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

DÉBORA REOLON

ALIMENTOS ALTERNATIVOS PARA SUÍNOS

Marechal Cândido Rondon
2023

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

DÉBORA REOLON

ALIMENTOS ALTERNATIVOS PARA SUÍNOS

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

Orientador: Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho.

Coorientador Prof. Dr. Newton Tavares Escocard de Oliveira

Marechal Cândido Rondon
2023

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

Reolon, Débora
   Alimentos Alternativos para suínos / Débora Reolon; orientadora Paulo Levi de Oliveira Carvalho; coorientador Newton Tavares Escocard de Oliveira. -- Marechal Cândido Rondon, 2023.
   105 p.

   Tese (Doutorado Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2023.

   1. Alimentos alternativos . 2. fonte fibrosa. 3. ovo em pó desidratado. 4. saúde intestinal. I. de Oliveira Carvalho, Paulo Levi , orient. II. Tavares Escocard de Oliveira, Newton, coorient. III. Título.

DÉBORA REOLON

Alimentos alternativos para suínos

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

Orientador / Presidente – Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Membro – Prof.ª Dr.ª Silvana Teixeira Carvalho
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Membro – Prof.ª Dr.ª Janaína Paolucci Sales de Lima
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Membro – Dr.ª Kelen Cristiane Zavarize
Novus International

Membro – Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke
Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – *Campus* Uruguaiana

Marechal Cândido Rondon, 11 de outubro de 2023.

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

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

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

Eu, **Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho**, declaro como **ORIENTADOR** que presidi os trabalhos de defesa **à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Débora Reolon**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, a apresentação e a arguição dos membros da Banca Examinadora, **formalizo como Orientador**, para fins de registro, por meio desta declaração, a decisão da Banca Examinadora de que a candidata foi considerada APROVADA na banca realizada em 11/10/2023, com o trabalho intitulado **"Alimentos alternativos para suínos"**.

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

Candidata APROVADA na Defesa de Tese. Entretanto, precisará realizar as alterações/correções conforme as sugestões dos membros da banca.

Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho – ORIENTADOR / PRESIDENTE
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / *Campus* de Mal. Cândido Rondon
Centro de Ciências Agrárias

Modelo 2 – Para orientador(a) da Banca Examinadora de Programa de Pós-graduação da UNIOESTE

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

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

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

Eu, **Prof.ª Dr.ª Silvana Teixeira Carvalho,** declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Débora Reolon**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Interno**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 11/10/2023, com o trabalho intitulado **"Alimentos alternativos para suínos"**.

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

A discente foi aprovada, condicionada a fazer todas as correções sugeridas pela banca.

Silvana Teixeira Carvalho

Prof.ª Dr.ª Silvana Teixeira Carvalho
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / *Campus* de Mal. Cândido Rondon
Centro de Ciências Agrárias

Modelo 1 – Para membros de Banca Examinadora de Programa de Pós-graduação da UNIOESTE

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

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

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

Eu, **Prof.ª Dr.ª Janaína Paolucci Sales de Lima,** declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Débora Reolon**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 11/10/2023, com o trabalho intitulado **"Alimentos alternativos para suínos"**.

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

Prof.ª Dr.ª Janaína Paolucci Sales de Lima
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Modelo 1 – Para membros de Banca Examinadora de Programa de Pós-graduação da UNIOESTE

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

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

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

Eu, **Dr.ª Kelen Cristiane Zavarize,** declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Débora Reolon**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 11/10/2023, com o trabalho intitulado **"Alimentos alternativos para suínos"**.

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

Kelen Zavarize

Dr.ª Kelen Cristiane Zavarize
Novus International

Modelo 1 – Para membros de Banca Examinadora de Programa de Pós-graduação da UNIOESTE

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

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

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

Eu, **Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke,** declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Débora Reolon**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 11/10/2023, com o trabalho intitulado **"Alimentos alternativos para suínos"**.

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

gov.br Documento assinado digitalmente
CARLOS ALEXANDRE OELKE
Data: 13/10/2023 10:46:33-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke
Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
Campus Uruguaiana

Modelo 1 – Para membros de Banca Examinadora de Programa de Pós-graduação da UNIOESTE

BIOGRAFIA

Débora Reolon, filha de Heitor José Reolon e Juraci Leonora Gallo Reolon, nasceu em Dois Vizinhos- PR, em 19 de dezembro de 1982. Em março de 2001, iniciou o Curso de Graduação em Medicina Veterinária, pela Universidade Federal de Pelotas. Em dezembro de 2005, cumpriu as exigências para obtenção do título de Médica Veterinária. Em março de 2012, iniciou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, nível Mestrado, pela Universidade Federal do Paraná, na área de concentração Ciência Animal, na linha de pesquisa Patologia Animal, submetendo-se aos exames finais de defesa de dissertação em junho de 2014. Em 2019, iniciou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, nível de Doutorado, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Universidade Tecnológica Federal do Paraná no *Campus* de Marechal Cândido Rondon/PR, na área de concentração Produção e Nutrição Animal, linha de pesquisa Nutrição e Produção de Não-Ruminantes, com ênfase em Suínos. Submeteu-se ao Exame Geral de Qualificação em 29 de agosto de 2023, submeteu-se à defesa da Tese em 11 de outubro de 2023.

À minha filha, per te Maria...

Dedico!

AGRADECIMENTOS

À Deus e ao mestre Jesus por permitirem a finalização de mais uma jornada, pela força e sabedoria para a realização deste trabalho e por sempre iluminar o meu caminho.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de desenvolver este estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento de recursos de parte do desenvolvimento do projeto.

Ao meu orientador, Prof. Paulo Levi O. Carvalho, e à Profª. Silvana Teixeira Carvalho, pelo suporte necessário, confiança, incentivo e amizade ao longo desses anos.

À Liliana Bury de Azevedo, por toda ajuda, comprometimento e atenção durante a condução deste estudo, mas principalmente pela amizade nas horas difíceis.

Ao Eduardo, Antônio e Karin pela ajuda e companheirismo cultivado ao longo dos experimentos.

Ao professor Janslller, por toda ajuda e conhecimento para o andamento de ambos os experimentos.

Ao Grupo de Estudo e Pesquisa em Suínos (GEPS), pela oportunidade de desenvolver esta pesquisa. A todos os integrantes do grupo que, de alguma forma, direta ou indireta, me ajudaram no desenvolvimento do trabalho.

À empresa Hemoprot pelo financiamento e fornecimento dos produtos para a realização de parte da pesquisa.

À Cooperativa Agroindustrial Copagril, pela parceria e fornecimento dos animais e insumos.

A todos que contribuíram para realização desta conquista expresso a minha gratidão.

Muito obrigada!

"...O teu trabalho é a oficina
Em que podes forjar a tua própria luz."
(Emmanuel)

ALIMENTOS ALTERNATIVOS PARA SUÍNOS

RESUMO - Experimento I. O objetivo do estudo foi avaliar a substituição de plasma sanguíneo (PS) por ovo em pó desidratado (OPD) na alimentação de leitões e seus efeitos sobre o desempenho zootécnico, parâmetros sanguíneos, incidência de diarreia, peso e pH de órgãos, avaliação microbiológica e morfológica do jejuno. Para tanto, utilizou-se 96 leitões de uma linhagem comercial, machos inteiros, com peso corporal inicial de 7,41 ± 0,30 kg, foram alocados em um delineamento experimental de blocos casualizados completos, compostos de quatro tratamentos, repetidos duas vezes no tempo, totalizando oito repetições e três animais por unidade experimental, totalizando 16 baias, e a baia como unidade experimental. As dietas experimentais foram dispostas em quatro tratamentos, utilizando níveis diferentes de substituição do PS de suínos pelo OPD: (1) dieta controle (DC), (2) DC + 20% de OPD em substituição ao PS (OPD20), (3) DC + 40% de OPD em substituição ao PS (OPD 40) e (4) DC + 60% de OPD em substituição ao PS (OPD60). Não houve efeito (p>0,05) de tratamento sobre as variáveis de desempenho zootécnico, no entanto os resultados referentes à ocorrência de diarreia (OD) houve efeito (P=0,002) de tratamento na fase pré-inicial I foram obtidos valores menores de OD para os tratamentos DC e OPD40, com 0,125 e 0,050%, respectivamente, quando comparado ao tratamento que receberam OPD20. Já na fase pré-inicial II, o OPD60 resultou em menor OD (0,008%), apresentando resultados semelhantes para OPD20 e OP40 (0,027 e 0,045%, respectivamente), diferindo apenas do DC com maior ocorrência de (0,089%) (p=0,004). Para as variáveis bioquímicas sanguíneas, houve diferença (p=0,024) para a variável ALB (p=0,029), URA (p=0,003) e proteínas totais. Já na fase inicial, houve efeito apenas para a variável ALB, com a maior concentração obtida para os animais do OPD40 (2,86 mg/dL), diferindo do tratamento DC (2,55 mg/dL). Para os perfis hematológicos na fase inicial, houve diferença (p=0,018) entre os tratamentos para a variável leucócitos, em que o maior valor e o menor valor foram para DC e OPD20, sendo 34550 e 24471,4 mm, respectivamente, os quais diferiram entre si, mas foram semelhantes aos demais. Houve efeito de tratamento para a variável pH do conteúdo de órgão digestório ceco (p=0,019) em que o tratamento OPD40 apresentou menor pH (5,14), quando comparado ao pH do tratamento OP20 (5,45). Para morfometria intestinal houve efeito de tratamento (p=0,037) sobre a variável altura de vilosidades em que o tratamento DC foi menor (0,368mm), quando comparado aos tratamentos OPD40 e OPD60 (0,515 e 0,500mm), respectivamente. As dietas com inclusão de ovo em pó desidratado foram capazes de influenciar na ocorrência de diarreia, perfil bioquímico sanguíneo e na saúde do trato gastrointestinal de leitões na fase de creche. Experimento II. Objetivou-se

avaliar a inclusão de diferentes fontes de fibras utilizadas na alimentação humana e de cães em dietas para suínos e seus efeitos sobre os metabólitos sanguíneos, comportamento alimentar, escore fecal, taxa de passagem e digestibilidade das dietas. Um total de 24 leitões de uma linhagem comercial, machos inteiros, com peso corporal inicial de 20,69 ± 1,94kg foram alocados em um delineamento experimental inteiramente casualizado, compostos de quatro tratamentos repetidos três vezes no tempo, totalizando oito repetições por tratamento: (1) ração referência (RR); (2) ração referência + farelo de bagaço de uva desidratada (RR80% + FUV20%); (3) ração referência + farelo da polpa de maçã (RR80% +FPM 20%); e (4) ração referência + farelo de brócolis (RR80% + BR 20%) para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente, os valores de nutrientes digestíveis, análises bromatológicas das fezes e parâmetros sanguíneos. Além da realização de avaliações do comportamento de suínos alimentados com e sem restrição com dietas contendo diferentes fontes de fibra. Os animais alimentados com a dieta RR+BR apresentaram maior CDAMS e MSD que os alimentados com as dietas RR+FUV e RR+FMC. No entanto, para as variáveis CDAMO e MOD, os valores médios de tratamento RR+FMC foram maiores que os demais em estudo. Para os parâmetros sanguíneos os animais que receberam a dieta (RR+FUV), apresentaram maior nível de COLEST total analisado, quando comparado com os demais tratamentos. Os suínos alimentados com a dieta DC+FPM tiveram maior nível de GLIC e menor nível de URA que os demais tratamentos. Já para a variável fosfatase alcalina (FA) os suínos alimentados com o grupo DC+FPM apresentaram menor FA que os demais tratamentos. Os suínos alimentados com a dieta RR+FPM apresentaram (p=0,036) menor concentração de URA que os alimentados com a dieta RR. Para as observações comportamentais, houve efeito (p=0,009) de tratamento sobre a variável de comportamento em pé, em que os suínos alimentados com ração contendo (RR+FUV), apresentaram maior frequência do comportamento em pé. Já para as variáveis escore fecal e taxa de passagem, os suínos que receberam a dieta RR+BC apresentaram (p=0,0002) maior escore fecal em relação aos que receberam as dietas RR, RR+UVD e RR+FPM. No entanto, os animais do grupo RR+FUV apresentaram menor escore fecal (1,000), quando comparado aos demais tratamentos. Em conclusão, a inclusão de diferentes fontes de fibras pode ser utilizada em dietas para suínos com efeitos positivo sobre os metabólitos sanguíneos, comportamento alimentar e escore fecal.

Palavras-chave: Desempenho zootécnico, fonte fibrosa, saúde intestinal

ALTERNATIVE FEED FOR PIGS

ABSTRACT - Experiment I. The aim of this study was to evaluate the replacement of blood plasma (BP) by dehydrated egg powder (DOP) in piglet feed and its effects on zootechnical performance, blood parameters, diarrhea incidence, organ weight and pH, microbiological and morphological evaluation of the jejunum. Ninety-six piglets from a commercial line, whole males, with an initial body weight of 7.41 ± 0.30 kg, were allocated to a complete randomized block experimental design, consisting of four treatments, repeated twice over time, for a total of eight repetitions and three animals per experimental unit, for a total of 16 stalls, with the stall as the experimental unit. The experimental diets were arranged in four treatments, using different levels of replacement of the pigs' PS with OPD: (1) control diet (CD), (2) CD + 20% OPD replacing PS (OPD20), (3) CD + 40% OPD replacing PS (OPD40) and (4) CD + 60% OPD replacing PS (OPD60). There was no effect ($p>0.05$) of treatment on the zootechnical performance variables, however the results relating to the occurrence of diarrhea (DO) showed an effect ($P=0.002$) of treatment. In the pre-initial phase I, lower DO values were obtained for the DC and OPD40 treatments with 0.125 and 0.050 % respectively, when compared to the treatment that received OPD20. In pre-initial phase II, OPD60 resulted in lower DO (0.008%), with similar results for OPD20 and OP40 (0.027 and 0.045% respectively), differing only from DC with a higher occurrence of (0.089%) ($p=0.004$). For the blood biochemical variables, there was a difference ($p=0.024$) for ALB ($p=0.029$), URA ($p=0.003$) and total proteins. In the initial phase, there was an effect only for the ALB variable, with the highest concentration obtained for the OPD40 animals (2.86 mg/dL), differing from the DC treatment (2.55 mg/dL). For the hematological profiles in the initial phase, there was a difference ($p=0.018$) between the treatments for the leukocyte variable, in which the highest and lowest values were for DC and OPD20, being 34550 and 24471.4 mm respectively, which differed from each other, but were similar to the others. There was a treatment effect for the pH variable of the cecum digestive organ content ($p=0.019$) in which the OPD40 treatment had a lower pH (5.14) when compared to the pH of the OP20 treatment (5.45). In terms of intestinal morphometry, there was a treatment effect ($p=0.037$) on the villus height variable, in which the DC treatment was lower (0.368mm) than the OPD40 and OPD60 treatments (0.515 and 0.500mm), respectively. Diets including dehydrated egg powder were able to influence the occurrence of diarrhea, the blood biochemical profile and the health of the gastrointestinal tract of piglets in the nursery phase. Experiment II. The aim was to evaluate the inclusion of different fiber sources used in human and dog food in pig diets and their effects on blood metabolites, feeding behavior, fecal score,

passage rate and digestibility of the diets. A total of 24 piglets from a commercial line, whole males, with an initial body weight of 20.69 ± 1.94kg were allocated to a completely randomized experimental design, consisting of 4 treatments repeated three times over time, for a total of eight repetitions per treatment: (1) reference feed (RR); (2) reference feed + dehydrated grape pomace bran (RR80% + FUV20%) ; (3) reference feed + apple pulp bran (RR80% +FPM 20%) ; and (4) reference feed + broccoli bran (RR80% + BR 20%) to determine apparent digestibility coefficients, digestible nutrient values, bromatological analysis of feces and blood parameters. In addition to evaluating the behavior of pigs fed with and without restriction on diets containing different sources of fiber. The animals fed the RR+BR diet had higher CDAMS and MSD than those fed the RR+FUV and RR+FMC diets. However, for CDAMO and MOD, the average values of the RR+FMC treatment were higher than the others. In terms of blood parameters, the animals fed the RR+FUV diet showed a higher level of total COLEST when compared to the other treatments. The pigs fed the DC+FPM diet had a higher GLIC level and a lower URA level than the other treatments. As for the variable alkaline phosphatase (ALP), the pigs fed the DC+FPM group had lower ALP than the other treatments. The pigs fed the RR+FPM diet had a lower RAU concentration (p=0.036) than those fed the RR diet. For the behavioral observations, there was an effect (p=0.009) of treatment on the variable of standing behavior, in which the pigs fed the ration containing (RR+FUV) showed a higher frequency of standing behavior. As for the fecal score and passage rate variables, the pigs given the RR+BC diet had a higher fecal score (p=0.0002) than those given the RR, RR+UVD and RR+FPM diets. However, the animals in the RR+FUV group had a lower fecal score (1.000) when compared to the other treatments. In conclusion, the inclusion of different fiber sources can be used in pig diets with positive effects on blood metabolites, feeding behavior and fecal score.

Keywords: Zootechnical performance, fiber source, intestinal health.

LISTA DE TABELAS

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO OVO EM PÓ DESIDRATADO POR PLASMA SANGUÍNEO, EM DIETAS PARA LEITÕES EM FASE DE CRECHE

Tabela 1. Composição centesimal da ração referência para determinação dos coeficientes de digestibilidade e metabolização do ovo em pó desidratado para suínos 40

Tabela 2. Composição bromatológicas das fontes proteicas e aminograma do ovo em pó desidratado..... 44

Tabela 3. Composição centesimal das dietas experimentais de leitões alimentados com níveis de ovo em pó desidratado 45

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade e nutrientes digestíveis do ovo em pó desidratado para suínos 50

Tabela 5. Perfil bioquímico sanguíneo de leitões alimentados com ovo em pó desidratado avaliando a digestibilidade total dos nutrientes..... 51

Tabela 6. Desempenho zootécnico e ocorrência de diarreia de leitões alimentados com ovo em pó desidratado em substituição ao plasma sanguíneo..... 52

Tabela 7. Perfil bioquímico sanguíneo de leitões alimentados com ovo em pó desidratado em substituição ao plasma sanguíneo 53

Tabela 8. Perfil hematológico de leitões alimentados com ovo em pó desidratado em substituição ao plasma sanguíneo 54

Tabela 9. Efeito do ovo em pó desidratado em substituição do plasma sanguíneo sobre o pH dos órgãos, comprimento do intestino delgado e grosso e peso relativo de órgãos digestórios e não digestórios de leitões em fase de creche..... 55

Tabela 10. Efeito do ovo em pó desidratado sobre a morfometria intestinal do jejuno de leitões em fase de creche 56

Tabela 11. Efeito do ovo em pó desidratado sobre o número de unidades formadoras de colônias de bactérias ácido láticas e *Escherichia coli* no intestino (jejuno) de leitões em fase de creche 56

ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE TOTAL DE DIFERENTES FONTES DE FIBRAS EM SUÍNOS EM FASE DE CRESCIMENTO

Tabela 1. Composição centesimal da ração referência para determinação dos coeficientes de digestibilidade e metabolização das diferentes fontes de fibra em suínos 80

Tabela 2. Composição bromatológica analisada das diferentes fontes de fibras 81

Tabela 3. Critérios de escore de diarreia em leitões 85

Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade aparente e nutrientes digestíveis de fontes fibras na alimentação de suínos com base na MN 86

Tabela 5. Parâmetros sanguíneos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de fibras 87

Tabela 6. Porcentagem de ocorrência comportamental de suínos alimentados com diferentes fontes de fibras submetidos ou não à restrição alimentar..... 88

Tabela 7. Metabólitos sanguíneos de suínos alimentados com diferentes fontes de fibras 89

Tabela 8. Escore fecal e taxa de passagem de suínos alimentados com diferentes fontes de fibras 89

LISTA DE ABREVIATURAS

ANCOVA	Análise de covariância
ANOVA	Análise de variância
AV	Altura de vilosidade
AL	Albumina
AANCL	Aminoácidos neutros de cadeia longa
AST	Aspartato aminotransferase
ALT	Alanina aminotransferase
BAL	Bactérias ácido lácticas
BED	Balanço eletrolítico das dietas
Ca	Cálcio
CA	Conversão alimentar
CDAT	Coeficiente de digestibilidade aparente total
CDATMS	Coeficiente de digestibilidade aparente total da matéria seca
CDATMO	Coeficiente de digestibilidade aparente total da matéria orgânica
CHCM	Concentração da hemoglobina corpuscular média
CIA	Cinza solúvel em ácido
CID	Comprimento intestino delgado
CIG	Comprimento intestino grosso
CDR	Consumo diário de ração
CIA	Cinza insolúvel em acido
DIP	Dieta isenta de proteína
E.coli	*Escherichia coli*
ETEC	*Escherichia coli* enterotóxica
ETB	Enterobactérias
EPM	Erro padrão médio
EE	Extrato etéreo
FPM	Farelo da polpa de maça
FUV	Farelo de uva desidratada
BC	Farelo de brócolis
HM	Hemácias
HG	Hemoglobinas

HT	Hematócrito
HCM	Hemoglobina corpuscular média
HCL	Ácido clorídrico
OPD	Ovo em pó desidratado
PC	Profundidade de cripta
PCI	Peso corporal inicial
PCF	Peso corporal final
PB	Proteína bruta
PP	Proteínas plasmáticas
PT	Proteína total
SAS	*Statistical Analysis System*
SEM	Sentar
GPD	Ganho de peso
GLI	Glicose
MM	Matéria mineral
MS	Matéria seca
TºC	Temperatura em graus célsius
UR %	Umidade relativa do ar

SUMÁRIO

1. Introdução..... 17
2. Objetivos 18
3. Revisão..... 19
3.1 Nutrição de leitões e período pós-desmame..... 19
3.2 Plasma Sanguíneo..... 21
3.3 Ovo em pó desidratado 22
3.4 Modelo de análises digestivas e saúde intestinal..... 25
3.5 Fontes de fibra..... 26
4. Referências..... 28

II - SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO OVO EM PÓ DESIDRATADO POR PLASMA SANGUÍNEO, EM DIETAS PARA LEITÕES EM FASE DE CRECHE

Highlights..... 33
Resumo..... 35
Abstract..... 36
1. Introdução..... 38
2. Material e métodos..... 39
3. Resultados..... 49
4. Discussão..... 57
5. Conclusão..... 67
Conflito de interesse..... 67
Agradecimentos..... 67
Referências..... 68

III. ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE TOTAL DE DIFERENTES FONTES DE FIBRAS EM SUÍNOS EM FASE DE CRESCIMENTO

Highlights..... 72

Resumo..... 73

Abstract..... 75

1. Introdução..... 77
2. Material e métodos..... 78
3. Resultados..... 85
4. Discussão..... 90
5. Conclusão..... 100

Conflito de interesse..... 100

Agradecimentos..... 100

Referências..... 101

1 INTRODUÇÃO

Apesar do franco crescimento, a suinocultura brasileira enfrenta aumentos nos custos de produção nos últimos anos, especialmente, nos insumos que compõem a ração. A indústria suinícola tem buscado constantemente estratégias nutricionais para melhorar o desempenho de crescimento dos animais. Porém, como as dietas comumente são baseadas em milho e farelo de soja, ambas podem influenciar nos gastos nutricionais na produção suína (UPADHAYA et al., 2016). Além disso, os leitões passam por desafios impostos pelo desmame, considerado o período mais crítico, em função, principalmente, da fisiologia digestiva dos leitões, imaturidade enzimática e nutrição, uma vez que nesse período ocorre a transição do leite materno para dieta sólida, além da perda do contato com mãe (DENCK et al., 20; 17; SANTOS et al*.,* 2021).

