 2017. Nutritional and Metabolic Consequences of Feeding
655 High-Fiber Diets to Swine: A Review. *Engineering* 3, 716–725.
656 <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.03.010>.

657 AOAC (1995) Official Methods of Analysis. 16th Edition, Association of Official Analytical
658 Chemists, Washington DC.

- 659 Arnaiz, V., Ribeiro, A.M.L., Kessler, A.M., Raber, M., Kuana, S., 2009. Efecto del peso al
660 destete, temperatura ambiental y energía metabolizable del pienso en lechones recién
661 destetados. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 4, 472–478.
- 662 Bach Knudsen, K.E., 2001. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. *Animal*
663 *Feed Science and Technology* 90, 3–20. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00193-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00193-6).
- 664 Bach Knudsen, K.E., Jørgensen, H., 2001. Intestinal degradation of dietary carbohydrates -
665 from birth to maturity., in: J.E. Lindberg, B. Ogle (Eds.), *Proc. 8th Symp. Digestive*
666 *Physiology of Pigs*. CABI Publishing, Wallingford, UK (2000), Pp. 109-120 Uppsala,
667 Sweden. CABI Publishing, pp. 109–120. <https://doi.org/10.1079/9780851995175.0109>.
- 668 Beaulieu, A.D., Williams, N.H., Patience, J.F., 2009. Response to dietary digestible energy
669 concentration in growing pigs fed cereal grain-based diets. *Journal Animal Science*. 87,
670 965–976. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0834>.
- 671 Brachet, M., Arroyo, J., Bannelier, C., Cazals, A., Fortun-Lamothe, L., 2015. Hydration
672 capacity: A new criterion for feed formulation. *Animal Feed Science and Technology*
673 209, 174–185. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.07.014>.
- 674 Chen, T., Chen, D., Tian, G., Zheng, P., Mao, X., Yu, J., He, J., Huang, Z., Luo, Y., Luo, J.,
675 Yu, B., 2020. Effects of soluble and insoluble dietary fiber supplementation on growth
676 performance, nutrient digestibility, intestinal microbe and barrier function in weaning
677 piglet. *Animal Feed Science and Technology* 260.
678 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114335>.
- 679 Denck, F.M., Hilgemberg, J.O.E., Lehnen, C.R., 2017. Uso de acidificantes em dietas para
680 leitões em desmame e creche. *Archivos de Zootecnia* 66, 629–638.
681 <https://doi.org/10.21071/az.v66i256.2782>.

- 682 Dierick, N.A., Vervaeke, I.J., Demeyer, D.I., Decuyper, J.A., 1989. Approach to the
683 Energetic Importance of Fibre Digestion in Pigs. I. Importance of Fermentation in the
684 Overall Energy Supply. *Animal Feed Science and Technology* 23, 141-167.
685 [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(89\)90095-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(89)90095-3).
- 686 Freire, J.P.B., Guerreiro, A.J.G., Cunha, L.F., Aumaitre, A., 2000. Effect of dietary fibre
687 source on total tract digestibility, caecum volatile fatty acids and digestive transit time in
688 the weaned piglet. *Animal Feed Science and Technology* 87, 71-83.
689 [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00183-8](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00183-8)
- 690 Friendship, R.M., Lumsden, J.H., Mcmillan, I., Wilson, M.R., 1984. Hematology and
691 Biochemistry Reference Values for Ontario Swine. *Canadian Journal of Comparative*
692 *Medicine* 48, 390-393. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1236090/>
- 693 Guarner, F., Malagelada, J., 2003. Gut flora in health and disease. *Lancet* 8, 512-519.
694 [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)12489-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)12489-0)
- 695 Iser, M., Martínez, Y., Ni, H., Jiang, H., Valdivié Navarro, M., Wu, X., Al-Dhabi, N.A.,
696 Rosales, M., Durairandiyar, V., Fang, J., 2016. The Effects of Agave fourcroydes
697 Powder as a Dietary Supplement on Growth Performance, Gut Morphology,
698 Concentration of IgG, and Hematology Parameters in Broiler Rabbits. *Biomed Res Int*
699 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/3414319>
- 700 Jha, R., Fouhse, J.M., Tiwari, U.P., Li, L., Willing, B.P., 2019. Dietary fiber and intestinal
701 health of monogastric animals. *Frontiers in Veterinary Science*.
702 <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00048>
- 703 Jørgensen, H., Zhao, X.-Q., Eggum, B.O., 1996. The influence of dietary fibre and
704 environmental temperature on the development of the gastrointestinal tract, digestibility,

- 705 degree of fermentation in the hind-gut and energy metabolism in pigs. *British Journal of*
706 *Nutrition* 75, 365–378. <https://doi.org/10.1079/BJN19960140>
- 707 Kim, J., Jo, Y.Y., Kim, B.G., 2022. Energy concentrations and nutrient digestibility of high-
708 fiber ingredients for pigs based on in vitro and in vivo assays. *Animal Feed Science and*
709 *Technology* 294, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115507>
- 710 Kim, J.C., Mullan, B.P., Hampson, D.J., Pluske, J.R., 2008. Addition of oat hulls to an
711 extruded rice-based diet for weaner pigs ameliorates the incidence of diarrhoea and
712 reduces indices of protein fermentation in the gastrointestinal tract. *British Journal of*
713 *Nutrition* 99, 1217–1225. <https://doi.org/10.1017/S0007114507868462>
- 714 Knudsen, K.E.B., 2014. Fiber and nonstarch polysaccharide content and variation in common
715 crops used in broiler diets, in: *Poultry Science*. Oxford University Press, pp. 2380–2393.
716 <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03902>
- 717 Knudsen, K.E.B., Jensen, B.B., Hansen, I., 1993. Digestion of polysaccharides and other
718 major components in the small and large intestine of pigs fed on diets consisting of oat
719 fractions rich in β -D-glucan. *British Journal of Nutrition* 70, 537–556.
720 <https://doi.org/10.1079/BJN19930147>
- 721 Le Gall, M., Serena, A., Jørgensen, H., Theil, P.K., Knudsen, K.E., 2009. The role of whole-
722 wheat grain and wheat and rye ingredients on the digestion and fermentation processes in
723 the gut a model experiment with pigs. *British Journal of Nutrition* 102, 1590–1600.
724 <https://doi.org/10.1017/S0007114509990924>
- 725 Le Goff, G., Dubois, S., Van Milgen, J., Noblet, J., 2002. Influence of dietary fibre level on
726 digestive and metabolic utilisation of energy in growing and finishing pigs. *Animal*
727 *Research* 51, 245–259. <https://doi.org/10.1051/animres:2002019>

- 728 Lee, G.I., Hedemann, M.S., Jørgensen, H., Knudsen, K.E.B., 2022. Influence of dietary fibre
729 on nutrient digestibility and energy utilisation in growing pigs fed diets varying in soluble
730 and insoluble fibres from co-products. *Animal* 16.
731 <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100511>
- 732 Lee, S.A., Ahn, J.Y., Kim, B.G., 2022. Digestible and metabolizable energy concentrations in
733 cereal grains and byproduct ingredients fed to growing pigs. *Animal Feed Science and*
734 *Technology* 292. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115408>
- 735 Lei, X.J., Park, J.W., Baek, D.H., Kim, J.K., Kim, I.H., 2017. Feeding the blend of organic
736 acids and medium chain fatty acids reduces the diarrhea in piglets orally challenged with
737 enterotoxigenic *Escherichia coli* K88. *Animal Feed Science and Technology* 224, 46–51.
738 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.11.016>
- 739 Li, Q., Gabler, N., Loving, C.L., Gould, S.A., Patience, J.F., 2018. A dietary carbohydrase
740 blend improved intestinal barrier function and growth rate in weaned pigs fed higher fiber
741 diets. *American Society of Animal Science*. <https://doi.org/10.1093/jas/sky383>
- 742 Macfarlane, S., Macfarlane, G.T., 2003. Regulation of short-chain fatty acid production.
743 *Proceedings of the Nutrition Society* 62, 67–72. <https://doi.org/10.1079/PNS2002207>
- 744 Molist, F., de Segura, A.G., Gasa, J., Hermes, R.G., Manzanilla, E.G., Anguita, M., Pérez,
745 J.F., 2009. Effects of the insoluble and soluble dietary fibre on the physicochemical
746 properties of digesta and the microbial activity in early weaned piglets. *Animal Feed*
747 *Science Technology* 149, 346–353. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.06.015>
- 748 Morgan, D. J.; Cole, D. J. A.; Lewis, D. 1975. Energy values in pig nutrition. I. The
749 relationship between digestible energy, metabolizable energy and total digestible nutrient
750 values of a range of feedstuffs. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 84: p. 7.
751 <https://doi.org/10.1017/S0021859600071823>