Nesse contexto, existe uma constante busca por alimentos alternativos que possam contribuir com a substituição de ingredientes com custo mais elevado na dieta. Como, por exemplo, diferentes fontes de proteínas, nutriente de custo elevado e que pode levar a problemas na digestibilidade nas primeiras etapas de vida do leitão. A espécie suína tem sido utilizada como modelo por muitos pesquisadores no estudo de aspectos do desenvolvimento humano, procedimentos cirúrgicos, impactos de doenças e fatores nutricionais (BASSOLS et al., 2014; SCIASCIA et al., 2016; WALTERS et al., 2017 Park et al., 2020). Nesse sentido, surge a necessidade de convalidar estudos envolvendo alimentos utilizados na nutrição humana e suíno como modelo em ensaios de metabolismo. Além disso, tem-se utilizado o suíno como modelo para avaliar o valor nutricional de alimentos que podem ser usados na alimentação de cães (BOSCH et al., 2009).

Por exemplo, a utilização de fibras na alimentação humana é cada vez mais crescente, uma vez que é um fator metabolicamente importante. As propriedades físico-químicas da fibra alimentar, como volume, viscosidade e fermentabilidade, podem contribuir para o potencial saciante de dietas ricas em fibra em humanos e suínos (DA SILVA et al., 2012). No entanto, em humanos estudos sobre as propriedades saciantes das fibras produziram resultados inconsistentes o que pode estar relacionado à dificuldade de padronizar fatores externos que afetam a regulação da saciedade e o tempo necessário para a adaptação microbiana à fibra fermentável (DA SILVA et al., 2012; NEWMAN et al., 2016). A utilização do suíno como modelo animal permite a natureza mais complexa da obtenção de amostras de digesta ileal, o que é dificilmente alcançável por voluntários humanos saudáveis (NEWMAN et al., 2016).

Assim, na busca por alimentos alternativos e com a necessidade de mais pesquisas, dois estudos foram conduzidos, um avaliando a substituição de ingredientes proteicos, outro, com diferentes fontes de fibra utilizando o suíno como modelo para humanos e cães.

No primeiro estudo, avaliou-se a farinha de ovo em pó em substituição parcial ao plasma sanguíneo na alimentação de leitões na fase de creche e seus efeitos sobre o desempenho zootécnico, parâmetros sanguíneos, ocorrência de diarreia, avaliação microbiológica e morfometria do jejuno de leitões em fase de creche e a digestibilidade das dietas.Na sequência, realizou-se um estudo avaliando inclusão de diferentes fontes de fibras, sendo farelo de bagaço de uva, farelo da polpa de maçã e farelo de brócolis, utilizadas na alimentação humana e cães, em dietas para suínos e seus efeitos sobre os metabólitos sanguíneos, comportamento alimentar e digestibilidade das dietas. A hipótese do estudo versava de que a adição de fontes fibrosas na dieta de suínos melhora a digestibilidade dos nutrientes e o comportamento, favorecendo nos parâmetros sanguíneos, escore fecal e taxa de passagem.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a utilização de alimentos alternativos sobre o desempenho zootécnico, parâmetros sanguíneos e de comportamento, incidência de diarreia, taxa de passagem, escore fecal, avaliação de morfometria e microbiológica do jejuno e digestibilidade das dietas em leitões em fase de creche.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o desempenho zootécnico, parâmetros sanguíneos e incidência de diarreia de leitões alimentados com ovo em pó desidratado em substituição parcial do plasma sanguíneo;
- Verificar a morfometria intestinal, avaliações microbiológicas, peso e pH de órgãos e intestinal dos animais alimentados com ovo em pó desidratado;
- Avaliar a digestibilidade total da farinha de ovo em pó para suínos em fase inicial;

- Determinar os valores nutricionais de diferentes fontes de fibra alimentar (farelo de bagaço de uva; farelo da polpa de maçã e farelo de brócolis), em alimentos com potencial para uso na alimentação humana e de cães;
- Avaliar os parâmetros sanguíneos, escore fecal, taxa de passagem e parâmetros comportamentais de leitões alimentados com diferentes fontes de fibras.

3 Revisão

3.1 Nutrição de leitões e período pós-desmame

A comercialização da carne suína no Brasil vem crescendo constantemente, sendo o quarto maior produtor e quarto maior exportador de carne suína no mundo (FAO, 2021). A carne suína é, a segunda mais produzida no mundo, sendo que, em 2020, a produção total foi de 97.757 mil toneladas (ABPA, 2021). Colaborando com 4.436 mil toneladas, no ano de 2020, o Brasil ficou como quarto maior produtor e, em 2021, apresentou um crescimento de 5% em sua produtividade (USDA, 2021).

Nesse cenário há um aumento de investimento científico e tecnológico, levando à melhora na qualidade nutricional, sanidade, ambiência e avanços em melhoramento genético. O período em que se realiza o desmame de leitões torna-se cada vez mais precoce, variando de 21 a 28 dias pós nascimento (FACCIN et al., 2020), o que gera, cada vez mais, a necessidade de uma dieta mais tecnológica com alimentos de boa digestibilidade para este período.

O desmame é um dos mais estressantes períodos no ciclo de vida de leitões, pois, além da realização de diversos manejos, como a mistura de lotes de acordo com peso e vacinações, caracteriza-se também por uma mudança de ambiente, estresse, mudanças hierárquicas, adaptação aos novos comedouros e bebedouros e a separação da mãe. É nessa fase, também, que o animal apresenta uma janela de suscetibilidade, uma vez que não recebe mais anticorpos através do leite materno, e não possui seu sistema imune totalmente desenvolvido. A troca do tipo de alimentação, do leite materno para a ração de creche, também mostra uma redução nos índices de consumo alimentar e de ganho de peso (MOESER et al., 2007).

Relacionado ao período de maior susceptibilidade, o suíno possui a placenta do tipo epitélio corial, ou seja, não permite a passagem de imunoglobulinas da matriz para progênie, como ocorre nos primatas, por exemplo. Assim, a prole adquire a imunidade através do colostro e do leite materno obtendo imunidade passiva até ser capaz de desenvolver seus próprios mecanismos de defesa (ROOKE; BLAND, 2002). Entre o período de desmame até o momento

em que o animal consegue desenvolver completamente o sistema imune, o leitão encontra-se suscetível a enfermidades e infecções sendo, portanto, dependente de boas práticas de manejo e ambiência, mas, principalmente, de uma nutrição adequada para promover rápido desenvolvimento corporal e imunológico.

Adequar as fontes proteicas presentes na ração para leitões pode ser uma alternativa para suportar esse desenvolvimento e permitir a melhor expressão genética, refletindo em consumo e ganho de peso adequados, atividade enzimática adequada e desenvolvimento corporal (PEINIAU; AUMAITRE; LEBRETON, 1996).

Nesta etapa de vida do leitão, são observados também problemas em relação à digestão estomacal. Imediatamente após o desmame, o pH estomacal permanece em torno de 4,9, enquanto o pH ideal para funcionamento ótimo das enzimas gástricas deve ser próximo de 2 (LEE et al., 2021). Nesta faixa de pH, há uma perda de digestibilidade, especialmente das proteínas, o que pode resultar em posterior fermentação no intestino e, consequentemente, o aumento dos casos de diarreia durante o período inicial de creche.

Entre os produtos comercializados para contornar essa dificuldade estão os produtos lácteos, tal como o soro de leite em pó, fonte rica em galactose, permitindo a reposição de glicogênio e de reservas lipídicas, uma vez que o consumo de alimento nos primeiros dias pós desmame apresenta queda significativa. Destaca-se que a digestão da lactose presente nos produtos lácteos resulta em ácido lático, responsável por reduzir o pH estomacal, permitindo melhor funcionamento enzimático e, consequentemente, melhor digestão da ração (BERTOL; SANTOS-FILHO; LUDKE, 2000).

Todavia, os produtos lácteos apresentam um custo elevado quando comparado aos outros ingredientes da ração, além de possuírem um menor tempo de prateleira, o que dificulta a sua aquisição e estoque. Diversas alternativas vêm sendo estudadas para obter efeitos similares aos produtos lácteos, como ácidos orgânicos e produtos de suplementação de cálcio alternativas ao calcário calcítico, que apresenta forte efeito tamponante na dieta.

Dentre as alternativas, o uso de plasma sanguíneo desidratado vem apresentando forte crescimento na suinocultura como fonte proteica e de imunoglobulinas, auxiliando tanto no desempenho quanto no desenvolvimento da imunidade.

Um dos principais problemas encontrados na produção de suínos, especialmente na fase de desmame, é a diarreia. Os diversos componentes estressores, tanto alimentares e ambientais, quanto fisiológicas, no período pós-desmame, resultam no aumento dos hormônios de estresse, como o cortisol, que, por sua vez, atuam como forte imunossupressores. Diante desses fatores, é comum o estabelecimento, principalmente, em granjas com menor investimento em

biosseguridade e vacinação, de colônias de *Escherichia coli* enterotóxica (ETEC) (FAIRBROTHER; NADEAU; GYLES, 2005).

A bactéria gram-negativa atua colonizando o jejuno e o íleo, promovendo então a liberação de enterotoxinas que lesionam o epitélio das células intestinais, reduzindo a altura e área de absorção das vilosidades (RUAN et al., 2011). Com isso, a água e eletrólitos ingeridos se acumulam no lúmen intestinal, promovendo perda de água do organismo para o lúmen por osmose, resultando em diarreia e forte perda de peso.

Algumas situações, como a alta proteína na dieta, especialmente relacionada à baixa digestibilidade, podem gerar um aumento na taxa de passagem de proteínas não digestíveis, o que poderia levar a um aumento na fermentação e, consequentemente, um aumento nas populações de ETEC no jejuno e íleo (WANG, 2011).

3.2 Plasma Sanguíneo

O plasma sanguíneo (PS) é um aditivo obtido pela coleta de sangue de suínos ou bovinos, caracterizado como um resíduo comum de abatedouros, sendo posteriormente submetido ao processo de secagem por aspersão, o *spray-drying* (BAH et al., 2013). O plasma em pó é composto de diversos ingredientes funcionais sendo rico em aminoácidos como triptofano, lisina e treonina, além de imunoglobulinas, albumina, peptídeos biologicamente ativos, como a transferrina, enzimas e fatores de crescimento (BESKI; SWICK; IJI, 2015; COFFEY; CROMWELL, 2023).

O ovo em pó desidratado (OPD) vem sendo utilizado em dietas de suínos desmamados em fase de creche, pois são dietas mais desafiadoras em que se deve combinar adequadamente os ingredientes para que apresentem alta digestibilidade e palatabilidade, sem predispor o leitão a problemas digestivos, pois é uma fase em que há dificuldade na produção de enzimas endógenas capazes de catalisar reações de digestão de carboidratos complexos e proteínas. Essa complicação é agravada também quando o animal apresenta baixo consumo de ração durante os primeiros dias pós-desmame, um período caracterizado como estressante no ciclo de vida dos suínos (COFFEY; CROMWELL, 2023).

Assim, os componentes enzimáticos presentes no PS, bem como as proteínas de alto valor biológico também inclusas, auxiliam a mitigar as perdas nutricionais causadas pelo estresse nesse período de transição (VAN DIJK et al., 2001). O plasma sanguíneo (PS) também possui o aminoácido glutamato, um ácido carboxílico que, além de funcionar como neurotransmissor no sistema nervoso central, é relatado como tendo um importante efeito em

estimular o consumo de ração através do aumento de palatabilidade, uma das complicações encontradas na fase de pós-desmame (LAWRENCE et al., 2004; REEDS et al., 2000).

Os mecanismos de ação dos componentes plasmáticos envolvidos são diversos, podendo citar: Regulação do tecido linfoide associado ao trato gastrointestinal (TGI), através de citocinas e fatores de crescimento; Efeito anti-inflamatório na mucosa, reduzindo a ativação de linfócitos T auxiliadores, redução da ativação de citocinas inflamatórias e ativação da interleucina anti-inflamatória IL-10, além de redução dos fatores TNF-α e IFN-γ (PÉREZ-BOSQUE; POLO; TORRALLARDONA, 2016).

Como relatado na literatura, além dos benefícios em termos de desempenho zootécnico, o PS em pó auxilia no combate da diarreia pós-desmame, uma das principais causas de mortalidade em fase inicial de leitões em período de creche (MÜLLER et al., 2018; NIEWOLD et al., 2007). Entretanto, apesar dos benefícios em termos de desempenho animal e de proteção imunológica passiva, o OPD desidratado ainda é um produto oneroso na formulação e apresenta produção e fornecimento limitados, uma vez que o processamento do plasma é intrinsecamente complexo (HONG et al., 2013), abrindo espaço para pesquisas por eventuais substitutos nas formulações.

Alternativas com maior relação custo-benefício, e que consigam acompanhar ou até mesmo complementar, em substituição parcial, o uso do plasma desidratado, devem ser levadas em consideração. Nesse cenário, o OPD, que pode ser obtido através de subprodutos de descarte da indústria de ovos, surge como potencial aditivo à dieta de leitões durante as primeiras semanas pós-desmame.

3.3 Ovo em pó desidratado

A produção anual de ovos no Brasil, no ano de 2020, foi de aproximadamente 3.967 milhões de dúzias (EMBRAPA, 2020). No entanto, nem todos esses são destinados ao consumo humano, uma vez que nos entrepostos de distribuição e beneficiamento, os ovos passam por um processo de ovoscopia, nos quais os ovos sujos, trincados, deformados, entre outros, são removidos.

Ao comparar o uso de ovo em pó desidratado em dietas de leitões desmamados, Zhang et al. (2015) apresentaram que o perfil de aminoácidos se mostrou balanceado, apesar de levemente menor que o de dietas suplementadas com plasma sanguíneo e albúmen em pó, por exemplo, provavelmente devido ao seu alto conteúdo lipídico, que também se mostra benéfico como suplemento energético.

Além de proteínas de alto valor biológico, ovo em pó desidratado contém substâncias com propriedades antimicrobianas, como por exemplo, a lisozima, capaz de romper as ligações do ácido N-acetilmurâmico, das bactérias gram-positivas (SCHMIDT; NYACHOTI; SLOMINSKI, 2003). Entretanto, tal efeito se dá, essencialmente, pela alta concentração de imunoglobulinas próprias do suíno, enquanto a concentração destas no ovo é inferior, provavelmente, pelo fato das aves possuírem doenças e demandas imunológicas diferentes das encontradas pelo suíno.

Em um estudo realizado por Owusu-Asiedu, Nyachoti e Marquardt (2003) demonstrou-se que, ao imunizar aves com antígenos específicos para as fimbrias F18 e K88 da ETEC, os ovos por elas produzidos continham anticorpos específicos para esses antígenos e estes, ao serem submetidos ao processo de *spray-drying* e, posteriormente, fornecidos nas dietas de leitões, foram capazes de controlar os casos de diarreia pós-desmame tão bem quanto os leitões suplementados com a farinha de plasma.

Na literatura falta consistência quanto ao uso de OPD na nutrição não ruminantes (FIGUEIREDO et al., 2003). LLATA et al. (1998) estudaram o efeito de albúmen em pó, plasma liofilizado e uma mistura dos dois componentes na nutrição de leitões recém-desmamados, e foi identificado maior ganho de peso diário e melhor conversão alimentar no grupo suplementado por plasma, seguido do grupo com mistura nos dois componentes. Esse déficit nutricional pode ser explicado pela presença de inibidores de tripsina presentes nas diversas proteínas dos ovos (SCHMIDT et al., 2003; VAN NEVEL et al., 2000). Contudo, SONG et al. (2012) observaram um aumento do ganho de peso diário e consumo alimentar, além de reduzir a frequência de tratamentos medicinais nas baias por dia, quando comparado com o grupo controle, ao adicionar OPD na dieta de leitões desmamados. A redução dessa frequência de tratamentos pode ser explicada pela presença, na gema do ovo, da imunoglobulina IgY, um anticorpo estruturalmente semelhante à IgG encontrada em mamíferos (AKITA; NAKAI, 1992), além do conhecido efeito da lisozima.

A Imunoglobulina IgY é o principal anticorpo de resposta rápida das aves, similar em função e estrutura à IgG dos mamíferos. Mesmo sendo um anticorpo não inato do suíno, é sabido que a IgY não é detectada como invasora pelo sistema complemento, pelos receptores Fc e não se liga às proteínas A e G (LI et al., 2015). Dentre os mecanismos de ação propostos, são conhecidos a aglutinação de bactérias patogênicas, opsonização com auxílio do sistema complemento, seguido de fagocitose e inativação de toxinas, e inibição do potencial de adesão bacteriano à parede celular (LEE et al., 2021).

Ao suplementar suínos com IgY através de microcápsulas, Li et al. (2009) relataram uma redução dos índices de diarreia nos animais desafiados com ETEC, 24 horas após a aplicação, provavelmente, pela ação dos anticorpos de se ligarem às fímbrias da bactéria, atuando de forma a impedir a aderência desta na parede intestinal (YOKOYAMA et al., 1992). Além da ação terapêutica, o potencial profilático da IgY também foi encontrado por Marquardt et al. (1999), que relataram maior taxa de sobrevivência (100%) nos animais suplementados com IgY de galinhas imunizadas contra ETEC, em comparação ao grupo controle (70%), ambos formados por leitões recém-desmamados com 21 dias. Os animais suplementados também apresentaram consistência normal de fezes, enquanto os animais sobreviventes do grupo controle apresentaram diarreia. Dessa forma, a presença da IgY, encontrada naturalmente na gema do ovo, pode apresentar um potencial de melhora no sistema imunológico de leitões suplementados com ovo em pó desidratado.

Quanto ao potencial nutricional do OP, Figueiredo et al. (2003) realizaram um estudo para avaliar os índices de digestibilidade, bem como comparar o desempenho zootécnico dos animais alimentados com o OP em distintas proporções de substituição do plasma sanguíneo nas dietas de leitões recém-desmamados. Quanto à digestibilidade ileal aparente dos nutrientes da OP, foi verificado valores elevados em comparação com outras fontes proteicas que já foram incluídas como suplemento nas dietas de leitões, tais como a farinha de carne e osso, o plasma sanguíneo desidratado e a farinha de peixe. O valor de energia digestível do OP apresentou superioridade aos demais componentes. Isso pode ser explicado pela quantidade de gordura encontrada no ovo, enquanto as outras fontes têm como principal objetivo a suplementação proteica.

Quanto ao desempenho dos animais, como reportado por Figueiredo et al. (2003), foi observado reduções lineares quanto ao ganho de peso diário e consumo diário de ração, conforme a quantidade de ovo em pó aumentava, em substituição ao plasma sanguíneo desidratado, porém tal efeito só foi observado quando a substituição era superior a 4% de inclusão. Isso pode revelar inicialmente que, apesar do ovo em pó conseguir maior qualidade de perfil de aminoácidos e de gordura em comparação a outras fontes de proteína, o potencial imunológico e palatável do PS consegue também promover benefícios para o leitão. No entanto, resultados na literatura mostram que a posterior alimentação dos animais com dieta basal, após o fornecimento de dietas contendo ovo em pó durante o período pós-desmame, não apresentaram diferenças em desempenho (NESSMITH et al., 1996), ou seja, o ovo em pó conseguiu estabilizar os índices zootécnicos enquanto o custo da ração foi reduzida, sendo um potencial aditivo para na substituição de PS.

O desempenho observado nos leitões para a variável consumo alimentar e, consequentemente, ao ganho de peso pode ser explicado pelo potencial do ovo de estimular uma sensação de saciedade, efeito encontrado em pesquisas em humanos (VILLAUME et al., 1986; VANDER WAL et al., 2005) fazendo com que os animais tenham menor estímulo para procurar alimento, quando comparado a outras fontes proteicas. Esse fator característico do ovo ainda demanda mais estudos quanto a sua viabilidade e resposta em eficiência alimentar em todas as fases de crescimento dos suínos.

Assim, o ovo em pó tem um potencial de substituição parcial ao plasma sanguíneo desidratado, permitindo redução dos custos totais de produção da ração, ou sendo suplementado apenas durante a fase pós-desmame, como um redutor direto de custo alimentar. A utilização do ovo em pó desidratado precisa de mais estudos sobre seus efeitos durante o período inicial pós-desmame de leitões, uma vez que a literatura ainda é inconclusiva quanto aos níveis de inclusão e quanto aos potenciais benefícios do uso do OP na dieta.

3.4 Modelo de análises digestivas e saúde intestinal

A utilização de modelos alternativos para simulação de processos cirúrgicos e estudos sobre funcionamento orgânico e de processos digestivos vem sendo buscada pela comunidade científica, de modo que os principais modelos buscados são aqueles com maior facilidade de manipulação, maior sustentabilidade, rentabilidade e similaridade com o ser humano em termos anatômicos e fisiológicos (TUMBLESON; SCHOOK, 1996).

O uso de roedores foi por muito tempo o padrão ouro como modelo de estudos genéticos e fisiológicos de seres humanos. Entretanto, a similaridade do trato gastrointestinal dos suínos (TGI), como o tamanho dos compartimentos intestinais, o hábito alimentar onívoro, as predisposições para doenças como úlceras e obesidade, e a predominância do colón como principal sítio de fermentação para alimentos fibrosos, com TGI altamente compartimentalizado e presença de ceco como sítio principal de fermentação, torna os suínos um modelo muito mais fiel ao encontrado no humano (ROURA et al., 2016).

Dessa maneira, o suíno vem sendo utilizado como modelo de estudo de síndromes metabólicas, alergias e reações de hipersensibilidade, cirurgias odontológicas e bariátricas, análises de digestibilidade e metabólica, dentre muitas outras enfermidades e procedimentos (MCCLAIN; BANNON, 2006; GANDARILLAS; BAS, 2009;SPURLOCK; ZHANG et al., 2023).

O uso do modelo suíno para avaliação de características relativas à digestibilidade, funcionamento hormonal e metabólico e comportamento alimentar pode ser uma alternativa viável para estudos quanto ao aproveitamento de alimentos fibrosos, uma vez que as propriedades da fibra dietética e suas relações com outros componentes da dieta e com o TGI são inconsistentes quando estudados no ser humano e não estão totalmente elucidadas na literatura (WANDERS et al., 2011; POUTANEN et al., 2017; YANG; ZHAO, 2021).

3.5 Fontes de fibra

Fibra é um termo nutricional hiperônimo que condiz a uma mistura de compostos oriundos de plantas que não são digeríveis pelo intestino delgado, tanto em humanos quanto em suínos (DREHER, 2001). É composta principalmente por cerca de 15% de polissacarídeos não amiláceos, ou seja, celulose, hemicelulose e pectina (STERK et al., 2007), oligossacarídeos, lignina e compostos associados, como fitatos, oxalatos, compostos fenólicos, entre outros (BERNAUD; RODRIGUES, 2013; TUNGLAND; MEYER, 2002).

Devido ao desequilíbrio pela presença de bactérias indesejáveis que causa danos à mucosa intestinal, do animal prejudicando a absorção dos nutrientes, compromete-se, assim, todo o potencial de desempenho zootécnico. Diante do exposto, as fibras são importantes na alimentação de animais monogástricos, uma vez que, com a inclusão do alimento na dieta, proporciona melhora na digestibilidade dos nutrientes, promovendo a saúde do trato gastrointestinal e, assim, favorecendo na performance do animal, proporcionando efeitos positivos no desenvolvimento da mucosa intestinal.

A Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos define, ainda, a fibra em três porções: a primeira, a fibra dietética, que consiste em carboidratos não digeríveis e lignina, intrínsecos e intactos obtidos da planta; a fibra funcional, que consiste em carboidratos não digeríveis isolados com efeitos fisiológicos benéficos em humanos; e a soma de ambas, a fibra total (DIETARY REFERENCE INTAKES, 2001).

A utilização de fibras na alimentação humana é cada vez maior, sendo vista como um fator metabolicamente importante. As propriedades físico-químicas da fibra alimentar, como volume, viscosidade e fermentabilidade, podem contribuir para o potencial saciante de dietas ricas em fibra em humanos e suínos (WANDERS et al., 2011; DA SILVA et al., 2012).

Na alimentação humana, a fibra é de fundamental importância, para redução dos riscos de algumas doenças, devido aos compostos bioativos que proporcionam efeitos antioxidantes, antitumoral, anti-inflamatório, entre outros (KATO-SCHWARTZ et al., 2020). Estudou-se a

associação entre a ingestão de fibra alimentar e o risco de câncer de cólon proximal e entre a ingestão de fibra alimentar e o risco de câncer de cólon distal. No acompanhamento, os indivíduos com menor ingestão de fibra, tiveram um risco de 21% e 14% maior de apresentarem o câncer (MAIA et al., 2018).

Assim, pelo fato de seus componentes serem, predominantemente, constituintes estruturais da parede celular de plantas são, dificilmente, digeridas pelo trato gastrointestinal de humanos e suínos, de modo que chegam quase intactas ao colón e podem então ser alvos de fermentação bacteriana, promovendo diversos efeitos benéficos a nível de microambiente (THEUWISSEN; MENSINK, 2008).

Em humanos, no entanto, estudos sobre as propriedades saciantes das fibras produziram resultados inconsistentes (WANDERS et al., 2011), o que pode estar relacionado à dificuldade de padronizar fatores externos que afetam a regulação da saciedade e o tempo necessário para a adaptação microbiana à fibra fermentável NEWMAN et al., 2016).

Portanto, os suínos que também são fermentadores colônicos onívoros são, cada vez mais, usados como modelos para a função digestiva humana. Como os suínos têm uma alta similaridade na fisiologia digestiva e respostas metabólicas aos humanos, observações feitas em suínos podem ser aplicáveis para humanos (NIELSEN et al., 2014).

Alguns tipos de fibra dietética são fermentados pela microbiota intestinal, produzindo ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Os AGCC podem estimular a liberação de peptídeos relacionados com a saciedade, tais como o peptídeo tirosina-tirosina (PYY) e peptídeo semelhante ao glucagon 1 (GLP-1). Ainda, os AGCC podem estimular a liberação de serotonina (5-HT) no cólon através da ativação de receptores de ácidos graxos livres 2, expressos em células contendo 5-HT, que afetam a motilidade de colônia e tempo total de trânsito da digesta, contribuindo, assim, para a regulação da saciedade, independentemente do PYY e do GLP-1 (BORRE et al., 2014).

A busca de alimentos fibrosos, tornou-se fonte alternativa de fácil acesso, muito utilizada, a fim de auxiliar até mesmo no destino correto para os resíduos, evitando possíveis contaminações no solo. Entretanto, para a utilização em dietas de não ruminantes, existe o cuidado em relação à quantidade, visto que não possui uma boa digestibilidade e da possibilidade de interferir na degradação, energia e absorção de outros nutrientes presentes (WANG et al., 2002). Estudos envolvendo a utilização de brócolis e a polpa de maçã na nutrição de suínos necessitam de investigações, pois são escassos e ou inexistentes.

4 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. **Relatório Anual** 2021. 2021. p.1-146.

AKITA, E.M.; NAKAI, S. Immunoglobulins from egg yolk: isolation and purification. **Journal of Food Science**, v. 57, n. 3, p. 629–634, 1992.

BAH, C.S.F.; BEKHIT, A.El-Din A.; CARNE, A.; MCCONNELL, M.A. Slaughterhouse blood: an emerging source of bioactive compounds. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 12, n. 3, p. 314–331, 2013.

BERTOL, T.M.; SANTOS FILHO, J.I. Dos; LUDKE, J.V. Níveis de suplementação com lactose na dieta de leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 5, p. 1387–1393, 2000.

BESKI, S.S.M.; SWICK, R.A.; IJI, P.A. Subsequent growth performance and digestive physiology of broilers fed on starter diets containing spray-dried porcine plasma as a substitute for meat meal. **British Poultry Science**, v. 56, n. 5, p. 559–568, 2015.

BORRE, Y.E.; O'KEEFFE, G.W.; CLARKE, G.; STANTON, C.; DINAN, T.G.; CRYAN, J.F. Microbiota e janelas do neurodesenvolvimento: implicações para distúrbios cerebrais. **Tendências Mol Med**, v.20, n.9, p. 509-518, 2014.

COFFEY, R.; CROMWELL, G. Spray-Dried Animal Plasma in Diets for Weanling Pigs. 2023.

DREHER, M.L. Dietary Fiber Overview. *Em*: **Handbook of Dietary Fiber**. [s.l.] : CRC Press, 2001.

FACCIN, J.E.G.; LASKOSKI, F.; HERNIG, L.F., KUMMER, R.; LIMA, G.F.R.; ORLANDO, U.A.D.; GONÇALVES, M.A.D.; MELLAGI, A.P.G.; ULGUIM, R.R.; BORTOLOZZO, F.P. Impact of increasing weaning age on pig performance and belly nosing prevalence in a commercial multisite production system. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 4, p. 2020.

FAIRBROTHER, J.M.; NADEAU, E.; GYLES, C.L. *Escherichia coli* in postweaning diarrhea in pigs: an update on bacterial types, pathogenesis, and prevention strategies. **Animal Health Research Reviews**, v. 6, n. 1, p. 17–39, 2005.

FIGUEIREDO, A.N.; MIYADA, V.S.; UTIYAMA, C.E.; LONGO, F.A. Ovo em pó na alimentação de leitões recém-desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1901–1911, 2003.

GANDARILLAS, M.; BAS, F. The domestic pig (*Sus scrofa* domestica) as a model for evaluating nutritional and metabolic consequences of bariatric surgery practiced on morbid obese humans. **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 36, n. 2, p. 163–176, 2009.

HONG, J.W.; KWON, O.S.; MIN, B.J.; LEE, W.B.; SHON, K.S.; KIM, I.H.; KIM, J.W. Evaluation Effects of Spray-dried Egg Protein Containing Specific Egg Yolk Antibodies as a Substitute for Spray-dried Plasma Protein or Antibiotics in Weaned Pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 17, n. 8, p. 1139–1144. 2013.

HOUPT, K. A.; HOUPT, T. R.; POND, W. G. The pig as a model for the study of obesity and of control of food intake: areview. **The Yale Journal of Biology and Medicine**, v. 52, n. 3, p. 307–329, 1979.

KYLLAR, M.; ŠTEMBÍREK, J.; DANEK, Z.; HODAN, R.; STRÁNSKÝ, J.; MACHOŇ, V.; FOLTÁN, R. A porcine model: surgical anatomy of the orbit for maxillofacial surgery. **Laboratory Animals**, v. 50, n. 2, p. 125–136, 2016.

LAWRENCE, K.R.; GOODBAND, R.D.; TOKACH, M.D.; DRITZ, S.S.; NELSSEN, J.L.; DEROUCHEY, J.M. Comparison of wheat gluten and spray-dried animal plasma in diets for nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 12, p. 3635–3645, 2004.

LEE, S.A.; FEBERY, E.; WILCOCK, P.; BEDFORD, M.R. Application of Creep Feed and Phytase Super-Dosing as Tools to Support Digestive Adaption and Feed Efficiency in Piglets at Weaning. **Animals: an Open Access Journal from MDPI**, v. 11, n. 7, p. 2080, 2021.

LI, XIAO-YU; JIN, LI-JI; UZONNA, J.E.; LI, SHU-YING; LIU, JUN-JUN; LI, HUA-QIANG; LU, YA-NAN; ZHEN, YU-HONG; XU, YONG-PING. Chitosan–alginate microcapsules for oral delivery of egg yolk immunoglobulin (IgY): In vivo evaluation in a pig model of enteric colibacillosis. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 129, n. 1, p. 132–136, 2009.

LI, X.; WANG, L.; ZHEN, Y.; LI, S.; XU, Y. Chicken egg yolk antibodies (IgY) as non-antibiotic production enhancers for use in swine production: a review. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 6, n. 1, p. 40, 2015.

LLATA, M. De la; GOODBAND, R.D.; TOKACH, M.D.; NELSSEN, J.L.; DRITZ, S.S.; GRINSTEAD, G.S.; WOODWORTH, J.C. Effects of spray-dried egg albumin on growth performance of early-weaned pigs. **Kansas State University Swine Day 1998. Report of Progress,** v. 819, p. 38–40, 1998.

MARQUARDT, R.R.; JIN, L.Z.; KIM, Jung-Woo; FANG, L.; FROHLICH, A.A.; BAIDOO, S.K. Passive protective effect of egg-yolk antibodies against enterotoxigenic *Escherichia coli* K88+ infection in neonatal and early-weaned piglets. **FEMS Immunology & Medical Microbiology**, v. 23, n. 4, p. 283–288, 1999.

MCCLAIN, S.; BANNON, G. A. Animal models of food allergy: Opportunities and barriers. **Current Allergy and Asthma Reports**,v. 6, n. 2, p. 141–144, 2006.

MOESER, A.J.; RYAN, K.A.; NIGHOT, P.K.; BLIKSLAGER, A.T. Gastrointestinal dysfunction induced by early weaning is attenuated by delayed weaning and mast cell blockade in pigs. **American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology,** v. 293, n. 2, p. G413–G421, 2007.

MÜLLER, L.K.F.; PAIANO, D.; GUGEL, J.; LORENZETTI, W.R.; SANTURIO, J.M.; DE CASTRO TAVERNARI, F.; DA GLORIA, E.M.; BALDISSERA, M.D.; DA SILVA, A.S. Post-weaning piglets fed with different levels of fungal mycotoxins and spray-dried porcine plasma have improved weight gain, feed intake and reduced diarrhea incidence. **Microbial Pathogenesis**, v.117, p.259-264. 2018.

NESSMITH, W.B.Jr; BERGSTROM, J.R.; LOUGHMILLER, J.A.; SMITH, J.W.; TOKACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; NELSSEN, J.L.; DRITZ, S.S. Evaluation of various specialty protein sources as replacements for spray-dried animal plasma in diets for segregated early-weaned pigs. *Em*: 1996, **Anais** [...]. : Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, 1996. p. 34–38. Disponível em: https://krex.k-state.edu/handle/2097/2755. Acesso em: 14 mar. 2023.

NIEWOLD, T.A.; VAN DIJK, A.J.; GEENEN, P.L.; ROODINK, H.; MARGRY, R.; VAN DER MEULEN, J. Dietary specific antibodies in spray-dried immune plasma prevent enterotoxigenic *Escherichia coli* F4 (ETEC) post weaning diarrhea in piglets. **Veterinary Microbiology**, v. 124, n. 3, p. 362–369, 2007.

OWUSU-ASIEDU, A.; NYACHOTI, C.M.; MARQUARDT, R.R. Response of early-weaned pigs to an enterotoxigenic *Escherichia coli* (K88) challenge when fed diets containing spray-dried porcine plasma or pea protein isolate plus egg yolk antibody, zinc oxide, fumaric acid, or antibiotic1. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 7, p. 1790–1798, 2003.

PARK, S.; LEE, J. J.; YANG, B. M.; CHO, J. H.; KIM, S.; KANG, J.; OH, S.; PARK, D. J.; PEREZ-MALDONADO, R.; CHO, J. Y.; PARK, I. H.; KIM, H. B. AND SONG, M. Dietary protease improves growth performance, nutrient digestibility, and intestinal morphology of weaned pigs. **Journal of Animal Science and Technology**, v.62, p. 21-30, 2020.

PEKAS, J.C. Versatile Swine Laboratory Apparatus for Physiologic and Metabolic Studies. **Journal of Animal Science**, v. 27, p. 1303-1306, 1968.

PEINIAU, J.; AUMAITRE, A.; LEBRETON, Y. Effects of dietary protein sources differing in solubility on total tract and ileal apparent digestibility of nitrogen and pancreatic enzymes activity in early weaned pigs. **Livestock Production Science**, v. 45, n. 2, p. 197–208, 1996.

PÉREZ-BOSQUE, A.; POLO, J.; TORRALLARDONA, D. Spray dried plasma as an alternative to antibiotics in piglet feeds, mode of action and biosafety. **Porcine Health Management**, v. 2, n. 1, p. 16, 2016.

POUTANEN, K. S. et al. A review of the characteristics of dietary fibers relevant to appetite and energy intake outcomes in human intervention trials. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 106, n. 3, p. 747–754, 2017.

REEDS, P.J.; BURRIN, D.G.; STOLL, B.; JAHOOR, F. Intestinal glutamate metabolism. **The Journal of Nutrition**, v. 130, n. 4S Suppl, p. 978S–82S, 2000.

ROOKE, J.A.; BLAND, I.M. The acquisition of passive immunity in the new-born piglet. **Livestock Production Science**, v. 78, n. 1, p. 13–23, 2002.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais.** Viçosa: UFV, 488 p., 2017.

ROURA, E.; KOOPMANS, S-J.; LALLÈS, J-P.; HUEROU-LURON, I. Le; JAGER, N. De; SCHUURMAN, T.; VAL-LAILLET, D. Critical review evaluating the pig as a model for human nutritional physiology. **Nutrition Research Reviews**, v. 29, n. 1, p. 60–90, 2016.

RUAN, X.; LIU, M.; CASEY, T.A.; ZHANG, W. A Tripartite Fusion, FaeG-FedF-LT192A2:B, of Enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC) Elicits Antibodies That Neutralize Cholera Toxin, Inhibit Adherence of K88 (F4) and F18 Fimbriae, and Protect Pigs against K88ac/Heat-Labile Toxin Infection . **Clinical and Vaccine Immunology: CVI**, v. 18, n. 10, p. 1593–1599, 2011.

SCHMIDT, L.S.; NYACHOTI, C.M.; SLOMINSKI, B.A. Nutritional evaluation of egg byproducts in diets for early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 9, p. 2270–2278, 2003.

SONG, M.; CHE, T.M.; LIU, Y.; SOARES, J.A.; HARMON, B.G.; PETTIGREW, J.E. Effects of dietary spray-dried egg on growth performance and health of weaned pigs1. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 9, p. 3080–3087, 2012.

TUMBLESON, M.E.; SCHOOK, L.B. **Advances in Swine in Biomedical Research**. Springer Science & Business Media, 1996.

VAN DIJK, A.J.; EVERTS, H.; NABUURS, M.J.A.; MARGRY, R.J.C.F.; BEYNEN, A.C. Growth performance of weanling pigs fed spray-dried animal plasma: a review. **Livestock Production Science**, v. 68, n. 2, p. 263–274, 2001.

VAN NEVEL, C.; SEYNAEVE, M.; VAN DE VOORDE, G.; DE SMET, S.; VAN DRIESSCHE, E.; DE WILDE, R. Effects of increasing amounts of Lupinus albus seeds without or with whole egg powder in the diet of growing pigs on performance. **Animal Feed Science and Technology**, v. 83, n. 2, p. 89–101, 2000.

VANDER WAL, J.S.; MARTH, J.M.; KHOSLA, P.; JEN, K.L.C.; DHURANDHAR, N.V. Short-Term Effect of Eggs on Satiety in Overweight and Obese Subjects. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 24, n. 6, p. 510–515, 2005.

VILLAUME, C.; BECK, B.; ROHR, R.; POINTEL, J.P.; DEBRY, G. Effect of exchange of ham for boiled egg on plasma glucose and insulin responses to breakfast in normal subjects. **Diabetes Care**, v. 9, n. 1, p. 46–49, 1986.

WANDERS, A.J.; VAN DEN BORNE, J.J.G.C.; DE GRAAF, C.; HULSHOF, T.; JONATHAN, M. C.; KRISTENSEN, M.; MARS, M.; SCHOLS, H.A.; FESKENS, E.J.M. Effects of dietary fibre on subjective appetite, energy intake and body weight: a systematic review of randomized controlled trials. **Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity**, v. 12, n. 9, p. 724–739, 2011.

YOKOYAMA, H.; PERALTA, R.C.; DIAZ, R.; SENDO, S.; IKEMORI, Y.; KODAMA, Y. Passive protective effect of chicken egg yolk immunoglobulins against experimental enterotoxigenic Escherichia coli infection in neonatal piglets. **Infection and Immunity**, v. 60, n. 3, p. 998–1007, 1992.

ZAWORSKA-ZAKRZEWSKA, A.; KASPROWICZ-POTOCKA, M.; CIOLEK, K.; PRUSZYNSKA-OSZMALEK, E.; STUPER-SZABLEWSKA, K. AND RUTKOWSKI, A. The effects of protease supplementation and faba bean extrusion on growth, gastrointestinal tract physiology and selected blood indices of weaned pigs. **Animals, v.**12, p. 563, 2022.