- 752 Noblet, J., Le Goff, G., 2001. Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs.
753 Animal Feed Science Technology 90, 35–52. [https://doi.org/10.1016/S0377-](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00195-X)
754 [8401\(01\)00195-X](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00195-X)
- 755 Nrc-national research council, 2012. Nutrient Requirements of swine, 11th ed. National
756 Academy Press, Washington. [https://img1.wsimg.com/blobby/go/cef62d35-7a84-4a76-](https://img1.wsimg.com/blobby/go/cef62d35-7a84-4a76-a0b6-562062e3ac2e/downloads/NRC%20Cerdos%202012.pdf?ver=1634143928997)
757 [a0b6-562062e3ac2e/downloads/NRC%20Cerdos%202012.pdf?ver=1634143928997](https://img1.wsimg.com/blobby/go/cef62d35-7a84-4a76-a0b6-562062e3ac2e/downloads/NRC%20Cerdos%202012.pdf?ver=1634143928997)
- 758 Panah, F.M., Lauridsen, C., Højberg, O., Nielsen, T.S., 2021. Etiology of colitis-complex
759 diarrhea in growing pigs: A review. Animals. <https://doi.org/10.3390/ani11072151>
- 760 Pascoal, L.A.F., Thomaz, M.C., Watanabe, P.H., Ruiz, U. dos S., Amorim, A.B., Daniel, E.,
761 da Silva, S.Z., 2015. Purified cellulose, soybean hulls and citrus pulp as a source of fiber
762 for weaned piglets. Scientia Agricola 72, 400–410. [https://doi.org/10.1590/0103-9016-](https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0210)
763 [2014-0210](https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0210)
- 764 Pu, G., Li, P., Du, T., Niu, Q., Fan, L., Wang, H., Liu, H., Li, K., Niu, P., Wu, C., Zhou, W.,
765 Huang, R., 2020. Adding Appropriate Fiber in Diet Increases Diversity and Metabolic
766 Capacity of Distal Gut Microbiota Without Altering Fiber Digestibility and Growth Rate
767 of Finishing Pig. Frontiers in Microbiology 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00533>
- 768 Ramos, G.F., Júnior, C.D.S., Oliveira, J.A., Vasconcelos, T.S., Budiño, F.E.L., Ruiz, U.S.,
769 2016. Desempenho, frequência de diarreia, produção de fezes e custos de dietas com
770 teores crescentes de farelo de abacaxi para leitões desmamados. Arquivo Brasileiro de
771 Medicina Veterinária e Zootecnia 68, 1505–1515. [https://doi.org/10.1590/1678-4162-](https://doi.org/10.1590/1678-4162-8422)
772 [8422](https://doi.org/10.1590/1678-4162-8422)
- 773 Robertson, J.A., De Monredon, F.D., Dysseler, P., Guillon, F., Amadò, R., Thibault, J.F.,
774 2000. Hydration properties of dietary fibre and resistant starch: A European collaborative

- 775 study. LWT - Food Science and Technology 33, 72–79.
776 <https://doi.org/10.1006/fstl.1999.0595>
- 777 Robertson, J.A., Eastwood, M.A., 1981. An Investigation of the Experimental Conditions
778 Which Could Affect Water-holding Capacity of Dietary Fibre. Journal of the Science of
779 Food and Agriculture 32, 819–825. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740320811>
- 780 SAS Institute. 1999. SAS/STAT: user's guide. 11.ed. Cary: SAS Institute.
- 781 Schinckel, A.P., Einstein, M.E., Jungst, S., Matthews, J.O., Booher, C., Dreadin, T., Fralick,
782 C., Wilson, E., Boyd, R.D., 2012. Daily feed intake, energy intake, growth rate and
783 measures of dietary energy efficiency of pigs from four sire lines fed diets with high or
784 low metabolizable and net energy concentrations. Asian-Australasian Journal of Animal
785 Sciences 25, 410–420. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.11212>
- 786 Suiryanrayna, M.V.A.N., Ramana, J. V., 2015. A review of the effects of dietary organic
787 acids fed to swine. Journal of Animal Science and Biotechnology 6.
788 <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0042-z>
- 789 Thomsen, L.E., Knudsen, K.E.B., Jensen, T.K., Christensen, A.S., Møller, K., Roepstorff, A.,
790 2007. The effect of fermentable carbohydrates on experimental swine dysentery and whip
791 worm infections in pigs. Veterinary Microbiology 119, 152–163.
792 <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2006.09.004>
- 793 Van der Hee, B., Wells, J.M., 2021. Microbial Regulation of Host Physiology by Short-chain
794 Fatty Acids. Trends in Microbiology 29, 700–712.
795 <https://doi.org/10.1016/j.tim.2021.02.001>
- 796 Vieira, M.S., Ribeiro, A.M.L., Kessler, A.M., Chiba, L.I., Bockor, L., 2015. Performance and
797 body composition of light and heavy early-weaning piglets subject to different dietary

- 798 energy levels. *Livestock Science* 178, 272–278.
799 <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.06.027>
- 800 Wang, L.F., Beltranena, E., Zijlstra, R.T., 2016. Diet nutrient digestibility and growth
801 performance of weaned pigs fed sugar beet pulp. *Animal Feed Science and Technology*
802 211, 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.11.005>
- 803 Wang, L.F., Zhang, H., Beltranena, E., Zijlstra, R.T., 2018. Diet nutrient and energy
804 digestibility and growth performance of weaned pigs fed hulled or hull-less barley
805 differing in fermentable starch and fibre to replace wheat grain. *Animal Feed Science and*
806 *Technology* 242, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.05.012>
- 807 Wenk, C., 2001. The role of dietary bre in the digestive physiology of the pig. *Animal Feed*
808 *Science and Technology* 90, 21–33. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00194-8](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00194-8)
- 809 Whitney, M.H., Shurson, G.C., Guedes, R.C., 2006. Effect of dietary inclusion of distillers
810 dried grains with solubles, soybean hulls, or a polyclonal antibody product on the ability
811 of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *Journal Animal Science* 84,
812 1880–1889. <https://doi.org/10.2527/jas.2004-578>
- 813 Zhang, W., Li, D., Liu, L., Zang, J., Duan, Q., Yang, W., Zhang, L., 2013. The effects of
814 dietary fiber level on nutrient digestibility in growing pigs. *Journal of Animal Science*
815 *and Biotechnology*, 4, 17 (2013). <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-17>
- 816 Zhong, Y., Cai, D., Cai, W., Geng, S., Chen, L., Han, T., 2009. Protective effect of
817 galactooligosaccharide-supplemented enteral nutrition on intestinal barrier function in
818 rats with severe acute pancreatitis. *Clinical Nutrition* 28, 575–580.
819 <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2009.04.026>
- 820

CAPÍTULO IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os efeitos da inclusão de ingredientes fibrosos na dieta de leitões após o desmame ainda são bastante inconsistentes. As descobertas desta tese indicam que pode haver muita variabilidade nos resultados disponíveis na literatura. A revisão sistemática mostra que a inclusão de fontes de fibra insolúvel pode melhorar o desempenho de leitões após o desmame, porém os resultados do ensaio experimental apresentados no capítulo III foram divergentes. Em razão disso, ainda são necessárias pesquisas mais aprofundadas a respeito do tema.