ZHANG, S.; PIAO, X.; MA, X.; XU, X.; ZENG, Z.; TIAN, Q.; LI, Y. Comparison of spray-dried egg and albumen powder with conventional animal protein sources as feed ingredients in diets fed to weaned pigs. **Animal Science Journal**, v. 86, n. 8, p. 772–781, 2015.

Highlights

1- O ovo em pó desidratado influencia na ocorrência de diarreia, perfil bioquímico sanguíneo e na saúde do trato gastrointestinal de leitões na fase de creche.

2- Diferentes níveis de inclusão do ovo em pó desidratado, influenciam nos parâmetros de morfometria intestinal de jejuno de leitões em fase de creche.

II. SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO OVO EM PÓ DESIDRATADO POR PLASMA SANGUÍNEO, EM DIETAS LIVRE DE ANTIBIÓTICO PARA LEITÕES EM FASE DE CRECHE

RESUMO - Com a necessidade de buscar alimentos alternativos que visam reduzir custos de ração, bem como reaproveitar os ovos que compreendem material residual do processo de seleção para incubação e/ou comercialização, o presente estudo objetivou de avaliar a substituição de plasma sanguíneo (PS) por ovo em pó desidratado (OPD) na alimentação de leitões e seus efeitos sobre a digestibilidade total, desempenho zootécnico, parâmetros sanguíneos, incidência de diarreia, avaliação microbiológica e morfometria intestinal (jejuno). Foram utilizados 24 leitões mestiços, machos inteiros, com peso corporal inicial médio de 21,32±1,24 kg, em um delineamento experimental de blocos casualizados completos com três tratamentos de oito repetições, com um animal por gaiola metabólica como unidade experimental. Os tratamentos experimentais foram: ração referência (RR), sem inclusão de ovo em pó desidratado (RR); (2) (RR +OPD15%) ração referência + 15% de ovo em pó desidratado (OPD); (3) (RR +OPD18%) ração referência + 18% de ovo em pó desidratado. O consumo de alimento total e o consumo e excreção de matéria seca (MS), bem como o teor de matéria orgânica (MO), de proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) foram expressos em gramas e analisados para calcular o coeficiente de digestibilidade aparente do trato total (CDATT) de MS (CDATTMS), MO (CDATTMO), PB (CDATTPB) e EB (CDATTEB). Os valores de nutrientes digestíveis (ND) para a MS digestível (MSD, g/kg), proteína digestível (PD, g/kg), MO digestível (MOD, g/kg); e a energia digestível (ED, kcal/kg) e metabolizável (EM, kcal/kg). No final do período de coleta de dados, todos os animais foram submetidos à coleta de sangue para análises bioquímicas sanguíneas de albumina (ALBM), proteínas totais (PT), colesterol (COLEST), fosfatase alcalina (FA), ureia (URA) e glicose (GLI). Os animais alimentados com a dieta RR+15% OPD apresentaram menor CDAMS e MSD em comparação aos animais do grupo alimentados com as dietas RR+18% OPD. No entanto, os CDAPB e CDAEM, foram maiores no tratamento do grupo RR+18%OPD, com base nos valores médios. Houve efeito ($p \leq 0,05$) de tratamentos (sobre a variável colesterol total $p=0,0003$). Os suínos do grupo DC apresentaram uma redução na concentração de Colest Total, em comparação aos com OPD15% e OPD18%. Para as demais variáveis avaliadas não houve efeito ($p>0,05$) de tratamento. **Experimento II**. O experimento de desempenho envolveu 96 leitões machos inteiros, de linhagem comercial distribuídos em um delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro tratamentos, oito repetições e três animais por unidade experimental, a baia como unidade experimental. As dietas experimentais foram compostas por uma dieta controle (DC)

sem adição do ovo em pó desidratado OPD, (2) DC + 20% de OPD em substituição ao plasma sanguíneo PS (OPD20), (3) DC + 40% de OPD em substituição ao PS (OPD 40) e (4) DC + 60% de OPD em substituição ao PS (OPD60). Ao final das fases pré-inicial II e inicial foram realizadas as análises dos parâmetros sanguíneos, glicose (GLIC), ureia (URA), proteínas totais (PT), colesterol (COLEST), fosfatase alcalina (FA) e hemograma completo. Para as avaliações de ocorrências de diarreia foram atribuídas notas de 0 a 3 para cada animal de acordo com a consistência. Ao final do período experimental, foram abatidos seis animais por tratamento, para coleta de órgão e digestas. Para avaliação da morfometria foram realizadas mensurações intestinal do jejuno. Para avaliações de microbiologia foram coletadas amostras do jejuno. Os testes de Shapiro-Wilk e de Levene foram utilizados para verificar a normalidade e homogeneidade de variâncias entre os tratamentos. Não houve efeito ($p>0,05$) de tratamento sobre as variáveis de desempenho zootécnico, no entanto, os resultados referentes à ocorrência de diarreia (OD) apresentaram efeito ($p=0,002$) de tratamento na fase pré inicial I, observando-se valores menores de OD para os tratamentos DC e OPD40 com 0,125 e 0,050 % respectivamente, quando comparado ao tratamento que receberam OPD20. Já na fase pré-inicial II, o OPD60 resultou em menor OD (0,008%), apresentando resultados semelhantes para OP20 e OPDD40 (0,027 e 0,045%, respectivamente), diferindo apenas do DC com maior ocorrência de (0,089%) ($P=0,004$). Para as variáveis bioquímicas sanguíneas, houve diferença ($p=0,024$) para a variável ALB ($p=0,029$), URA ($p=0,003$) e PT. Já na fase inicial, houve efeito apenas para a variável ALB, sendo a maior concentração obtida para os animais do OP40 (2,86 mg/dL), diferindo do tratamento DC (2,55 mg/dL). Para os perfis hematológicos na fase inicial, houve diferença ($p=0,018$) entre os tratamentos para a variável leucócitos, em que o maior valor e o menor valor foram para DC e OPD20, sendo 34550 e 24471,4, respectivamente, os quais diferiram entre si, mas foram semelhantes aos demais. Houve efeito de tratamento para a variável pH do conteúdo de órgão digestório ceco ($p=0,019$) em que o tratamento OPD40 apresentou menor pH (5,14), quando comparado ao pH do tratamento OPD20 (5,45). Para morfometria intestinal houve efeito de tratamento ($p=0,037$) sobre a variável altura de vilosidades em que o tratamento DC foi menor (0,368), quando comparado aos tratamentos OPD40 e OPD60 (0,515 e 0,500mm), respectivamente. Não houve influência de tratamento ($p>0,05$) no número de unidades formadoras de colônia de bactérias ácido lácticas e *Escherichia coli* no segmento jejuno de leitões recebendo diferentes tratamentos. Em conclusão, OPD foram capazes de influenciar na ocorrência de diarreia, perfil bioquímico sanguíneo e na saúde do trato gastrointestinal de leitões na fase de creche.

Palavras-chave: Diarreia, pós-desmame, saúde intestinal

II.PARTIAL REPLACEMENT OF DEHYDRATED EGG POWDER WITH BLOOD PLASMA IN ANTIBIOTIC-FREE DIETS FOR PIGLETS IN THE NURSERY PHASE

ABSTRACT - With the need to look for alternative feedstuffs to reduce feed costs, and to reuse eggs which comprise residual material from the selection process for incubation and/or marketing. The aim of the study was to evaluate the replacement of blood plasma (BP) with dehydrated egg powder (DOP) in piglet feed and its effects on total digestibility, zootechnical performance, blood parameters, incidence of diarrhea, microbiological evaluation and intestinal morphometry (jejunum). A total of 24 mixed-breed piglets, whole males, with an average initial body weight of 21.32±1.24 kg, were used in a complete randomized block experimental design with 3 treatments and 8 replications, with one animal per metabolic cage as the experimental unit. The experimental treatments were: reference ration (RR), without the inclusion of dehydrated egg powder (RR); (2) (RR +OPD15%) reference ration + 15% dehydrated egg powder (OPD); (3) (RR +OPD18%) reference ration + 18% dehydrated egg powder. Total feed intake and the consumption and excretion of dry matter (DM), as well as the content of organic matter (OM), crude protein (CP), and crude energy (CE) were expressed in grams and analyzed to calculate the coefficient of apparent digestibility of the total tract (CDATT) of DM (CDATTMS), OM (CDATTMO), CP (CDATTPB), and CE (CDATTEB). The digestible nutrient (DN) values for digestible DM (DM, g/kg), digestible protein (DP, g/kg), digestible DM (DM, g/kg); and digestible energy (DE, kcal/kg) and metabolizable energy (ME, kcal/kg). At the end of the data collection period, all the animals had their blood taken for biochemical analysis of albumin (ALBM), total protein (PT), cholesterol (COLEST), alkaline phosphatase (AF), urea (URA) and glucose (GLI). The animals fed the RR+15% OPD diet had lower CDAMS and MSD than the animals in the group fed the RR+18% OPD diets. However, CDAPB and CDAEM were higher in the RR+18%OPD group, based on the average values. There was an effect ($p \leq 0.05$) of treatments (on the total cholesterol variable ($p=0.0003$). The pigs in the DC group showed a reduction in the concentration of total cholesterol compared to those in the OPD15% and OPD18% groups. There was no treatment effect ($p>0.05$) for the other variables evaluated. Experiment II. The performance experiment involved 96 whole male piglets of commercial lineage distributed in a randomized block experimental design, with four treatments, eight replications and three animals per experimental unit, the stall as the experimental unit. The experimental diets consisted of a control diet (CD) without the addition of OPD dehydrated egg powder, (2) CD + 20% OPD as a substitute for PS blood plasma (OPD20), (3) CD + 40% OPD as a substitute for PS (OPD40) and (4) CD + 60% OPD as a

substitute for PS (OPD60). At the end of the pre-initial II and initial phases, blood parameters such as glucose (GLIC), urea (URA), total protein (PT), cholesterol (COLEST), alkaline phosphatase (FA) and complete blood count were analyzed. For the diarrhea assessments, each animal was given a score from 0 to 3 according to consistency. At the end of the experimental period, six animals per treatment were slaughtered to collect organs and digesta. Intestinal measurements of the jejunum were taken to assess morphometry. Samples were taken from the jejunum to assess microbiology. The Shapiro-Wilk and Levene tests were used to verify the normality and homogeneity of variances between treatments. There was no effect ($p>0.05$) of treatment on the zootechnical performance variables, however, the results relating to the occurrence of diarrhea (DO) showed an effect ($p=0.002$) of treatment in the pre-initial phase I, with lower DO values

being observed for the DC and OPD40 treatments with 0.125 and 0.050 % respectively, when compared to the treatment that received OPD20. In the pre-initial phase II, OPD60 resulted in lower DO (0.008%), with similar results for OP20 and OPDD40 (0.027 and 0.045% respectively), differing only from DC with a higher occurrence of (0.089%) ($P=0.004$). For the blood biochemical variables, there was a difference ($p=0.024$) for the ALB variable, ($p=0.029$) URA ($p=0.003$) and PT. In the initial phase, there was an effect only for the ALB variable, with the highest concentration being obtained for the OP40 animals (2.86 mg/dL), differing from the DC treatment (2.55 mg/dL). For the hematological profiles in the initial phase, there was a difference ($p=0.018$) between the treatments for the leukocyte variable, in which the highest and lowest values were for DC and OPD20, 34550 and 24471.4 respectively, which differed from each other but were similar to the others. There was a treatment effect for the pH variable of the cecum digestive organ content ($p=0.019$) in which the OPD40 treatment had a lower pH (5.14) when compared to the pH of the OPD20 treatment (5.45). As for intestinal morphometry, there was a treatment effect ($p=0.037$) on the villus height variable, in which the DC treatment was lower (0.368) when compared to the OPD40 and OPD60 treatments (0.515 and 0.500 mm), respectively. There was no influence of treatment ($p>0.05$) on the number of colony-forming units of lactic acid bacteria and Escherichia coli in the jejunum segment of piglets receiving different treatments. In conclusion, OPD was able to influence the occurrence of diarrhea, blood biochemical profile and the health of the gastrointestinal tract of piglets in the nursery phase.

Keywords: Diarrhea, post-weaning, intestinal health.

1 Introdução

A fase de desmame é considerada desafiadora para os leitões, pois está associada a distúrbios intestinais, como inflamação da mucosa (WU et al., 2015), disfunção da barreira intestinal (WIJTTEN et al., 2011) e diarreia. O uso de antibióticos em dietas de leitões tem sido comumente usado como medidas preventivas para aliviar esses problemas, durante muito tempo (GRESSE et al., 2017). O aumento das preocupações sobre os efeitos negativos dos antibióticos habituados, como bactérias resistentes aos antibióticos, levou a uma proibição parcial e, posteriormente, total do uso preventivo de antibióticos na alimentação (MOESE et al., 2017).

Dentre os diversos alimentos utilizados nas dietas para leitões, requer atenção a fonte proteica utilizada, uma vez que o consumo, ganho de peso, digestibilidade de nutrientes e a atividade das enzimas pancreáticas podem ser influenciados pela sua qualidade (González-Vega et al., 2011). A constante busca por alimentos alternativos aos convencionais tem grande importância, tendo em vista que o principal produto utilizado como fonte proteica é o farelo de soja (FS). Porém, esse ingrediente apresenta alguns inconvenientes na alimentação de leitões em fase de creche, relacionados a fatores antinutricionais como os inibidores de *traipsing* e componentes alergênicos como os β-mananos, glicinina e β-conglicinina, que provocam reações de hipersensibilidade transitória na mucosa intestinal comprometendo os processos de digestão e absorção (WANG et al., 2020).

O uso de dietas complexas contendo plasma sanguíneo e leite em pó como fontes de proteína de qualidade tem sido uma alternativa comumente utilizada a fim de amenizar o desafio nutricional imposto pelo desmame, contudo, esses ingredientes, muitas vezes, oneram as dietas nestas fases pré-iniciais. Nesse cenário, o ovo em pó desidratado surge como uma alternativa, pois é considerada uma fonte de proteína animal de qualidade interessante, alto valor biológico e distribuição balanceada de vitaminas e minerais. A quantidade de ovos que são trincados e quebrados nas indústrias produz um volume substancial de subprodutos que são inúteis para o consumo humano, e que podem ser direcionados para a alimentação de suínos.

Tendo conhecimento das propriedades nutricionais do ovo e sabendo da necessidade do leitão recém-desmamado em termos de exigências em nutrientes e qualidade dos ingredientes, torna-se pertinente à avaliação desse alimento alternativo. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o ovo em pó desidratado em substituição parcial do plasma sanguíneo na alimentação de leitões na fase de creche e seus efeitos sobre o desempenho zootécnico, análises plasmáticas, ocorrência de diarreia e microbiologia e morfometria intestinal do jejuno.

2 Material e métodos

2.1 Local

O protocolo experimental de pesquisa foi previamente submetido e aprovado de acordo com os regulamentos pelo Comitê de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) sob o certificado de aprovação nº 24/2022. Os estudos foram conduzidos nas instalações do Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa (Linha Guará), da Unioeste.

Experimento I – Ensaio de digestibilidade com suínos na fase de creche alimentados com diferentes níveis de ovo em pó desidratado

2.2 Animais, delineamento experimental, alojamento e dietas

Ao todo, foram utilizados 24 leitões de linhagem comercial, machos inteiros, com peso corporal inicial médio de 21,32±1,24 kg, em um delineamento experimental de blocos casualizados completos com três tratamentos de oito repetições, com um animal por gaiola metabólica como unidade experimental.

Os animais foram pesados em uma balança digital (Modelo UL-50, Marca DIGI-TRON, Curitiba, Brasil) e alojados individualmente em gaiolas de metabolismo (0,5 m^2) semelhantes à descrita por Pekas (1968), com ajuste de tamanho de acordo a necessidade de cada animal, durante o experimento as gaiolas foram equipadas com piso plástico de polietileno vazado, funil na parte inferior para a coleta de urina, tela para a coleta de sobras de dieta, caixa de coleta de fezes na parte posterior da gaiola e com comedouro e bebedouro na parte frontal.

As gaiolas metabólicas estavam instaladas em sala de alvenaria, com piso de concreto e cortinas laterais. Os animais permaneceram alojados nas gaiolas por aproximadamente 12 dias, sendo sete dias de adaptação às gaiolas, ração e regularização do consumo metabólico e cinco dias para coleta de sangue, fezes e urina.

Na fase de adaptação, as rações experimentais foram fornecidas à vontade em duas refeições, às 08:00 e 14:00 horas, durante os sete dias iniciais e umidificadas com água (20% da quantidade total fornecida) a fim de melhorar a palatabilidade do alimento e minimizar perdas da dieta. O consumo de todos os animais foi devidamente registrado para calcular o consumo com base no peso metabólico ($PC^{0,75}$) de cada animal. Após cada refeição, a água foi

fornecida no comedouro frontal na proporção de 3 mL/g de dieta consumida calculada para cada animal. O fornecimento das dietas, coleta de fezes e urina foram realizados de acordo com os procedimentos descritas por Sakomura e Rostagno (2016).

Para alimentação foi utilizada uma ração basal composta por milho e farelo de soja, suplementada com aminoácidos atendendo às exigências nutricionais dos animais segundo Rostagno et al. (2017). Os tratamentos experimentais foram (Tabela 1): ração referência (RR), sem inclusão de ovo em pó desidratado (RR); (2) (RR +OPD15%) ração referência + 15% de ovo em pó desidratado (OPD); (3) (RR +OPD18%) ração referência + 18% de ovo em pó desidratado (OPD 18%). As dietas foram homogeneizadas em um misturador vertical por 15 minutos.

Tabela 1. Composição centesimal da ração referência para determinação dos coeficientes de digestibilidade e metabolização ovo em pó desidratado para suínos

Ingredientes	Quantidade, kg
Milho, 7,88% PB	58,71
Farelo de Soja, 45,0% PB	33,51
Óleo de soja	3,286
Fosfato bicálcico	1,993
Calcário	0,785
Sal comum	0,485
Sulfato de lisina, 54,6%	0,517
DL-Metinonia, 99,5%	0,175
L-Treonina, 96,8%	0,173
L-Triptofano, 99%	0,014
Premix Mineral-vitamínico	0,300
Promotor (Doxi+Maximulin)	0,050
Total	100,00
Exigências Nutricionais	
Energia metabolizável (cal/kg)	3,350
Proteína bruta (%)	20,55
Cálcio total (%)	0,910
Fósforo disponível (%)	0,450
Lisina digestível (%)	1,2810
Metionina + cisteína digestível (%)	0,730
Treonina digestível (%)	0,8330
Triptofano digestível (%)	0,2430

Níveis de garantia por kg de dieta: sulfato de Mn – 36028 mg, óxido de Zn - 90000 mg, sulfato de Fe - 70044 mg, sulfato de Cu - 14023 mg, I - 1000 mg, selenito de sódio - 0,045 mg; 2Níveis de garantia por kg de dieta: Vit. A – 2,000,000 UI/kg, Vit. D3 – 533,330 UI/kg, Vit. E – 6,583 UI/kg, Vit K3- 1,066 mg/kg, tiamina (B1) -334 mg/kg, riboflavina (B2) 1,333 mg/kg, piridoxina (B6) - 466 mg/kg, cianocobalamina (B12) – 5,333 mcg/kg, niacina (B3) – 9,372 mg/kg, ácido pantotênico (B5) – 5,022 mg/kg, ácido fólico (B9) - 167 mg, biotina 26,669 mg/kg, manganês 10g/kg, zinco 26,66 g/kg, ferro10g/kg, cobre2,708 mg/kg, iodo 333 mg/kg, selênio - 100 mg/kg bht 100 mg/kg, fitase166,66U/g.

A temperatura do ambiente do galpão foi registrada usando um termo-higrômetro (Vketech, modelo temperature instruments) instalado no centro do galpão. A temperatura ambiente do ar, de 26,4 ± 0,1ºC e umidade relativa do ar, de 63,0 ± 1,8%, foram registradas durante todo o período experimental. O controle de temperatura e ventilação no interior da instalação foi realizado com auxílio de ventiladores, umidificadores e cortinas laterais.

2.3 Amostragem no período de coleta total

Urina e fezes excretadas no período de 24 horas pertencentes a cada unidade experimental foram coletadas, por meio do método direto (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016). Fezes totais excretadas foram coletadas duas vezes ao dia (manhã e tarde), pesadas e acondicionadas em sacos plásticos, identificados anteriormente e armazenados em freezer (-18°C) até o final do período de coleta. Após, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas, retirando-se uma alíquota em duplicata (110 g cada), em seguida, pesadas em balança (bel engineering, modelo M4102, Monza, Itália) e secas em estufa de ventilação forçada a 55°C (Tecnal, modelo 394/2, Piracicaba, São Paulo, Brasil) por um período de 72 horas (SILVA; QUEIROZ, 2002).

Posteriormente, as fezes foram moídas em moinho tipo micropulverizador (R-TE-350; Tecnal Equipamento Científico, Piracicaba, SP, Brasil) e armazenadas em potes plásticos para a realização das análises laboratoriais. O volume de urina excretada por um período de 24 horas foi coletado em baldes plásticos em polietileno, previamente etiquetados e adicionados 20 ml de uma solução 1:1 (água destilada: HCL 0,01 mol/L) para evitar perdas de N por volatilização e a proliferação de bactérias. A urina coletada teve o volume mensurado e uma alíquota de 10% do total foi acondicionada em recipientes identificados e acondicionados em freezer (-18ºC) até o final do período de coleta. Posteriormente, elas foram homogeneizadas, filtradas e encaminhadas para análises.