Mesmo com a redução na digestibilidade dos nutrientes não foram verificadas diferenças no consumo voluntário de ração dos leitões, a inclusão de fibra também não afetou a concentração fecal dos principais AGCC produzidos durante a fermentação. Essa resposta pode ser atribuída ao período de coleta das amostras para análise de AGCC fecal, que ocorreram no 12º dia de experimento, sendo que o período total do ensaio experimental foi de 20 dias. Os componentes fibrosos demonstraram correlação positiva com a CRA das dietas, que pode afetar de forma negativa o aproveitamento dos nutrientes, dessa forma, seria importante uma investigação mais detalhada, tendo em vista que essa característica não é levada em consideração durante a formulação das dietas, mas pode ser um fator ponderante. Nesse estudo observamos efeito negativo principalmente com a utilização de fontes de fibra insolúvel, porém são necessários mais estudos, principalmente voltados para a quantidade de inclusão das frações individuais ou balanceamento entre as duas.

REFERÊNCIAS

- ANGKANAPORN, K. *et al.* Effects of wheat pentosans on endogenous amino acid losses in chickens. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 66, p. 399-404, 1994.
- ANNISON, G. The role of wheat non-starch polysaccharides in broiler nutrition. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 44, p. 405-422, 1993.
- APPLEBY, M. C.; PAJOR, E. A.; FRASER, D. Production. **Animal Production**, London, v. 53, p. 361-366, 1991.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Maryland: AOAC, 1995.
- AUMAITRE, A.; KIEHL, M.; DEWULF, H. Valeur alimentaire du manioc et de différentes céréales dans les régimes de sevrage précoce du porcelet: utilisation digestive de l'aliment et effet sur la croissance des animaux. **Annales de Zootechnie**, Paris, v. 18, n. 4, p. 385-398, 1969.
- AWATI, A. *et al.* Effect of inclusion of fermentable carbohydrates in the diet on fermentation end-product profile in feces of weanling piglets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 2133-2140, 2006.
- BACH KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of "dietary fibre" analysis. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 90, p. 3-20, 2001.
- BACH KNUDSEN, K. E.; JØRGENSEN, H. Intestinal degradation of dietary carbohydrates - from birth to maturity. *In*: LINDBERG, J. E.; OGLE, B. (ed.). **Proceedings of the 8th Symposium, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, 20-22 June 2000**. Wallingford: CABI Publishing, 2001. p. 109-120
- BACH KNUDSEN, K. E. *et al.* Rye bread enhances the production and plasma concentration of butyrate but not the plasma concentrations of glucose and insulin in pigs. **Journal of Nutrition**, New York, v. 135, n. 7, p. 1696-1704, 2005.
- BALL, R. O.; AHERNET, F. X. Influence of dietary nutrient density, level of feed intake and weaning age on young pigs. II. Apparent nutrient digestibility and incidence and severity of diarrhea. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 67, p. 1105-1115, 1987.
- BINDELLE, J.; LETERME, P.; BULDGEN, A. Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review. **Biotechnology Agronomy Society and Environment**, Gembloux, v. 12, n. 1, p. 69-80, 2008.

BLACK, J. L.; WILLIAMS, B. A.; GIDLEY, M. J. Metabolic regulation of feed intake in monogastric mammals. *In*: TORRALLARDONA, D.; ROURA, E. (ed.). **Voluntary feed intake in pigs**. Wageningen: Wageningen Academic, 2009. p. 189-206.