O consumo de alimento total e o consumo e excreção de matéria seca (MS), bem como o teor de matéria orgânica (MO), de proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) foram expressos em gramas e analisados para calcular o coeficiente de digestibilidade aparente do trato total (CDATT) de MS (CDATTMS), MO (CDATTMO), PB (CDATTPB) e EB (CDATTEB). Os valores de nutrientes digestíveis (ND) para a MS digestível (MSD, g/kg), proteína digestível (PD, g/kg), MO digestível (MOD, g/kg); e a energia digestível (ED, kcal/kg) e energia

metabolizável (EM,kcal/kg) foram determinados por meio das equações descritas por Sakomura e Rostagno (2016).

A composição bromatológica das dietas e fezes coletadas foram realizadas de acordo com Silva e Queiroz (2002). As análises de EB das dietas, fezes e urina foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC – Chapecó, SC, Brasil) por meio da queima de amostras em bomba calorimétrica (IKA®, modelo C200, Wilmington, Carolina do Norte, USA).

No final do período de coleta de dados, todos os animais foram submetidos à coleta de sangue para análises bioquímicas sanguíneas de albumina (ALBM), proteínas totais (PT), colesterol (COLEST), fosfatase alcalina (FA), ureia (URA) e glicose (GLI). Foram colhidos ± 20 ml de sangue via punção da veia cava cranial anterior, utilizando seringas de 20 ml e agulhas de calibre 0,70x30 mm. O sangue obtido de cada animal foi adicionado a tubos de vidro, devidamente identificados, contendo anticoagulante fluoreto de sódio para GLI, heparina para URA e FA, e sem anticoagulante (soro) para ALB e PT. Os tubos foram alocados em uma caixa de isopor com gelo seco para posterior envio ao laboratório.

As análises sanguíneas de albumina (método colorimétrico- Cat.419), colesterol total (método enzimático colorimétrico, Cat. 460), glicose (método enzimático-colorimétrico, Cat. 434), proteína total (método enzimático-biureto, Cat. 418), ureia (método enzimático-colorimétrico, Cat. 427), fosfatase alcalina (método Cinético-Colorimétrico cat.340) e COLEST (método enzimático-colorimétrico), foram realizadas por espectrofotometria, com o auxílio de um analisador (Bel Engineering, modelo Bel SPECTRO S05, Monza, Itália), utilizando kits específicos ANALISA (Gold Analisa Diagnóstica® - Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil), no laboratório de análises sanguíneas da Unioeste.

As amostras foram centrifugadas (centrífuga analógica 80-2B, Centrilab) a 3.000 rpm por um período de 10 minutos. Em seguida, o sobrenadante (± 3 ml) presente em cada tubo foi transferido para microtubos de polietileno tipo Eppendorf, em duplicatas, que passaram a ser armazenados em freezer a -20 °C.

Experimento II. Desempenho Zootécnico de suínos alimentados com ovo em pó desidratado

2.4 Animais, delineamento experimental, alojamento e dietas

Ao todo, foram utilizados 96 leitões, machos inteiros, de linhagem comercial, fêmeas Agroceres PIC e machos Dan Bred com peso corporal (PC) inicial médio de aproximadamente 7,41 ± 0,30 kg. Os leitões, desmamados aos 28 dias de idade, foram distribuídos em um delineamento experimental em blocos casualizados, repetidos duas vezes no tempo, constituindo quatro tratamentos com oito repetições, com três leitões por unidade experimental, totalizando um período experimental de 35 dias.

Os leitões foram pesados, identificados individualmente com brincos de plásticos e alojados em galpão de alvenaria, em baias suspensas (1,54 m^2) com piso de plástico polietileno vazado, dispostas em duas fileiras divididas por um corredor central, equipadas com comedouros tipo calha e bebedouros tipo chupeta na parte posterior. As instalações eram limpas diariamente pela manhã e à tarde, sendo que no período da tarde, as baias eram lavadas com água corrente, para manter a higiene do ambiente.

No interior do galpão, a temperatura ambiente (25,20 °C ± 6,80 °C) e umidade relativa do ar (76 % ± 22,32 %) eram verificadas com o auxílio de um *data logger* (modelo UT330B digital USB, marca UNI-T, Pequim, China), instalado na parte central, à altura das baias. A ventilação do galpão foi realizada com o auxílio de ventiladores, exaustores e janelas de vidro do tipo basculante. O aquecimento das baias experimentais foi realizado com lâmpadas incandescentes infravermelhas individuais, presentes na parte superior de cada baia.

No décimo quarto dia de alojamento os animais receberam a segunda dose das vacinas imunizantes contra os agentes patogênicos circovírus suíno tipo 2, *Mycoplasma hyopneumoniae*, *Streptococcus suis* sorotipo 2 e *Haemophilusparasuis*, de acordo com o programa de vacinação da cooperativa local.

2.5 Dietas Experimentais

As dietas experimentais (Tabela 4) foram compostas por quatro tratamentos (1) dieta controle (DC) sem adição do ovo em pó desidratado OPD, (2) DC + 20% de ovo em pó desidratado OPD em substituição ao plasma sanguíneo PS (OPD20), (3) DC + 40% de ovo em pó desidratado OPD em substituição ao plasma sanguíneo PS (OPD40) e (4) DC + 60% de OPD em substituição ao PS (OPD60).

A composição bromatológica dos produtos utilizados no estudo e o aminograma fornecido aminograma do produto, ovo em pó desidratado fornecido pela empresa parceira encontra-se na (Tabela 2).

Tabela 2. Composição bromatológicas das fontes proteicas e aminograma do ovo em pó desidratado

Itens %	Ovo em Pó	Plasma Sanguíneo
Matéria seca	93,61	95,8
Matéria mineral	3,58	7,32
Matéria Orgânica	96,42	92,68
Proteína Bruta	49,17	89,03
Extrato Etéreo	36,25	1,78
Parâmetros aminograma		
Ácido Aspártico ,%		4,91
Ácido glutâmico, %		6,38
Alanina, %		2,80
Arginina, %		3,02
Fenilalanina		2,65
Glicina, %		1,63
Histidina, %		1,21
Isoleucina, %		2,62
Leucina, %		4,32
Lisina total, %		3,73
Prolina, %		1,81
Serina, %		3,55
Tirosina, %		1,97
Treonina, %		2,32
Valina, %		3,30
Cistina + Cisteina, %		0,98
Metionina total, %		1,59
Triptofano total, %		0,73

Triptofano: AOAC 988,15med; Aminoácidos: AOAC 982,30 mod;
* Aminograma do ovo em pó desidratado fornecido pela empresa Hemoprot

A composição centesimal calculada das dietas basais estão dispostas na (Tabela 3). As dietas basais foram divididas em três fases experimentais, pré - inicial I (7 dias), pré-inicial II (14 dias) e inicial (14 dias), as quais foram formuladas a base de milho e farelo de soja, com base nas exigências nutricionais estabelecidas por Rostagno et al. (2017), e fornecidas aos leitões na forma farelada. Os animais tiveram acesso, à vontade, à ração e à água durante todo o período experimental.

Tabela 3. Composição centesimal das dietas experimentais de leitões alimentados com níveis de ovo em pó desidratado

Ingredientes (g/kg)[1]	Pré-inicial I				Pré-inicial II				Inicial			
	DC	OPD20	OPD40	OPD60	DC	OPD20	OPD40	OPD60	DC	OPD20	OPD40	OPD60
Milho moído, 7,86%	40,282	39,468	38,655	37,841	48,875	48,332	47,790	47,247	61,677	61,405	61,134	60,863
Farelo de Soja, 45,4%	27,329	28,233	29,137	30,041	25,758	26,360	26,963	27,566	29,267	29,568	29,869	30,171
Permeado/soro de leite	14,118	14,118	14,118	14,118	9,412	9,412	9,412	9,412	-	-	-	-
Açúcar	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	-	-	-	-
Plasma sanguíneo	6,000	4,800	3,600	2,400	4,000	3,200	2,400	1,600	2,000	1,600	1,200	0,800
Óleo de soja	2,954	2,739	2,524	2,308	2,510	2,366	2,223	2,080	2,717	2,646	2,502	2,574
Fosfato bicálcico	1,801	1,826	1,852	1,878	1,781	1,798	1,815	1,832	1,901	1,909	1,918	1,926
Ovo em pó desidratado	-	1,200	2,400	3,600	-	0,800	1,600	2,400	-	0,400	0,800	1,200
Calcário	1,188	1,162	1,135	1,109	1,027	1,010	0,992	0,975	0,874	0,865	0,856	0,848
Sal comum	0,019	0,074	0,129	0,185	0,178	0,215	0,252	0,289	0,365	0,384	0,402	0,420
Sulfato de lisina, 54,6%	0,558	0,593	0,628	0,663	0,648	0,671	0,695	0,718	0,566	0,578	0,589	0,601
L-Treonina, 96,8%	0,203	0,218	0,234	0,249	0,227	0,237	0,248	0,258	0,163	0,168	0,173	0,178
DL-Metionina, 99,5%	0,195	0,197	0,199	0,201	0,192	0,194	0,195	0,196	0,156	0,157	0,157	0,158
L-Valina, 95,5%	0,033	0,048	0,062	0,077	0,062	0,072	0,082	0,091	0,001	0,006	0,011	0,016
L-Triptofano, 99%	0,022	0,026	0,029	0,032	0,031	0,033	0,035	0,037	0,014	0,015	0,016	0,017
Premix[1]	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Composição calculada											
EM (kcal/kg)	3,400	3,400	3,400	3,400	3,375	3,375	3,375	3,375	3,350	3,350	3,350	3,350
PB (%)	21,42	21,42	21,42	21,42	19,87	19,87	19,87	19,87	20,55	20,55	20,55	20,55
Lactose	12,00	12,00	12,00	12,00	8,00	8,00	8,00	8,00	-	-	-	-
Ca total (%)	1,068	1,068	1,068	1,068	0,973	0,973	0,973	0,973	0,910	0,910	0,910	0,910
P disponível (%)	0,528	0,528	0,528	0,528	0,4810	0,4810	0,4810	0,4810	0,450	0,450	0,450	0,450
Sódio total (%)	0,224	0,224	0,224	0,224	0,219	0,219	0,219	0,219	0,205	0,205	0,205	0,205
Lisina Dig. (%)	1,451	1,451	1,451	1,451	1,346	1,346	1,346	1,346	1,281	1,281	1,281	1,281
Treonina Dig. (%)	0,972	0,972	0,972	0,972	0,902	0,902	0,902	0,902	0,833	0,833	0,833	0,833
Met + Cist Dig (%).	0,813	0,813	0,813	0,813	0,754	0,754	0,754	0,754	0,730	0,730	0,730	0,730
Triptofano Dig. (%)	0,276	0,276	0,276	0,276	0,256	0,256	0,256	0,256	0,243	0,243	0,243	0,243
Valina Dig. (%)	1,001	1,001	1,001	1,001	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046

[1]EM: Energia metabolizável; PB: Proteína bruta; Ca: Cálcio; P: Fósforo; Dig: Digestível; Met: Metionina; Cist: Cisteína. [2]DC: Dieta controle, sem adição de ovo em pó desidratado; OPD20: DC + 20% de ovo em pó desidratado em substituição ao plasma sanguíneo; OPD40: DC + 40% de ovo em pó desidratado em substituição ao plasma sanguíneo; OPD60: DC + 60% de ovo em pó desidratado em substituição ao plasma sanguíneo, enzima. Níveis de garantia por kg de dieta: sulfato de Mn – 36028 mg, óxido de Zn - 90000 mg, sulfato de Fe - 70044 mg, sulfato de Cu - 14023 mg, I - 1000 mg, selenito de sódio - 0,045 mg; 2Níveis de garantia por kg de dieta: Vit. A – 2,000,000 UI/kg, Vit. D3 – 533,330 UI/kg, Vit. E – 6,583 UI/kg, Vit K3- 1,066 mg/kg, tiamina (B1) -334 mg/kg, riboflavina (B2) – 1,333 mg/kg, piridoxina (B6) - 466 mg/kg, cianocobalamina (B12) – 5,333 mcg/kg, niacina (B3) – 9,372 mg/kg, ácido pantotênico (B5) – 5,022 mg/kg, ácido fólico (B9) - 167 mg, biotina 26,669 mg/kg, manganês 10g/kg, zinco 26,66 g/kg, ferro10g/kg, cobre2,708 mg/kg, iodo 333 mg/kg, selênio - 100 mg/kg bht 100 mg/kg, fitase166,66U/g.

2.6 Desempenho zootécnico e ocorrência de diarreia

Para avaliação do desempenho dos animais foram verificados o peso corporal inicial médio (PCI, kg), o peso corporal final médio (PCF, kg), ganho de peso corporal diário médio (GPD, kg/dia), consumo de ração diário médio (CRD, kg/dia), taxa de conversão alimentar (TCA, kg) e eficiência alimentar (EA, kg/kg). Com o auxílio de uma balança digital (Modelo UL-50, Marca DIGI-TRON, Curitiba, Brasil), os suínos foram pesados ao início e ao final de cada fase, bem como a quantidade de ração fornecida diariamente e as sobras. O GPD foi calculado considerando o PC individual de cada animal dividido pelos dias de duração de cada fase. O CRD foi determinado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida e a sobra diária, também, para cada fase. A EA foi calculada pela razão entre o PCF e o CRD.

A ocorrência de diarreia (OD) foi analisada por meio dos escores fecais dos leitões no decorrer de todo o período experimental. Às 9 horas da manhã de cada dia foram observadas as fezes dos animais de cada tratamento, mediante análise visual, para as quais foram atribuídas escores de 0 a 3, de acordo com a sua aparência física, seguindo a metodologia proposta por Pérez-Calvo et al. (2019). Os critérios para escores foram: 0 para fezes sólidas; 1 para fezes pastosas; 2 para fezes líquidas/pastosas; 3 para fezes líquidas. Ao término do experimento, os dados foram transformados em valores binários, em que os escores 0 e 1 foram transformados em valor 0 = ausência de diarreia, e os escores 2 e 3 foram transformados em valor 1 = ocorrência de diarreia. Posteriormente, foram calculadas a frequência de OD para cada tratamento em cada fase, por meio da soma dos valores representando OD dividida pelo número total de observações para cada tratamento, multiplicado por 100. Os resultados foram apresentados como percentuais (%).

Ao final do período experimental, foi calculada a OD nos períodos de 3 a 7 dias (fase pré-inicial I), 8 a 21 dias (fase pré-inicial II) e 22 a 35 dias (fase inicial) de experimentação.

2.7 Perfil hematológico e bioquímico sanguíneo

As análises bioquímicas sanguíneas de albumina (ALB), proteínas totais (PT), colesterol (COLEST), fosfatase alcalina (FA), ureia (URA), glicose (GLI) e o hemograma completo foram realizados ao final das fases pré-inicial II e inicial, sendo 16 leitões de cada tratamento selecionados para a colheita sanguínea.

O critério para seleção foi o PC próximo ao da média da repetição, sendo que os mesmos animais foram utilizados para a colheita ao fim da fase inicial. Foram colhidos ± 20 ml de sangue via punção da veia cava cranial anterior, utilizando seringas de 20 mL e agulhas de calibre 0,70x30 mm. O sangue obtido de cada animal foi adicionado a tubos de vidro, devidamente identificados, contendo anticoagulante EDTA para hemograma completo, fluoreto de sódio para GLI, heparina para URA e FA e sem anticoagulante (soro) para ALB e PT. Os tubos foram alocados em uma caixa de isopor para posterior envio ao laboratório.

As amostras sanguíneas para avaliação do perfil hematológico foram enviadas ao Laboratório Clínico do Hospital Veterinário da Universidade Federal do Paraná (Palotina-PR, Brasil), onde foram submetidas a um analisador hematológico automático (Modelo bs 120, Marca Mindray, Shenzen, China) para a quantificação de hemácias (HM), hemoglobina (HG), hematócrito (HT), leucócitos totais, neutrófilos segmentados, eosinófilos, basófilos, linfócitos, monócitos, plaquetas, proteínas plasmáticas (PP), volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (HCM) e concentração da hemoglobina corpuscular média (CHCM).

As amostras sanguíneas para avaliação do perfil bioquímico foram centrifugadas (centrífuga analógica 80-2B, Centrilab) a 3.000 rpm por 10 minutos. Em seguida, o sobrenadante (± 3 ml) foi transferido para microtubos de polietileno tipo *Eppendorf*, em duplicatas, que passaram a ser armazenados em freezer a -20°C. As análises de albumina (método colorimétrico), proteínas totais (método colorimétrico), fosfatase alcalina (método cinético-colorimétrico), ureia (método enzimático-colorimétrico), glicose (método enzimático-colorimétrico) e colesterol (método enzimático-colorimétrico) foram determinadas por espectrofotometria (modelo Bel SPECTRO S05, marca Bel Engineering, Monza, Itália) por meio de kits comerciais da marca Gold Analisa Diagnóstica®, no Laboratório de Análises Sanguíneas da Unioeste.

2.8 Microbiologia intestinal

Ao final do período experimental, após a pesagem dos animais, foram selecionados seis leitões de cada tratamento, totalizando 24 animais com peso corporal de, aproximadamente, 25± 0,61 kg próximo à média final da fase, para abate e coleta do conteúdo digestório para posteriores análises. Os animais foram abatidos em frigorífico comercial da região, posterior a um período de jejum de 10-12 horas. Todos os procedimentos de eutanásia foram realizados por eletronarcose, em

conformidade com a Resolução Normativa nº 37 de 15 de fevereiro de 2018 do CONCEA, que estabelece as Diretrizes da Prática de Eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal.

Para avaliação da população de bactérias ácido lácticas (BAL) e *Escherichia coli*, foram colhidas amostras do conteúdo do jejuno, as quais foram acondicionadas em recipientes plásticos esterilizados e individualmente identificados. Os recipientes com as amostras para realização da contagem da população de *E. coli* e bactérias lácteas, foram encaminhados para o Laboratório Mercolab (Cascavel-PR, Brasil). O método utilizado foi o de contagem em placas, com base no descrito na ISO 16649-2:2001. Os dados obtidos foram transformados em log 10.

2.9 Morfometria intestinal

Foram realizadas coletas de amostras ± 3 cm do jejuno dos animais abatidos para avaliação da morfometria. As amostras de jejuno foram colhidas contando 150 cm da junção ileocecal, no sentido cranial. Os fragmentos foram lavados com solução fisiológica (cloreto de sódio 0,9%) e estocados em recipientes plásticos esterilizados, contendo solução de formalina tamponada a 10%.

O material foi enviado ao Laboratório Mercolab (Cascavel-PR, Brasil), onde foi realizado o processamento em parafina, coloração com hematoxilina e eosina, e preparação das lâminas, segundo método descrito por Prophet et al. (1994).

Para avaliação da morfometria, foram enviadas ao laboratório 24 amostras (seis por tratamentos) para mensurar a altura de vilosidade (AV) e a profundidade decripta (PC), respectivamente, em cada fragmento intestinal, sendo utilizado para o cálculo do valor médio por animal e, posteriormente, o cálculo da relação AV:PC. A metodologia utilizada como base foi a descrita por Kisielinski, Willis e Prescher (2002).

2.9.1. Peso relativo, comprimento do intestino delgado e grosso e pH do conteúdo de órgãos

Logo após o abate, os conteúdos dos órgãos, sendo estômago, jejuno, íleo, ceco e cólon dos animais, foram coletados e, individualmente, acondicionados em potes plásticos para avaliação imediata do pH, com o auxílio de um medidor de pH digital (modelo TEC-2 mp, marca TECNAL, Piracicaba, Brasil). Posteriormente, o estômago, intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo) e

intestino grosso (ceco, cólon e reto) vazios, fígado, coração e baço foram pesados em balança digital (modelo MX-111, marca Maxon, China). A partir das medidas obtidas foram calculados os pesos relativos, levando em consideração o peso corporal do respectivo animal abatido. Os comprimentos dos intestinos delgado e grosso foram mensurados por meio de uma fita métrica comum.

2.9.2 Análise estatística

Foram ajustados modelos lineares generalizados mistos aos dados das variáveis dependentes, com função de ligação gaussiana, à exceção do escore fecal (Poisson).

Utilizou-se o efeito fixo dos tratamentos e aleatório dos blocos. Foi modelada a estrutura de covariâncias dos dias de mensuração dentro dos blocos, que caracterizaram medidas repetidas na unidade experimental.

O efeito fixo das classes dos tratamentos foi avaliado na análise do tipo III por meio do teste F. Quando houve significância do teste F ($p<0,05$) suas médias de quadrados mínimos foram comparadas por meio do teste da diferença entre LS *means* com correção de Tukey-Kramer. A normalidade dos resíduos studentizados e a homogeneidade de variâncias entre os tratamentos na amostra residual foram verificadas após o ajuste dos modelos, por meio dos testes de Shapiro-Wilk e de Levene, respectivamente.

Para atender aos pressupostos de normalidade e homogeneidade, as contagens de *E. coli* e Lactobacillus, foram transformadas por Box-Cox, cujos valores de lambda, foram de 0,26 e -0,026, respectivamente. O nível de significância adotado em todos os testes de hipóteses foi de 0,05. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se dos procedimentos do *software* estatístico "*SAS Studio*" (2022).