BOLHUIS, J. E. *et al.* Voluntary feed intake in piglets: potential impact of early experience with flavours derived from the maternal diet. *In*: TORRALLARDONA, D.; ROURA, E. (ed.). **Voluntary feed intake in pigs**. Wageningen: Wageningen Academic, 2009. p. 37-52.

BOUDRY, G. *et al.* Weaning induces both transient and long-lasting modifications of absorptive, secretory, and barrier properties of piglet intestine. **Journal of Nutritional**, New York, v. 134, p. 2256-2262, 2004.

BRITO, M. S. *et al.* Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos - Revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 2, p. 111-117, 2008.

BUDIÑO, F. E. L.; CASTRO JÚNIOR, F. G.; OTSUK, I. P. Adição de frutoligossacarídeo em dietas para leitões desmamados: desempenho, incidência de diarreia e metabolismo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, p. 2187-2193, 2010.

CAMPBELL, G. L.; BEDFORD, M. R. Enzyme applications for monogastric feeds: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 72, p. 449-466, 1992.

CARNEIRO, M. S. C. *et al.* Effects of dietary fibre source and enzyme supplementation on faecal apparent digestibility, short chain fatty acid production and activity of bacterial enzymes in the gut of piglets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 146, p. 124-136, 2008.

CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. **Feed Milling International**, [s. l.], v. 6, p. 13-26, 1997.

CLASADONTE, L.; VAN DER POEL, A. F. B. Antinutritional factors: impact on pigs' voluntary feed intake. *In*: TORRALLARDONA, D.; ROURA, E. (ed.). **Voluntary feed intake in pigs**. Wageningen: Wageningen Academic, 2009. p. 243-272.

CROMWELL, G. L. Nuevos aditivos alimenticios. **Industria Porcina**, [Rockford], v. 9, p. 25-36, 1989.

CUMMINGS, J. H.; ESTEPHEN, A. M. Carbohydrate terminology and classification. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 61, p. 5-18, 2007. Supl. 1.

DE LANGE, C. F. M.; NYACHOT, C. M.; VERSTEGEN, M. W. A. The significance of antinutritive factors in feedstuffs for monogastric animals. *In*: MOUGHAN, J. P.; VERSTEGEN, M. W. A.; VISSER-REYNEVELD, M. I. (ed.). **Feed evaluation: principle and practices**. Wageningen: Wageningen Pears, 2000. p. 169-188.

DIKEMAN, C. L.; FAHEY JUNIOR, G. C. Viscosity as related to dietary fiber: a review viscosity as related to dietary fiber: **Food Science and Nutrition**, Malden, v. 46, p. 649-663, 2007.

DROCHNER, B. W.; KERLER, A.; ZACHARIAS, B. Pectin in pig nutrition, a comparative review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 88, n. 11/12, p. 367-380, 2004.

EDGE, H. L.; VARLEY, M. A.; ROWLINSON, P. The effect of trough colour on the voluntary food intake of postweaned pigs — a short communication. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 88, p. 193-197, 2004.

EDWARDS, C. A.; EASTWOOD, M. A. Caecal and faecal short-chain fatty acids and stool output in rats fed on diets containing non-starch polysaccharides. **The British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 73, p. 773-781, 1995.

EGGUM, B. O. The influence of dietary fibre on protein digestion and utilization in monogastrics. **Archiv für Tierernährung**, Abingdon, v. 48, p. 89-95, 1995.

FORBES, J. M. Integration of pre- and post-absorptive factors in feed intake regulation and prediction with particular respect to the pig. *In*: TORRALLARDONA, D.; ROURA, E. (ed.). **Voluntary feed intake in pigs**. Wageningen: Wageningen Academic, 2009. p. 61-84.

FREIRE, J. P. B. *et al.* Effect of dietary fibre source on total tract digestibility, caecum volatile fatty acids and digestive transit time in the weaned piglet. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 87, p. 71-83, 2000.

GOMES, J. *et al.* Efeitos do incremento de fibra dietética sobre a digestibilidade, desempenho e características de carcaça: I. suínos em crescimento e terminação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, p. 483-492, 2007.

GOULART, F. R. *et al.* Importância da fibra alimentar na nutrição de animais não ruminantes. **Revista de Ciência e Inovação do IF Rorupilha**, Santa Maria, v. 1, p. 141-154, 2016.

HEDEMANN, M. S. *et al.* Intestinal morphology and enzymatic activity in newly weaned pigs fed contrasting fiber concentrations and fiber properties. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 1375-1386, 2006.

HÖGBERG, A.; LINDBERG, J. E. Influence of cereal non-starch polysaccharides and enzyme supplementation on digestion site and gut environment in weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 116, p. 113-128, 2004.

JENSEN, M. S.; JENSEN, S. K.; JAKOBSEN, K. Development of digestive enzymes in pigs with emphasis on lipolytic activity in the stomach and pancreas. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 437-445, 1997.

JOZEFIAK, D.; RUTKOWSKI, A.; MARTIN, S. A. Carbohydrate fermentation in the avian ceca: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 113, p. 1-15, 2004.

KIM, J. C. *et al.* Nutrition and pathology of weaner pigs: nutritional strategies to support barrier function in the gastrointestinal tract. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 173, p. 3-16, 2012.

KIRWAN, W. *et al.* Action of different bran preparations on colonic function. **British Medical Journal**, London, v. 26, p. 187-189, 1974.

KNUDSEN, K. E.; JENSEN, B. B.; HANSEN, I. Digestion of polysaccharides and other major components in the small and large intestine of pigs fed on diets consisting of oat fractions rich in β -D-glucan. **The British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 70, p. 537-556, 1993.

KYRIAZAKIS A N, I.; EMMANS, D. G. C. The voluntary feed intake of pigs given feeds based on wheat bran, dried citrus pulp and grass meal, in relation to measurements of feed bulk. **The British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 73, p. 191-207, 1995.

LALLÈS, J. *et al.* Weaning - A challenge to gut physiologists. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 108, p. 82-93, 2007.

LONGLAND, A. C.; CARRUTHERS, J.; LOW, A. G. The ability of piglets 4 to 8 weeks old to digest and perform on diets containing two contrasting sources of non-starch polysaccharide. **Animal Production**, London, v. 58, p. 405-410, 1994.

MAHAN, K. L.; ESCOTT-STUMP, S.; RAYMOND, J. L. **Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia**. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MAKKINK, C. A. *et al.* Gastric protein breakdown and pancreatic enzyme activities in response to two different dietary protein sources in newly weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 2843-2850, 1994.

MALJAARS, J.; PETERS, H. P. F.; MASCLÉE, A. M. Review article: the gastrointestinal tract: neuroendocrine regulation of satiety and food intake. **Alimentary Pharmacology & Therapeutics Review**, Oxford, v. 26, p. 241-250, 2007.

MAXWELL, C. V.; CARTER, S. D. Feeding the weaned pig. *In*: LEWIS, A. J.; SOLTHERN, L. L. (ed.). **Swine nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 691-723.

MAY, T. *et al.* Effect of fiber source on short-chain fatty acid production and on the growth and toxin production by clostridium difficile. **Scandinavian Journal of Gastroenterology**, Oslo, v. 29, n. 10, p. 916-922, 1994.

MCDONALD, D. E. *et al.* Increasing viscosity of the intestinal contents alters small intestinal structure and intestinal growth, and stimulates proliferation of enterotoxigenic *Escherichia coli* in newly-weaned pigs. **The British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 86, p. 487-498, 2001.

MCDUGALL, G. J. *et al.* Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 70, n. 2, p. 133-150, 1996.

MERTENS, D. R. Análise de fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ-ESAL, 1992. p.188.

MOLLY, K. Formulating to solve the intestinal puzzle. **Pig Progress**, Doetinchem, v. 17, n. 8, p. 20-22, 2001.