3 Resultados

Coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes

Os animais alimentados com a dieta RR+15% OPD (Tabela 4) apresentaram menor CDAMS e MSD que os animais do grupo alimentados com as dietas RR+18% OPD. No entanto, os CDAPB e CDAEM, foram maiores no tratamento do grupo RR+18%OPD, com base nos valores médios.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade e nutrientes digestíveis do ovo em pó desidratado para suínos

Variável	Tratamentos		Média
	RR+15%	RR+18%	
Coeficientes de digestibilidade aparente e metabolizabilidade			
CDAMS (%)	85,04	88,66	86,85
CDAMO (%)	84,66	90,92	87,79
CDAPB (%)	101,96	103,43	102,69
CDAEB (%)	83,26	87,92	85,59
CMEB (%)	82,41	87,23	84,82
Nutrientes digestíveis e energia digestível e metabolizável			
MSD (%)	74,52	77,69	76,1
MOD (%)	76,38	82,03	79,2
PD (%)	44,66	45,30	44,98
ED (kcal/kg)	5.118	5.404	5.261
EM (kcal/kg)	5.066	5.362	5.214

[1]CDAMS = Coeficiente digestibilidade aparente da matéria seca; CDAMO = Coeficiente digestibilidade aparente da matéria orgânica; CDAPB = Coeficiente digestibilidade aparente da proteína bruta; CDAEB = Coeficiente digestibilidade aparente da energia bruta; CMEB = Coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta. Composição do ovo em pó, na matéria natural: PB = 46,79%; MS = 93,61%; MO = 96,37%; EB = 6.566 kcal/kg. [2]DC: Dieta controle; OPD15%: Inclusão de 15% do ovo em pó desidratado; OPD18%: Inclusão de 18% do ovo em pó desidratado; [3]Média: Valores médios entre os tratamentos

Perfil bioquímico avaliando a digestibilidade total dos nutrientes

Houve efeito de tratamentos (Tabela 5) sobre a variável colesterol total (p=0,0003). Os suínos do grupo RR apresentaram uma redução na concentração de COLEST Total em comparação aos com OPD15% e OPD18%. Para as demais variáveis avaliadas não houve efeito (p>0,05) de tratamento.

Tabela 5. Perfil bioquímico sanguíneo de leitões alimentados com ovo em pó desidratado avaliando a digestibilidade total dos nutrientes

Variáveis[1]	Tratamentos[2]			Média[3]	EPM[4]	*p-value*[5]
	RR	OPD15%	OPD18%			
Albumina, mg/dL	3,199	3,471	3,345	3,35	0,051	0,0834
Colest total mg/dL	75,88[b]	100,265[a]	110,155[a]	94,69	4,199	0,0003
Glicose, mg/dL	98,525	97,982	91,94	95,58	2,329	0,434
Ureia, mg/dL	20,396	19,862	19,569	19,92	0,602	0,8694
PT, g/dL	5,465	5,725	5,584	5,59	0,079	0,4414
FA, U/L	271,341	256,833	244,282	255,98	6,149	0,2153

*Médias, na mesma linha, com diferentes letras sobrescritas diferiram estatisticamente pelo teste t de Student (p<0,05).
[1]Colest total: Colesterol total; PT:Proteínas totais; FA:Fosfatase alcalina;
[2]RR: Ração referência; OPD15%: Inclusão de 15% do ovo em pó desidratado; OPD18%: Inclusão de 18% do ovo em pó desidratado; [3]Média: Valores médios entre os tratamentos;[4]EPM: Erro padrão da média ;[5]Nível de significância

Desempenho zootécnico e ocorrência de diarreia (OD)

Não houve efeito (p>0,05) de tratamento (Tabela 6) sobre as variáveis de PCI, PCF, CDR, GPD, TCA e EA, para nenhuma das fases avaliadas.

Houve efeito para a variavél ocorrência de diarreia (OD) (Tabela 6) (p=0,002) dos tratamentos sobre essa variável em diferentes fases. Na fase pré-inicial I foram observados valores menores de OD para os tratamentos DC e OPD40, com 0,125 e 0,05%, respectivamente, quando comparado ao tratamento que recebeu OPD20. Na fase pré-inicial II, houve efeito de tratamento para OPD60, que resultou em menor OD (0,008%), apresentando resultados semelhantes para OPD20 e OPD40 (0,027 e 0,045%, respectivamente), diferindo apenas do DC com maior ocorrência (0,089%) (p=0,004). Com relação à fase inicial, não houve influência dos tratamentos (p>0,05) para a variável OD.

Tabela 6. Desempenho zootécnico e ocorrência de diarreia de leitões alimentados com ovo em pó desidratado em substituição ao plasma sanguíneo

Variáveis[1]	Tratamentos[2]				EPM[3]	*p-value*[4]
	DC	OPD20	OPD40	OPD60		
Pré-inicial I (7,469 a 8,936kg - 7 dias)						
PCI (kg)	7,469	7,601	7,572	7,441	0,089	-
PCF (kg)	8,936	9,442	9,400	9,229	0,110	0,449
CMDR (kg/d)	0,307	0,369	0,332	0,319	0,011	0,203
GPD (kg/d)	0,256	0,288	0,261	0,255	0,012	0,739
TCA (kg)	1,353	1,299	1,301	1,217	0,032	0,632
EA (kg:kg)	0,756	0,777	0,786	0,793	0,020	0,950
OD %	0,125[b]	0,500[a]	0,050[b]	0,275[ab]	0,043	0,002
Pré-inicial II (8,936 a 16,270kg - 7 a 14 dias)						
PCI (kg)	8,936	9,442	9,400	9,229	0,110	0,597
PCF (kg)	16,270	16,057	16,413	16,043	0,233	0,940
CMDR (kg/d)	0,643	0,656	0,649	0,654	0,012	0,982
GPD (kg/d)	0,500	0,460	0,501	0,486	0,012	0,597
TCA (kg)	1,334	1,368	1,330	1,353	0,018	0,866
EA (kg:kg)	0,754	0,735	0,754	0,728	0,009	0,752
OD%	0,089[a]	0,027[ab]	0,045[ab]	0,008[b]	0,009	0,004
Fase Pré-inicial I + Fase pré-inicial II (21 dias)						
PCI (kg)	-	-	-	-	-	-
PCF (kg)	16,270	16,472	16,413	16,067	0,215	0,928
CMDR (kg/d)	0,557	0,561	0,556	0,543	0,012	0,955
GPD (kg/d)	0,424	0,418	0,421	0,400	0,009	0,812
TCA (kg)	1,313	1,343	1,316	1,328	0,015	0,917
EA (kg:kg)	0,764	0,733	0,760	0,755	0,009	0,673
Inicial (16,270 a 25,925 - 14 dias)						
PCI (kg)	16,270	16,057	16,412	16,043	0,233	0,922
PCF (kg)	25,925	25,497	26,094	23,956	0,406	0,237
CMDR (kg/d)	0,971	0,998	1,023	0,903	0,018	0,131
GPD (kg/d)	0,665	0,674	0,671	0,580	0,014	0,221
TCA (kg)	1,463	1,485	1,510	1,598	0,019	0,053
EA (kg:kg)	0,683	0,675	0,666	0,626	0,008	0,063
OD%	0,036	0	0	0	0,005	0,999
Período Total (0 a 35 dias)						
PCI (kg)	7,469	7,601	7,572	7,441	0,194	-
PCF (kg)	25,925	25,497	26,094	23,956	1,435	0,331
CMDR (kg/d)	0,705	0,736	0,751	0,686	0,013	0,298
GPD (kg/d)	0,511	0,513	0,528	0,471	0,011	0,222
TCA (kg)	1,383	1,422	1,394	1,430	0,009	0,256
EA (kg:kg)	0,718	0,706	0,716	0,685	0,005	0,093

[1]PCI: Peso corporal inicial; PCF: Peso corporal final; CMDR: Consumo médio diário de ração; GPD: Ganho de peso diário; TCA: Taxa de conversão alimentar; EA: Eficiência alimentar.

[2]DC: Dieta controle; OPD20: substituição de 20% do plasma sanguíneo pelo ovo em pódesidratado; OPD40: substituição de 40% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado; OPD60: substituição de 60% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado.

[3]EPM: Erro padrão da média

[4]Nível de significância

*Médias, na mesma linha, com diferentes letras sobrescritas diferem pelo teste t de Student ($p<0,05$).

Perfil bioquímico

Para os resultados obtidos na fase pré-inicial II, pelas análises bioquímicas sanguíneas (Tabela 7), houve diferença (p=0,024) para a variável albumina, os animais do grupo que receberam a dieta com o tratamento OPD20 foi maior quando comprado ao OPD60. Para a variável ureia (p=0,003) e proteínas totais. Já na fase inicial, houve efeito apenas para a variável albumina, em que a maior concentração obtida para os animais do OPD40 (2,86 mg/dL), diferindo da DC (2,55 mg/dL). Não houve efeito para as demais variáveis nas fases pré-inicial II e inicial.

Tabela 7. Perfil bioquímico sanguíneo de leitões alimentados com ovo em pó desidratado em substituição ao plasma sanguíneo

Variáveis[1]	Tratamentos[2]				Média[3]	EPM[4]	*p-value*[5]
	DC	OPD20	OPD40	OPD60			
			Pré-inicial II				
Albumina, mg/dL	2,21[ab]	2,25[a]	2,21[ab]	2,07[b]	2,18	0,02	0,024
Colest total, mg/dL	52,11	49,53	50,53	51,62	50,95	1,34	0,915
Glicose, mg/dL	113,98	104,19	111,58	105,94	108,93	3,69	0,352
Ureia, mg/dL	16,06[b]	24,44[a]	16,86[b]	18,13[ab]	18,87	1,21	0,029
PT, g/dL	4,78[ab]	5,14[a]	5,03[a]	4,59[b]	4,89	0,06	0,003
Fosfatase Alcalina,U/L	354,92	319,62	317,34	283,64	317,72	12,11	0,195
			Inicial				
Albumina, mg/dL	2,55[b]	2,75[ab]	2,86[a]	2,61[ab]	2,69	0,05	0,019
Colest total, mg/dL	53,62	51,39	54,07	58,36	54,36	1,91	0,626
Glicose, mg/dL	105,83	100,51	98,32	89,32	96,49	4,72	0,171
Ureia, mg/dL	36,11	38,56	43,74	38,34	39,18	2,49	0,237
PT, g/dL	5,21	5,36	5,29	5,09	5,24	0,07	0,567
Fosfatase Alcalina, U/L	329,47	341,28	361,69	308,02	337,07	10,97	0,498

[1]Colest total: Colesterol total; PT:Proteínas totais;
[2]DC: Dieta controle; OPD20: Substituição 20% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado; OPD40: Substituição 40% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado; OPD60: Substituição 60% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado.
[3]Média: Valores médios entre os tratamentos
[4]EPM: Erro padrão da média
[5]Nível de significância
*Médias, na mesma linha, com diferentes letras sobrescritas diferiram estatisticamente pelo teste t de Student (p<0,05).

Perfil hematológico

Com relação ao perfil hematológico (Tabela 8), na fase pré-inicial II, não foi observada influência dos tratamentos sobre as variáveis.

Tabela 8. Perfil hematológico de leitões alimentados com ovo em pó desidratado em substituição ao plasma sanguíneo

Variáveis[1]	Tratamentos[2]				Média[3]	*p-value*[4]
	DC	OPD20	OPD40	OPD60		
Pré Inicial II						
HM, 10^6 /mm^3	5,57	5,83	5,8	5,82	5,75	0,659
HG, g/dL	10,91	11,68	11,61	11,45	11,41	0,314
HT, %	32,69	35,00	34,81	34,33	34,21	0,316
VCM-fL	60,14	60,03	60,07	60,06	60,14	0,879
CHCM, g/dL	33,30	33,26	33,30	33,32	33,29	0,932
RDW	19,17	20,14	20,9	21,48	20,42	0,547
PP, g/dL	5,39	5,58	5,51	5,28	5,44	0,101
Plaquetas, mm^3	426325	358506	449625	457750	316480	0,714
Leucócitos, mm^3	22023	20931	19348	19858	20540	0,726
Segmentados, %	48,62	44,38	50,62	52,58	49,05	0,148
Eosinófilos, %	2,00	2,42	1,56	2,20	2,05	0,351
Monócitos, %	1,80	3,57	2,00	2,25	2,40	0,182
Linfócitos, %	47,88	51,00	47,19	43,92	47,49	0,267
Fase Inicial						
HM,10^6 /mm^3	6,30	6,64	6,46	6,43	6,46	0,835
HG, g/dL	12,58	17,08	12,91	12,31	13,72	0,326
HT, %	37,12	37,21	38,88	38,19	37,85	0,216
VGM-fL	59,18	55,79	60,28	56,31	57,89	0,536
CHCM, g/dL	33,88	47,26	33,22	33,92	37,07	0,082
RDW	19,75	17,97	20,08	20,36	19,54	0,544
PP, g/dL	5,93	6,26	6,14	5,99	6,08	0,064
Plaquetas, mm^3	432813	329143	337750	343438	360786	0,081
Leucócitos, mm	34550^a	25713^b	26737^b	30000^{ab}	28939	0,015
Segmentados, %	38,00	45,64	41,38	44,69	42,43	0,380
Eosinófilos, %	2,42	3,12	1,50	1,50	2,14	0,338
Monócitos, %	3,21	2,67	1,90	1,92	2,43	0,475
Linfócitos, %	58,19	52,29	56,94	53,25	55,16	0,835

[1]HM, hemácias; HG: hemoglobinas; HT: hematócrito; VCM: volume corpuscular médio; HCM: hemoglobina corpuscular média; CHCM: concentração da hemoglobina corpuscular média; PP: proteínas plasmáticas.
[2]DC: dieta controle; OPD20: substituição de 20% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado; OPD40: substituição de 40% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado; OPD60: substituição de 60% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado.[3]Média: Valores médios entre os tratamentos;[4]Nível de significância
*Médias, na mesma linha, com diferentes letras sobrescritas diferem pelo teste t de Student ($p<0,05$).

Na fase inicial, houve diferença (p=0,018) para leucócitos, em que o maior valor e o menor valor foram para DC e OPD20, sendo 34550 e 24471,4 respectivamente, os quais diferiram entre si, mas foram semelhantes aos demais.

Peso relativo, comprimento e pH do conteúdo de órgãos

Houve efeito (Tabela 9) para o pH do conteúdo do ceco (p=0,019) em que o tratamento OPD40 apresentou menor pH (5,14) quando comparado ao tratamento OPD20 (5,45). No entanto, os demais conteúdos dos órgãos digestórios, comprimento dos intestinos delgado e grosso, peso relativo de órgãos digestórios vazios e peso relativo de órgãos não digestórios não demonstraram influência (p>0,05) dos tratamentos.

Tabela 9. Efeito do ovo em pó desidratado em substituição do plasma sanguíneo sobre o pH dos órgãos, comprimento do intestino delgado e grosso e peso relativo de órgãos digestórios e não digestórios de leitões em fase de creche

Variáveis[1]	Tratamentos [2]				Média[3]	EPM[4]	*p-value*[5]
	DC	OPD20	OPD40	OPD60			
pH estômago	3,68	3,90	3,55	3,85	3,748	0,100	0,628
pH jejuno	5,89	5,80	5,34	5,35	5,597	0,125	0,052
pH íleo	6,05	5,90	5,49	5,43	5,706	0,163	0,550
pH ceco	5,24 ^{ab}	5,45^{a}	5,14^{b}	5,36 ^{ab}	5,296	0,038	0,019
pH cólon	5,69	5,67	5,58	5,99	5,735	0,081	0,324
CID%	56,08	49,32	57,82	52,90	54,03	1,472	0,185
CIG %	13,06	12,92	13,28	13,41	13,17	0,415	0,979
Peso Relativo (%)							
Estômago	0,82	0,71	0,84	0,78	0,79	0,019	0,054
Intestino delgado	3,89	3,76	3,75	3,71	3,78	0,054	0,671
Ceco	0,24	0,27	0,25	0,26	0,25	0,009	0,518
Baço	0,22	0,20	0,22	0,22	0,22	0,007	0,786
Coração	0,45	0,38	0,52	0,43	0,45	0,025	0,143
Fígado vesíc. Biliar	2,69	2,54	3,07	2,89	2,79	0,075	0,052
Rins	0,45	0,48	0,52	0,54	0,496	0,013	0,054

[1]; CID%: comprimento do intestino delgado = duodeno + jejuno + íleo; CIG: comprimento do intestino grosso = cólon + reto.

[2]DC: dieta controle; OPD20: substituição de 20% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado; OPD40: substituição de 40% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado; OPD60: substituição de 60% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado.

[3]Média: Valores médios entre os tratamentos

[4]EPM: Erro padrão da média

[5]Nível de significância

Morfometria intestinal

Houve efeito (p=0,037) sobre a altura de vilosidades (Tabela 10) em que a ração referência apresentou menor (0,368mm), quando comparado aos tratamentos OPD40 e OPD60 (0,515 e 0,500mm), respectivamente. As demais variáveis não apresentaram efeito (p<0,05).

Tabela 10. Efeito do ovo em pó desidratado sobre a morfometria intestinal do jejuno de leitões em fase de creche

Variáveis	Tratamentos [2]				Média[3]	EPM[4]	*p-value*[5]
	DC	OPD20	OPD40	OP6D0			
Altura de vilos (mm)	0,368[b]	0,485[ab]	0,515[a]	0,500[a]	0,471	0,021	0,037
Profund.de cripta (mm)	0,246	0,241	0,216	0,232	0,233	0,009	0,744
Relação AV:PC[1]	1,755	2,243	2,498	2,293	2,224	0,121	0,152

[1] Profund.de cripta: profundidade de cripta; AV: PC: relação de altura de vilosidade e profundidade de cripta;
[2]DC: dieta controle; OP20: substituição de 20% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado; OP40: substituição de 40% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado; OP60: substituição de 60% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado;
[3]EPM: Erro padrão da média;
Médias, na mesma linha, com diferentes letras sobrescritas diferem pelo teste t de Student (p<0,05).

Microbiologia intestinal

Não houve efeito (p>0,05) de tratamento sobre os parâmetros de microbiologia intestinal do jejuno (Tabela 11), avaliando as variáveis bactérias ácido láticas e enterobactérias.

Tabela 11. Efeito do ovo em pó desidratado sobre o número de unidades formadoras de colônias de bactérias ácido lácticas e *Escherichia coli* no intestino (jejuno) de leitões em fase de creche

Variáveis[1]	Tratamentos[2]				Média[3]	EPM[4]	*p-value*[5]
	DC	OPD20	OPD40	OPD60			
BAL, UFC/g	7,93	8,33	8,32	8,33	8,24	0,008	0,354
E. coli, UFC/g	5,34	4,58	6,19	5,56	5,28	0,270	0,248

[1]BAL: bactérias ácido lácticas; *E.coli*: *Escherichia coli*;
[2]DC: Dieta controle; OPD20: substituição de 20% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado; OPD40: substituição de 40% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado; OPD60: substituição de 60% do plasma sanguíneo pelo ovo em pó desidratado;
[3]Média: Valores médios entre os tratamentos
[4]EPM: Erro padrão da média.
[5]Nível de significância

4 Discussão

Digestibilidade aparente dos nutrientes

A procura e o custo crescente de ingredientes alimentares convencionais ricos em nutrientes, como o OPD para suínos, oferecem um forte incentivo económico para identificar ingredientes alimentares alternativos com boa relação custo-benefício, considerando que a proteína dietética é um fator importante que contribui para o custo da alimentação animal.

Os animais do grupo que receberam o tratamento RR+18% OPD, apresentaram maior digestibilidade aparente dos nutrientes, como relatado também em estudo anterior (ZAWORSKA-ZAKREWSKA et al., 2022). Entretanto, o resultado não refletiu em um aumento na disponibilidade de proteína para deposição muscular e, consequente influência nos parâmetros de desempenho zootécnico na fase de creche. Isso pode explicar que há discrepantes resultados sobre a utilização da OPD indicando que nem sempre a maior digestibilidade aparente de nutrientes é acompanhada por uma melhora no desempenho produtivo (O'SHEA et al., 2014; PEREZ PALENCIA et al., 2021), conforme resultados.

Essa maior digestibilidade dos nutrientes é causada pelo lento desenvolvimento da função digestiva durante o crescimento dos suínos, função esta já desenvolvida na fase inicial (ZUO et al., 2015). Esmailzadeh et al. (2016) observaram efeitos positivos sobre a inclusão de ovo em pó em níveis de 40 g/kg na dieta de aves em fase inicial, observando melhora na saúde intestinal.

O efeito observado nos parâmetros morfométricos jejunais, no estudo atual, como aumento da altura das vilosidades, que pode resultar em maior capacidade absortiva de nutrientes disponíveis, pode ser uma das justificativas, para se considerar o ovo em pó desidratado altamente digerível e que pode ser eficientemente utilizado por suínos em fase de creche.

Estudos conduzidos por Lei e Kim (2013) observaram efeito significativo do ovo em pó sobre a digestibilidade energética de aves, que apresentaram um aumento linear pela inclusão de ovo em pó desidratado. No entanto, ao substituir com 3% de ovo em pó, observou um aumento da digestibilidade de energia, esses encontrados podem ser justificados em decorrência da alta qualidade da proteína digestível e dos lipídios em pó, de alta digestibilidade devido à sua composição (NORBERG et al., 2004). O ovo inteiro contém altos níveis de ácido palmítico, oleico e linoleico que são absorvidos no intestino delgado.