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**, Amsterdam, v. 108, p. 95-117, 2003.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutriente requirements of swine**. 11th ed. Washington, DC: National Academy Press, 2012.

OWUSU-ASIEDU, A. *et al.* Effects of guar gum and cellulose on digesta passage rate, ileal microbial populations, energy and protein digestibility, and performance of grower pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 843-852, 2006.

PAJOR, E. A. *et al.* Alternative housing for sows and litters. Part 3. Effects of piglet diet quality and sow-controlled housing on performance and behaviour. **Applied Animal Behaviour Science**, New York, v. 76, p. 267-277, 2002.

PASCOAL, L. A. F. *et al.* Fiber sources in diets for newly weaned piglets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 41, n. 3, p. 636-642, 2012.

PETERSSON, A. *et al.* Comparison of three methods to enumerate gut microbiota of weaning piglets fed insoluble dietary fibre differing in lignin content. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 148, p. 225-232, 2010.

PETTIGREW, J. E. Ingredientes alimentares que melhoram a saúde. **Revista Porkworld**, [s. l.], v. 46, p. 278-283, 2008.

PINHEIRO, R. Primeira semana pós-desmame: desafios e relevância. *In*: FERREIRA, A. H. *et al.* **Produção de suínos: teoria e prática**. Brasília, DF: Associação Brasileira de Criadores de Suínos, 2014. p. 628-632.

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**, Amsterdam, v. 51, p. 215-236, 1997.

PUUPPONEN-PIMIA, R. *et al.* Development of functional ingredients for gut health. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 13, p. 3-11, 2002.

SCHIAVON, S. *et al.* Effects of sugar beet pulp on growth and health status of weaned piglets on growth and health status of weaned piglets. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna, v. 3, p. 337-351, 2004.

SCHLEY, P. D.; FIELD, C. J. The immune-enhancing effects of dietary fibres and prebiotics. **The British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 87, p. 221-230, 2002.

SMITS, C. H. M.; ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition - towards a physiologically valid approach to their determination. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 52, p. 203-221, 1996.

TEIXEIRA, E. W. Utilização de alimentos fibrosos pelos suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, p. 19-27, 1995.

TRINDADE NETO, M. A. *et al.* Resíduo de polpas de frutas desidratadas na alimentação de leitões em fase de creche. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, p. 1254-1262, 2004.

VAHOUNY, G. V. *et al.* Dietary fibers. VI: Binding of fatty acids and monolein from mixed micelles containing bile salts and lecithin. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, San Diego, v. 166, p. 12-16, 1981.

VALENZUELA, A. B.; MAIZ, A. G. El rol de la fibra dietética en la nutrición enteral. **Revista Chilena de Nutrición**, Santiago, v. 33, p. 342-351, 2006.

VAREL, V. H.; YEN, J. T. Microbial perspective on fiber utilization by swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 2715-2722, 1997.

WELLOCK, I. J. *et al.* The consequences of non-starch polysaccharide solubility and inclusion level on the health and performance of weaned pigs challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli*. **The British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 99, p. 520-530, 2008.

WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 90, p. 21-33, 2001.

WHITTEMORE, E. C.; EMMANS, G. C.; KYRIAZAKIS, I. The relationship between live weight and the intake of bulky foods in pigs. **Animal Science**, Penicuik, v. 76, n. 1, p. 89-100, 2003.

WILLIAMS, B. A.; VERSTEGEN, M. W. A.; TAMMINGA, S. Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 14, n. 2, p. 207-227, 2001.

ZIJLSTRA, R. T. *et al.* Effect of carbohydrase supplementation of wheat- and canola-meal-based diets on growth performance and nutrient digestibility in group-housed

weaned pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, p. 689-695, 2004.

ZIJLSTRA, R. T.; DE LANGE, C. F. M.; PATIENCE, J. F. Nutritional value of wheat for growing pigs: Chemical composition and digestible energy content. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v