Perfil bioquímico avaliando a digestibilidade total dos nutrientes

A avaliação do perfil bioquímicos permite o conhecimento de informações relacionadas ao metabolismo, condições patológicas do indivíduo, assim como, monitorar o status sanitário do animal (PADILHA, 2017). No presente estudo os resultados encontrados para os níveis de ureia, glicose, proteínas totais, triglicerídeos, colesterol e albumina ficaram dentro dos padrões de referência sanguínea elaborados por (FRIENDSHIP et al., 1984)

Em consequência de o sangue estar amplamente difundido pelo corpo do animal, quando há presença de qualquer distúrbio, causará alterações no perfil sanguíneo (KOHN; DINNEEN; RUSSEKCOHEN, 2005). Os resultados indicaram que as dietas não apresentaram nenhum desbalanço nutricional de acordo com os tratamentos, baseado nas concentrações de ureia (KANEKO; HARVEY; BRUSS, 2008).

As diferenças de concentrações encontradas para o perfil sanguíneo estão dentro danormalidade para suínos em fase de crescimento (KLEM et al., 2010). As variáveis albumina, proteínas totais e globulinas foram analisadas para a determinação de possíveis alterações nutricionais como do conteúdo de proteína bruta, doenças hepáticas, metabólicas, e possíveis perdas proteicas (KANEKO; HARVEY; BRUSS, 2008).

Mesmo os valores da concentração de ureia permaneceram inalterados, esta foi avaliada como um indicador imediato e sensível da ingestão de proteína (DIAZ-GONZÁLEZ; SILVA, 2008), assim como poderia indicar outras possíveis alterações, como danos renais (KANEKO; HARVEY; BRUSS, 2008). Assim, a farinha de ovo em pó desidratada, adicionada em dietas para suínos melhorou a utilização proteica devido a menor concentração de ureia sanguínea (SHAHIR et al., 2016).

Desempenho zootécnico e ocorrência de diarreia (OD)

De maneira geral, a substituição do plasma sanguíneo pelo ovo em pó não influenciou as variáveis de desempenho. Apesar da ausência de efeito de tratamentos, pode-se observar na fase pré-inicial I que a dieta contendo 20% de substituição de plasma sanguíneo (PS) pelo OPD obteve maior GPD e PCF dentre os tratamentos avaliados. À medida que foi aumentada a substituição de

PS pela OPD, foi verificado um menor GPD e PCF dos animais. Esses achados são similares aos resultados encontrados por Figueiredo et al. (2003) que trabalharam com leitões em fase de creche substituindo o PS pela OPD.

Essa ausência de efeito de tratamento pode estar correlacionada aos efeitos estressores decorrentes ao desmame, afetando negativamente o desenvolvimento dos leitões nas primeiras semanas após o desmame. Considerando que essa fase é a mais desafiadora na vida do animal, a ingestão de alimento reduzida pelos animais e, consequentemente, a diminuição no ganho de peso, proporciona reflexos negativos ao metabolismo do leitão (TANG et al., 2022). Assim como, pode estar relacionado à ocorrência de diarreia (OD) presente nos animais nessas fases, e, consequentemente, afetando o desempenho (FANG et al., 2019).

O manejo de desmame, caracterizado por alterações dietéticas, promove alterações fisiológicas no TGI dos leitões que favorecem a OD (CAMPBELL et al., 2013). A adição de OPD40 em substituição ao plasma sanguíneo nas dietas dos leitões, na fase pré-inicial I, exerceu influência positiva sobre a OD, ocasionando a sua redução, quando comparado à inclusão com OPD20 em substituição ao plasma sanguíneo.

A diarreia pode ser definida como a excreção de fezes líquidas, acompanhadas de água e eletrólitos oriundos do TGI, que são expelidas por meio da contração anormal dos músculos intestinais, associada ou não a infecções por microrganismos (LI et al., 2013). Estudos conduzidos por Song et al. (2012), avaliando os efeitos do ovo em pó sobre o desempenho zootécnico e a saúde de leitões desmamados, mostraram que houve redução de OD durante a primeira semana após o desmame. OPD pode contribuir com uma proteção contra doenças devido a componentes específicos, pois contém IgY (HARMON et al., 2002). A quantidade de IgY na gema de ovo tem sido estimada em 12.000 mg/kg, a 30.000 mg/kg (HARMON et al., 2002).

Apesar de não ter apresentado efeito significativo entre as dietas, a inclusão de ovo em pó na alimentação dos leitões pode melhorar o desempenho dos animais, devido à fração de imunoglobulinas presente na gema do ovo IgY. Esses anticorpos reduzem os efeitos negativos no sistema gastrointestinal, dentre eles a diarreia e doenças gastrointestinais mais comuns como *Escherichia coli* e *Salmonella* spp. Além disso, o ovo em pó desidratado é utilizado como alternativa antimicrobiana promovendo um equilíbrio na microbiota intestinal dos leitões, possuindo uma quantidade diversa de aminoácidos conferindo, assim, um alto valor biológico à dieta (BARBIERI, 2015).

Estudos conduzidos por Barbosa et al. (2007), avaliando o aumento da substituição do PS pela OPD em dietas de leitões em fase de creche, observaram menor GPD em decorrência da OPD que possui menor aceitabilidade dos leitões nas dietas com maior OPD na sua composição, isso pode estar relacionado à sua palatabilidade. Assim, o tratamento considerado como menor palatabilidade apresentada pelo OPD associada com a melhor palatabilidade do PS, pode ter promovido um menor consumo de ração e, consequentemente, menor ganho de peso dos animais que receberam maiores quantidades de OPD em suas dietas, refletindo no desempenho inferior observado.

Outra possibilidade pode estar atribuída ao conteúdo de glicose presente no ovo, haja vista que, durante o processamento para obtenção do ovo em pó desidratado, pode não havido a remoção dessa glicose. De acordo com Aguirre et al. (1979), e a glicose não for removida, pode ocorrer a interação glicose-proteína (reação de Maillard), em que a ação do calor e a presença da água acelera a reação.

No processo de desidratação do ovo o ar é aquecido a temperaturas entre 121 a 232°C, com a umidade podendo variar de 4 a 10% . Como o grupo NH_2 do carbono é psilon (Σ) do aminoácido lisina, primeiro aminoácido limitante para suínos, está envolvido nessa reação, o resultado é um decréscimo do valor biológico da proteína e, consequentemente, um pior desempenho dos animais. Contudo, os mesmos autores descrevem que os pré-tratamentos, como a exemplo a pasteurização (60 °C) e a secagem dos produtos e executados corretamente podem diminuir o valor biológico.

Outra hipótese que poderia explicar o pior desempenho dos animais que receberam maiores proporções de OPD nas dietas é a deficiência da vitamina biotina causada pela glicoproteína presente na albumina do ovo, resultado, talvez, de um sub processamento.

Contudo, é pouco provável que o pior desempenho de leitões alimentados com OPD seja em virtude da presença da avidina pois, neste estudo, a inclusão máxima desse ingrediente foi de 60%. Estudos encontrados na literatura, indicam que o prejuízo no desempenho dos leitões que receberam o OPD em suas dietas foi atribuído a um menor consumo de ração (SCHMIDTT et al., 2001). Tal fato ocorrido foi semelhante ao observado por Figueiredo et al. (2003) usando concentrações de farinha de ovo em pó em leitões em fase de creche que, ao aumentar o nível de farinha de ovo em substituição ao plasma sanguíneo, os animais apresentaram menor GPD.

Na fase pré-inicial I + II o CRD não apresentou diferença entre os tratamentos, entretanto, a dieta controle que não teve substituição de OPD, mas somente PS e resultou em um maior CRD

entre os tratamentos. Estudo realizado por Dalto et al. (2011) avaliando plasma sanguíneo em níveis para leitões desmamados também obtiveram resultados com maior nível de inclusão de PS por ter maior aceitabilidade desse alimento pelos animais.

Perfil bioquímico e hematológico

Algumas metodologias são utilizadas para o monitoramento do desempenho dos animais de produção. Análises sanguíneas demonstraram efeito dos tratamentos sobre as variáveis albumina, ureia, proteínas totais na fase pré-inicial II. A análise de proteínas totais difere da análise de proteínas plasmáticas pela ausência do fibrinogênio na amostra, no entanto, ambas quantificam as albuminas e globulinas presentes nas amostras de sangue. Valores aumentados de albuminas podem estar relacionados ao aumento na quantidade de globulinas no sangue (MAYER; DONNELLY, 2013).

Os níveis de ureia no sangue refletem diretamente no consumo de rações desequilibradas em relação aos aminoácidos (AA) ou quando a dieta é composta em sua formulação por proteína de baixa qualidade. Foi observado maior concentração de ureia plasmática para os tratamentos em que os animais foram alimentados com inclusão de OP20%. Quando o animal consome proteína em quantidade e qualidade adequadas à sua exigência, espera-se baixa excreção de nitrogênio e, dessa forma, é benéfico em reduzir os custos de produção com menor desperdício e menor poluição ambiental proveniente dos dejetos dos animais (TADEU FIALHO et al., 2004).

A concentração de ureia é inversamente relacionada à eficiência em que a proteína é utilizada pelo indivíduo. Desse modo, alta concentração da ureia no plasma sanguíneo pode ser um indicador da qualidade da proteína. O aumento no valor biológico da proteína pode também diminuir o nível de ureia plasmática, demonstrando, assim, que a redução da ureia no sangue está diretamente relacionada com a melhor utilização do nitrogênio total e melhor equilíbrio dos aminoácidos. Portanto, o estado de saúde do animal, idade, peso, estresse, estado de hidratação e conteúdo proteico da dieta podem ser influenciados pelos níveis de ureia (FIGUEIREDO et al., 2003; PERRI et al., 2017).

As variáveis albumina, ureia e proteínas totais no estudo atual, também foram avaliados com o intuito de identificar, principalmente, possíveis alterações nutricionais no conteúdo de proteína bruta, doenças hepáticas e possíveis perdas proteicas (HARVEY; BRUSS, 2008).

Os achados deste estudo revelaram que os animais os quais consumiram o tratamento DC e OP60% tiveram uma redução na concentração de PT, o que contribuiria para afetar de forma negativa a produção de albumina e de globulina no fígado dos animais (FISCHER; MILLER; LEWIS, 2000). Todavia, essa redução de PT pode refletir apenas em uma menor proporção na concentração de globulina dos animais, que, no entanto, não foi avaliada. Wang, Lindemann e Estienne (2020), avaliando fontes proteicas para suínos na fase de crescimento, observaram que ao aumentarem em 3% o nível de PB nas dietas para suínos jovens, as concentrações de albumina sérica foram aumentadas, bem como houve uma tendência para maior concentração de PT.

Os dados em redução de PT (4,78 e 4,59) são, respectivamente, para os tratamentos RR e OPD60. Tal achado pode indicar quadros de desidratação ou provável lesão no fígado (KERR, 2003; MIRANDA; ANTUNES, 2011) e deficiência na alimentação (FISCHER; MILLER; LEWIS, 2000; WANG; LINDEMANN; ESTIENE, 2020).

Quanto aos valores de concentração de albumina reduzidos em animais que receberam DC, OPD40 E OPD60, estudos têm relatado que há uma correlação negativa entre a concentração de albumina e globulinas, ou seja, um aumento na concentração de globulinas devido a funções imunes, pode inibir a síntese de albumina no fígado do indivíduo como estratégia de mecanismo compensatório para manter constância no nível proteico total (; CHEN et al., 2008). No entanto, em situações de disfunção hepática, a concentração de albumina torna-se menor do que a de globulina (DIAZ-GONZÁLEZ; SILVA, 2008). No estudo atual, os tratamentos que apresentaram menores concentrações de albumina, também apresentaram menores concentração de ureia. Em um estudo anterior (DIAZ-GONZÁLEZ; SILVA, 2008), níveis de albumina reduzidos, juntamente com uma menor concentração de ureia, sugeriram deficiência proteica.

Para as variáveis do perfil hematológico, na fase inicial, houve efeito de tratamento sobre os leucócitos sanguíneos, as quais são as células que atuam, principalmente, como defesa, protegendo o animal contra organismos invasores e desencadeando respostas imunológicas (CAVALLAZZI et al., 2010; SCHEPETKIN; KUSHNARENKO; ÖZEK, 2016).

Pode-se discutir que a OD pode estar relacionada aos resultados sanguíneos obtidos, visto que o tratamento em que houve valores maiores de HM e HCM, e menores de VGM, o OPD20, foi o que apresentou maior OD na fase pré-inicial I. As variáveis HM, VGM e HG, representam a quantidade de hemácias presentes na amostra sanguínea, seu volume na amostra e a quantidade de hemoglobina contida em cada uma delas, respectivamente. Em casos em que o indivíduo apresenta

desidratação, pode haver maior concentração de hemácias na amostra, visto a redução da parte aquosa do sangue. Isso pode acarretar um aumento na quantidade de hemoglobina na amostra, refletindo na HCM e diminuindo o VGM, já que hemácias com menos água intracelular tendem a apresentar menor volume (GALLAGHER, 2017).

Foi obervado um decréscimo e após um aumento na contagem de leucócitos, quando vai aumentando o nível de OPD, isso é importante, pois os leucócitos são células responsáveis por defender o organismo contra infecções e doenças (PRINYAKUOPT; PLUEMPITIWIRIYAWEJ, 2015). O grupo que recebeu inclusão de OP20 e OP40 apresentou uma diferença de 10078,6 e 232,825 mm, respectivamente, em relação ao grupo controle. Estudos conduzido por Rodrigues (2013), estudando o plasma sanguíneo com ou semantibiótico em dietas para leitões desmamados aos 28 dias de idade, os pesquisadores, observaram um aumento na contagem de leucócitos no soro de leitões que receberam 2,5 e 5,0% de plasma na dieta, em relação aos animais controle.

Ainda, Barbieri et al. (2014) avaliando ovo em pó para leitão, observou que os segmentados de leucócitos demostraram uma redução linear conforme houve aumento dos níveis de resíduo de ovo em pó. Nos tratamentos com maior inclusão dos níveis de resíduo de OPD obteve-se uma redução de 28% em relação ao tratamento testemunha. Por sua vez, a quantidade de linfócitos demostrou ter um crescimento linear conforme se aumentaram os níveis de resíduo de ovo em pó. O OPD, assim como o plasma sanguíneo, é um alimento funcional de alto valor biológico que contribui positivamente na condição imunológica dos animais.

Morfometria intestinal

As vilosidades são estruturas digitiformes da camada mucosa do intestino delgado que ampliam a superfície desse órgão, otimizando o processo de absorção eficaz dos nutrientes. Um aumento da altura das vilosidades pode resultar em uma maior capacidade na digestão e absorção intestinal dos nutrientes disponíveis e, consequentemente, no desempenho produtivo dos animais (MIN et al., 2017; XUE et al., 2018). Redução ou ausência da presença de toxinas que estão relacionadas com alterações na morfometria intestinal impacta diretamente na relação AV:PC (SEKIROV et al., 2010).

A atrofia das vilosidades intestinais observada no período do desmame ocorre devido a duas condições principais: a primeira decorre da maior taxa de perda celular, devido à presença de

patógenos microbianos ou de componentes antigênicos dos alimentos a exemplo dos fatores antinutricionais; e a segunda, pela reduzida taxa de renovação celular, devido, principalmente, à restrição de consumo do alimento (TUCCI et al., 2011). Dessa maneira, um melhor resultado para esta variável pode ser alcançado a partir do momento em que os leitões desmamados venham consumir a ração, de modo suficiente, logo após o desmame.

Como não houve efeito dos tratamentos sobre as variáveis profundidade de cripta e relação altura de vilosidade e profundidade de cripta (AV:PC), pode-se justificar que os animais apresentaram adaptação ao alimento recebido, favorecendo a integridade da saúde intestinal uma vez que isso permite implicações significativas para a utilização de nutrientes e, consequentemente, na saúde geral do animal.

O aumento crescente na altura das vilosidades conforme a inclusão de OPD pode ser justificado pela concentração de ácido glutâmico no ingrediente. O ácido glutâmico ou glutamato é um aminoácido não essencial sintetizado pela transaminação de aminoácidos de cadeia ramificada como valina, leucina e isoleucina, que reagem com α- cetoácidos pela enzima aminotransferase (BIOLO et al., 2005). Define-se como um aminoácido que participa de inúmeras funções importantes como a produção de piruvato ou oxaloacetato, substratos fundamentais para as vias de gliconeogênese, glicólise e glicogênese, tendo papel chave nas vias metabólicas dos aminoácidos e nos processos de transaminação sob a ação de descarboxilases e precursor da glutationa, um antioxidante intracelular que auxilia na manutenção da integridade intestinal (AJINOMOTO, 2011).

Em um estudo com leitões desmamados aos 21 dias de idade, Molino et al. (2012) verificaram que a adição de 0,8% (dos 21 aos 35 dias) e 0,6% (dos 36 aos 49 dias) de LGlutamina + L-ácido glutâmico afetou positivamente o ganho de peso e aumentou a altura das vilosidades nas três porções do intestino delgado. Os benefícios que a atuação da glutamina e o ácido glutâmico proporcionam sobre a mucosa do intestino vêm sendo constantemente estudados, porque são os principais metabólitos fornecedores de energia para os enterócitos e, quando em altas concentrações, são percursores para a formação dos nucleotídeos, o que permite resposta imediata para a proliferação das células (ZAVARIZE et al., 2010)

Microbiologia intestinal

Na contagem de unidade formadoras de colônia de *Escherichia coli*, ocorreu o contrário ao BAL, pois à medida que se aumentou os níveis de OPD nas dietas, reduziu-se, e na sequência, apresentou um aumento das unidades formadoras de colônias. O menor nível de inclusão do OPD foi o que apresentou menores contagem de *Escherichia coli*, isso representa baixa capacidade de resistência, o que pode atrelar a menores perdas econômicas por mortalidade e baixa conversão alimentar. Estudos conduzidos por Barbieri et al. (2014), avaliando ovo em pó em dieta para leitão, observou que os maiores níveis de inclusão do ovo em pó nas dietas foram os que apresentaram menores contagem de *Escherichia coli.*

Os diferentes níveis de inclusão do OPD avaliados não influenciaram ($p>0,05$) a contagem de BAL e *E.coli* no jejuno de leitões. Segundo Pierce et al. (2007), dietas com altos níveis de lactose tendem a aumentar a quantidade de BAL. Assim, a inclusão de produtos lácteos como leite em pó ou soro de leite em pó nas fases pré-inicial I e II, podem contribuir para o desenvolvimento das BAL e auxiliar na manutenção da integridade da mucosa do intestino delgado acarretando a melhora da saúde intestinal dos leitões (PLUSKE et al.,1996; WILLIAMS et al., 2001). Estudos conduzidos por Ma et al. (2017), avaliando ovo inteiro em pó desidratado na dieta para leitões em fase de creche, também não obtiveram efeito para a contagem de bactérias intestinais.

A microbiota intestinal de suínos exerce um papel fundamental no desempenho e saúde do animal podendo ser influenciada pela dieta. É sabido que a lisozima (LZ), enzima presente na clara do ovo, é uma das responsáveis por eliminar as bactérias gram-positivas das quais se destacam as bactérias láticas.

A LZ pode diminuir a população de *E. coli* no jejuno e ceco sendo considerada como uma alternativa promissora aos antibióticos que podem inibir o crescimento de bactérias patogênicas, com um impacto benéfico na saúde do hospedeiro (BRUNDIGE et al., 2008; MAY et al., 2012). Os resultados deste estudo são consistentes com os de Nyachoti et al. (2012) e Brundige et al. (2008) que relataram diminuição do número de coliformes e *E. coli*. Ainda, é importante enfatizar que a LZ atua principalmente em bactérias Gram-positivas. Não há indicações se *E. coli* e *Lactobacillus* são susceptíveis ou resistentes a LZ. Na verdade, isso está atrelado a uma série de fatores, como o substrato da cultura (CHASSY; GIUFFRIDA, 1980), concentração (AKASHI, 1972) e tratamento térmico (SCHMIDT; NUACHOTI; SLOMINSKI, 2003), uma vez que o OPD durante seu processo de desidratação passa por processos térmicos elevados. Todavia, é possível que a diminuição de *E. coli* que foi aumentando gradativamente junto à inclusão de OPD iria sendo

elevada dentro dos tratamentos, deveu-se, em parte, a mudanças na composição da microbiota intestinal que reduziu, indiretamente, a contagem de *E. coli*.

O plasma sanguíneo, além de ser um alimento proteico, apresenta imunoglobulina em sua composição que é capaz de proporcionar maior imunidade além de permitir uma microflora intestinal saudável aos leitões, assim como o ovo em pó (RODRIGUES et al., 2013). Diante do exposto a inclusão de OPD na dieta de leitões, pode ser considerada uma alternativa viável por aumentar a incidência dessas bactérias benéficas e ao mesmo tempo reduzir as bactérias nocivas ao trato gastrointestinal como a *E. coli*.

pH dos órgãos, comprimento do intestino delgado e grosso e peso de órgãos digestórios e não digestórios

Houve efeito de tratamento para o pH do conteúdo do ceco (p=0,019) em que o tratamento OPD40 apresentou menor pH (5,14), quando comparado ao tratamento OPD20 (5,45). O ceco é onde chega o intestino delgado, local em que ocorre a fermentação dos nutrientes que foram ingeridos e que não foram digeridos e absorvidos no intestino delgado pelos animais.

A redução do pH da digesta limita o desenvolvimento de microrganismos patogênicos, como a *E. coli,* que não sobrevive em condições de pH ácido (BARCELOS; SOBESTIANSKY, 1998), mas, normalmente, cresce em faixa de pH variando de 5,0 a 9,0 (ZILBERSTEIN et al., 1984). As diferenças nos valores de pH encontrados nos segmentos do trato digestório podem ocorrer em função do local do intestino que se avaliam as determinações, bem como da técnica utilizada e do tempo após a ingestão de alimentos (FERREIRA, 1986).

No estudo, a coleta foi realizada logo após o abate dos animais, não submetidos à período de jejum de oito horas, como comumente ocorre nos demais estudos. A limitada capacidade digestiva dos leitões no pós-desmame tem como uma das causas a produção gástrica insuficiente de ácido clorídrico, que resulta na elevação do pH e na menor atividade das enzimas proteolíticas. De acordo com Almeida (2020), valores diversos para o peso de órgãos dos animais podem ser influenciados pela idade, grupo genético e peso ao abate. Além disso, valores alternados nos pesos dos órgãos, principalmente, os digestivos, podem estar diretamente associados à composição da dieta, particularmente aos teores de energia e proteína, que, se fornecidas em quantidades equivalentes, tendem a apresentar pesos semelhantes (RAO; MCCRACEK, 1992).

Ainda, é importante enfatizar que pesquisas referentes a avaliações do peso dos órgãos, sejam eles digestivos e não-digestivos, devem ser realizados continuamente, pois, as diferentes respostas do TGI ainda não são bem esclarecidas, especialmente, dos suínos das linhagens comerciais modernas.

3 Conclusões

As dietas com inclusão do OPD foram capazes de influenciar na ocorrência de diarreia, perfil bioquímico sanguíneo e na saúde do trato gastrointestinal de leitões na fase de creche. Porém, não exerceram diferenças nos resultados zootécnicos avaliados. Como existem poucos estudos sobre o perfil de inclusão, quantidades e resultados há necessidade de novos estudos sobre este alimento alternativo em dietas pré-iniciais de leitões.

Conflito de interesse

Os autores declaram que não houve conflito de interesse entre os dados apresentados e empresas que auxiliaram na pesquisa.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio na pesquisa.

Referências

AKASHI, A. The effect of egg-white lysozyme on the growth of cheese starter organisms. **Journal of Agricultura Science**, v.17, p, 67–73,1972.

AJINOMOTO. L-**Ácido Glutâmico**. 2011. Acesso em: 23 jan. 2023.

BARBIERI, M. M. **Resíduo da industrialização de ovos em dieta para leitões**. 2015.

BARBOSA, F.F.; FERREIRA, A.S.; GATTÁS, G.; SILVA, F.C. de O.; DONZELE, J.L.; BRUSTOLINI, P.C.; LOPES, D.C. Níveis de plasma sanguíneo em pó em dietas para leitões desmamados aos 21 dias de idade**. Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 1052-1060, 2007.

BARBOSA, F.F.; SILVA, F.C.O.; FERREIRA, A.S.; PUPA, J.M.R.; BRUSTOLINI, P.C.; CAMPOS, P.F. Efeitos de plasma sanguíneo sobre vilosidades, desenvolvimento bacteriano e desempenho de leitões criados em condições de desafio pós-desmame aos 35 dias**. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 2, p. 469-479, 2012.

BIOLO, G. Muscle glutamine depletion in the intensive care unit. **Int. Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v. 37, p. 2169- 2179, 2005.

BRUNDIGE, D.R.; MAGA, E.A.; KLASING, K.C.; MURRAY, J.D. Lysozyme transgenic goats'milk influences gastrointestinal morphology in young pigs. **Journal of nutrition,** v. 138, n. 5, 921–926, 2008.

CAVALLAZZI, R.; BENNIN, C.L.; HIRANI, A. et al. Review of A Large Clinical Series: Is the Band Count Useful in the Diagnosis of Infection? An Accuracy Study in Critically Ill Patients. **Journal of Intensive Care Medicine**, v. 25, n. 6, p. 353-357, 2010.

CHASSY, B.M.; GIUFFRIDA, A. Method for the lysis of Gram-positive, as pyrogenous bacteria with lysozyme. **Applied and Environmental Microbiology,** v. 39, v. 1, 153–158, 1980.

CHEN, F.; MA, Y.; XUE, C.; MA, J.; XIE, Q.; WANG, G.; BI, Y.; CAO, Y. The combination of deoxynivalenol and zearalenone at permitted feed concentrations causes serious physiological effects in young pigs. **Journal of Veterinary Science**, v. 9, n. 1, p. 39-44, 2008.

DALTO, D.B.; SILVA, C.A.; BRIDI, A.M.; GAVIOLI, D.F.; OLIVEIRA, E.R.; SILVA, R.A. M.; TARSITANO, M.A.; ALTMANN, A.H.S.; BRAZ, D.B.; KABAYASHI, R.K.T.; VENÂNCIO, E.J. Plasma sanguíneo desidratado na recuperação de leitões leves ao desmame: desempenho zootécnico, perfil hematológico, frequência de diarreia e viabilidade econômica. **Ciências Agrárias,** v. 32, n, 1, p, 1989-2000, 2011.

DIAZ-GONZÁLEZ, F.H.; SILVA, S.C. Patologia clínica veterinária: texto introdutório. 1.ed. **Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2008. 342p.

FISCHER, R.; MILLER, P.S.; LEWIS, A.J. The use of plasma urea as an indicator of protein status in growing-finishing pigs. **Nebraska Swine Reports**, v. 112, p. 29-30, 2000.

FIGUEIREDO, A.N; MIYADA, V.S.; UTIYAMA, C.E; LONGO, F.A. Ovo em pó na alimentação de leitões recém-desmamados **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1901-1911, 2003.

FRIENDSHIP, R.M., LUMSDEN, J.H., MCMILLAN, I., WILSON, M.R. Hematology and biochemistry reference values for Ontario swine. **Canadian Journal of Comparative Medicine,** v. 48, p. 390–393,1984.

GALLAGHER, P. G. Disorders of erythrocyte hydration. **Blood, The Journal of the American Society of Hematology**, v. 130, n. 25, p. 2699-2708, 2017.

GONZÁLEZ-VEGA, JC; KIM, BG; TAMBÉM, JK; LEME, A.; STEIN, HH Amino acid digestibility in heated soybean meal fed to growing pigs. **Journal Animal science***,* v. 89, p. 3617–3625,2011.

KERR, M. **Exames laboratoriais em Medicina Veterinária–Bioquímica Clínica e Hematologia**. 2.ed. Roca: São Paulo, 2003. 582p.

KISIELINSKI, K.; WILLIS, S.; PRESCHER, A. A simple new method to calculate small intestine absorptive surface in the rat. **Clinical and Experimental Medicine**, v.2, n. 3, p. 131-135, 2002.

MAY, K.D.; WELLS, J.E.; MAXWELL, C.V.; OLIVER W.T. Granulated lysozyme as an alternative to antibiotics improves growth performance and small intestinal morphology of 10-day-old pigs. **Journal Animal Science**, n. 90, p. 1118-1125, 2012.

MIRANDA, N.C.; ANTUNES, R.C. Bioquímica sanguínea de duas linhagens suínas. **Horizonte Científico,** v. 5, n. 1, p. 1-12, 2011.

MIN, Y.N; LIU, S.G; QU, Z.X; MENG, G.H; GAO, Y.P. Effects of dietary threonine levels on growth performance, serum biochemical indexes, antioxidant capacities, and gut morphology in broiler chickens. **Poultry science,** n. 96, p. 1290–1297, 2017.

MOLINO, J.P.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Lactose e glutamina mais ácido glutâmico em rações para leitões desmamados aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 1, p. 98- 105. 2012.

NYACHOTI, C.M.; KIARIE, E.; BHANDARI, S.K.; ZHANG, G.; KRAUSE, D.O. Weaned pig responses to Escherichia coli K88 oral challenge when receiving a lysozyme supplement. **Journal Animal Science**, n. 90, p. 252–260, 2012.

O'SHEA, C. J.; MC ALPINE, P. O.; SOLAN, P.; CURRAN, T.; VARLEY, P. F.; WALSH, A. M. AND DOHERTY, J. V. O. 2014. The effect of protease and xylanase enzymes on growth performance, nutrient digestibility, and manure odour in grower–finisher pigs. **Animal Feed Science and Technology,** v.189, p.88-97,2014.

PERRI, M.A.; O'SULLIVAN, L.T.; HARDING, C.S.J.; FRIENDSHIP, M.R. Hematology and biochemistry reference intervals for Ontario commercial nursing pigs close to the time of weaning. **Canadian Veterinary Journal,** v. 58, n. 4, p. 371-376, 2017.

PEKAS, J.C. Versatile Swine Laboratory Apparatus for Physiologic and Metabolic Studies. **Journal of Animal Science**, v. 27, p. 1303-1306, 1968.

PÉREZ-CALVO, E.; WICAKSONO, A.N.; CANET, E.; DAULTON, E.; ENS, W.; HOELLER, U.; COVINGTON, J.A. The measurement of volatile e organic compounds in faeces of piglets as a tool to assess gastrointestinal functionality. **Biosyst Eng,** v. 184, p. 122-129, 2019.

PEREZ-PALENCIA, J. Y.; SAMUEL, R. S. AND LEVESQUE, C. L. Supplementation of protease to low amino acid diets containing superdose level of phytase for wean-to-finish pigs: effects on performance, postweaning intestinal health and carcass characteristics. **Translational Animal Science,** v.5, n.1, 2021.

PROPHET, E.B.; MILLS, B.; ARRINGTON, J.B. et al. **Laboratory Methods in Histotechnology.** Washington: American Registry of Pathology, 1994. 279p.

PRINYAKUPT, J., PLUEMPITIWIRIYAWEJ, C. Segmentation of white blood cells and comparison of cell morphology by linear and naïve Bayes classifiers. **BioMedicina Eng**, v. 14, n. 63, 2015.

PIERCE, K.M.; CALLAN, J.J.; Mc CARTHY, P.; O'DOHERTY, J.V. A interação entre o nível de lactose e a concentração de proteína bruta no desempenho pós-desmame de leitões, metabolismo de nitrogênio, populações microbianas fecais selecionadas e concentrações fecais de ácidos graxos voláteis. **Ciência e Tecnologia da Alimentação Animal**, v. 132, n. 3-4, p. 267-282, 2007.

RAO, D.S.; MCCRACKEN, K.J. Energia: interações de proteínas em cachaços em crescimento de alto potencial genético para crescimento magro. Efeitos no crescimento, características da carcaça e peso dos órgãos. **Ciência Animal**, v. 54, p. 75-82, 1992.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais.** 4ª edição, Viçosa, MG: UFV, 488 , 2017.

ROTTER, B.A.; THOMPSON, B.K.; LESSARD, M.; TRENHOLM, H.L.; TRYPHONAS, H. Influence of low-level exposure to Fusarium mycotoxins on selected immunological and hematological parameters in young swine. **Toxicological Sciences**, v. 23, n. 1, p. 117-124, 1994.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** Jaboticabal: FUNEP, 262 p., 2016.

SCHEPETKIN, I.A.; KUSHNARENKO, S.V.; ÖZEK, G. Modulation of human neutrophil responses by the essential oils from Ferula a kitschkensis and their constituents. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, n. 38, p. 7156-7170, 2016.

SCHMIDT, L.S.; NYACHOTI, C.M.; SLOMINSKI, B.A. Nutritional evaluation of egg byproducts in diets for early weaned pig. **Journal Animal Science**, v. 81, p. 2270–2278, 2003.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: Editora, UFV, 2002.

SONG, M.; CHE, T.M.; LIU, Y.; SOARES, J.A.; HARMON, B.G.; PETTIGREW, J.E. Effects of dietary spray-dried egg on growth performance and health of weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 9, p. 3080–3087, 2012

TUNGLAND, B.C.; MEYER, D. Nondigestible Oligo- and Polysaccharides (Dietary Fiber): Their Physiology and Role in Human Health and Food. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 1, n. 3, p. 90–109, 2002.

XUE, G.D; BAREKATAIN, R; WU, S.B; CHOCT, M.; SWICK, R.A. Dietary L-glutamine supplementation improves growth performance, gut morphology, and serum biochemical indices of broiler chickens during necrotic enteritis challenge. **Poultry science,** n. 97, p. 1334–1341, 2018.

WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J.; IISMAA, O. The determination of chromic oxide in feces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal Agriculture Science**, n. 59, p. 381–385, 1962.

WANG, D.; LINDEMANN, M.D.; ESTIENNE, M.J. Effect of folic acid supplementation and dietary protein level on growth performance, serum chemistry and immune response in weanling piglets fed differing concentrations of aflatoxin. **Toxins,** v. 12, n. 10, p. 651, 2020.

ZAVARIZE, K.C. Utilização de glutamina na nutrição de monogástricos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v. 109, p. 573-576, 2010.

ZUO, J.; LING, B.; LONG, L.; LI, T.; LAHAYE, L.; YANG, C. AND FENG, D. Effect of dietary protease supplementation on growth performance, nutrient digestibility, intestinal morphology, digestive enzymes and gene expression of weaned piglets. **Animal Nutrition,** v.1, p.276-282,2015.

Highligts

1- A inclusão de diferentes fontes de fibras utilizadas na alimentação humana e de cães podem ser utilizadas em dietas para suínos com efeitos sobre os metabólitos sanguíneos.

2- A inclusão de diferentes fontes de fibras como fontes de fibras em dietas para suínos machos melhora a digestibilidade aparente do trato total e altera as concentrações de proteínas totais e colesterol total.

III. ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE TOTAL DE DIFERENTES FONTES DE FIBRAS EM SUÍNOS EM FASE DE CRESCIMENTO

RESUMO: O objetivo deste estudo piloto foi avaliar o uso do suíno como modelo experimental na inclusão de diferentes fontes de fibras utilizadas na alimentação humana e de cães e seus efeitos sobre a fisiologia hormonal, metabólitos sanguíneos, comportamento alimentar, escore fecal, taxa de passagem e digestibilidade das dietas. No Experimento I Método de coleta total de fezes um total de 24 leitões mestiços, machos inteiros, com peso corporal inicial médio de 20,69±1,94 kg foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro dietas e oito repetições. As dietas foram compostas (1) ração referência (RR); (2) ração referência + farelo de bagaço de uva (RR80% + FUV 20%); (3) ração referência + farelo de polpa de maçã (RR80% + FMC 20%); e (4) ração referência + farelo de brócolis (RR80% + BR 20%), para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente, os valores de nutrientes digestíveis, análises bromatológicas das fezes e parâmetros sanguíneos. Além da realização de avaliações do comportamento de leitões alimentados com e sem restrição com dietas contendo diferentes fontes de fibra, sendo estas obtidas no 5º e 7º dia de cada período. Os dados foram analisados usando modelo misto (*mixed*) no *SAS* com valores no tempo e tratamento de suínos individuais, tomadas como medidas repetidas. Para os dados de coeficiente de digestibilidade e análises plasmáticas, foram consideradas análises descritivas. Para os comportamentos, metabólitos plasmáticos, taxa de passagem e escore fecal, o modelo incluiu período, dieta, tempo (de amostragem ou observação) e interação de dieta e tempo como efeitos fixos, e suíno dentro de dieta como efeitos aleatórios. Os animais alimentados com a dieta referente ao tratamento RR+BR apresentaram maior CDAMS e MSD que os alimentados com as dietas RR+FUV e RR+FMC. No entanto, para as variáveis CDAMO e MOD os valores médios de tratamento RR+MC foram maior que os demais em estudo. Para os parâmetros sanguíneos, animais que receberam a dieta (RR+FUV) apresentaram maior nível de COLEST total analisado, quando comparado com os demais tratamentos. Os suínos alimentados com a dieta RR+FPM tiveram maior nível de GLIC e menor nível de URA que os demais tratamentos. Já para a variável FA, os suínos alimentados com o grupo RR+FPM apresentaram menor FA que os demais tratamentos. Para as observações comportamentais, houve efeito (P=0,009) de tratamento sobre a variável de comportamento em pé em que os suínos alimentados com ração contendo (RR+FUV), apresentaram maior frequência do comportamento

em pé. Para os metabólicos sanguíneos, os suínos alimentados com a dieta RR+FPM apresentaram (P=0,036) menor concentração de URA que os alimentados com a dieta RR. Já para as variáveis escore fecal e taxa de passagem, os suínos que receberam a dieta RR+BR apresentaram (P=0,0002) maior escore fecal em relação aos que receberam as dietas RR, RR+FUV e RR+FPM. No entanto, os animais do grupo RR+FUV apresentaram menor escore fecal (1,000), quando comparado aos demais tratamentos. Não houve efeito de tratamento (P=0,735) para a variável taxa de passagem, dos suínos alimentados com diferentes fontes de fibras. A inclusão de diferentes fontes de fibras utilizadas na alimentação humana e de cães podem ser utilizadas em dietas para suínos com efeitos positivos sobre os metabólitos sanguíneos, comportamento alimentar e escore fecal.

Palavras-chave: Desempenho zootécnico, digestibilidade, fonte fibrosa, saúde intestinal

III.TOTAL DIGESTIBILITY TRIAL OF DIFFERENT FIBER SOURCES IN GROWING PIGS

ABSTRACT: The aim of this pilot study was to evaluate the use of pigs as an experimental model for the inclusion of different sources of fiber used in human and dog food and their effects on hormonal physiology, blood metabolites, feeding behavior, fecal score, passage rate and digestibility of diets. In Experiment I, a total of 24 whole male mixed-breed piglets with an average initial body weight of 20.69±1.94 kg were distributed in a completely randomized design, with four diets and 8 repetitions. The diets were composed of (1) the reference ration (RR); (2) the reference ration + grape pomace bran (RR80% + FUV 20%); (3) the reference ration + apple pulp bran (RR80% + FMC 20%); and (4) the reference ration + broccoli bran (RR80% + BR 20%) to determine the apparent digestibility coefficients, digestible nutrient values, bromatological analysis of the feces and blood parameters. In addition to evaluations of the behavior of piglets fed with and without restriction on diets containing different sources of fiber, these were obtained on the 5th and 7th day of each period. The data was analyzed using a mixed model in SAS with values over time and treatment of individual pigs, taken as repeated measures. For the digestibility coefficient and plasma analysis data, descriptive analyses were considered. For behavior, plasma metabolites, passage rate and fecal score, the model included period, diet, time (sampling or observation) and interaction of diet and time as fixed effects, and pig within diet as random effects. The animals fed the RR+BR diet had higher CDAMS and MSD than those fed the RR+FUV and RR+FMC diets. However, for CDAMO and MOD, the average values of the RR+MC treatment were higher than the others. In terms of blood parameters, the pigs fed the RR+FUV diet had a higher level of total COLEST when compared to the other treatments. The pigs fed the RR+FPM diet had a higher GLIC level and a lower URA level than the other treatments. As for the FA variable, the pigs fed the RR+FPM group had lower FA than the other treatments. For the behavioral observations, there was a treatment effect (P=0.009) on the standing behavior variable in which the pigs fed the feed containing (RR+FUV) showed a higher frequency of standing behavior. For blood metabolites. The pigs fed the RR+FPM diet showed (P=0.036) a lower concentration of URA than those fed the RR diet. As for the fecal score and passage rate variables, the pigs fed the RR+BR diehigher fecal score (P=0.0002) than those fed the RR, RR+FUV and RR+FPM diets. However, the animals in the RR+FUV group had a lower fecal score (1.000) when compared to the other treatments. There was no treatment effect (P=0.735) for the passage rate variable in pigs fed different fiber sources.

The inclusion of different fiber sources used in human and dog food can be used in pig diets with positive effects on blood metabolites, feeding behavior and fecal score.

Keywords: Zootechnical performance, digestibility, fiber source, intestinal health.

1 INTRODUÇÃO

Importante na experimentação científica é a escolha da espécie a ser utilizada como modelo. Neste caso, deve haver praticidade na manipulação, dizer respeito ao ensaio proposto, além do custo operacional. O suíno vem sendo o modelo de escolha em diferentes situações de simulação, tais como, relacionadas a sistemas comuns aos seres humanos e outras espécies. Esta espécie, também é considerada um modelo na simulação de cirurgias, transplantes e alguns exames como laparoscopia e endoscopias (GUILLOTEAU et al., 2010; NIELSEN et al., 2014).

A utilização do suíno como modelo em pesquisas vem crescendo nas últimas décadas, por ser única em apresentar semelhanças anatômicas e fisiológicas com outras espécies. Quando se relaciona a espécie aos processos de digestão e digestibilidade dos alimentos encontra-se também muitas semelhanças que suportam a escolha, tais como similaridade anatômica no aparelho digestivo e nos processos bioquímicos da digestão (TOPPING; CLIFTON, 2001).

A fibra é uma forma de caracterizar os ingredientes das dietas, além de estabelecer os limites máximos e mínimos aos alimentos que a contém, de acordo com o resultado zootécnico e digestibilidade. Como definição, a fibra é componente estrutural das plantas, sendo a fração menos digestível dos alimentos. Afeta as características dos alimentos e está relacionada com a digestibilidade e com os valores energéticos, pode, ainda, estar envolvida no controle da ingestão de alimento (MERTENS, 1992), além da fermentação intestinal, que pode modular a integridade e a saúde.

Alguns tipos de fibra dietética são fermentados pela microbiota intestinal, produzindo ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) (DARZI et al., 2011). Os AGCC podem estimular a liberação de peptídeos relacionados com a saciedade, tais como o peptídeo tirosina-tirosina (PYY) e peptídeo semelhante ao glucagon 1 (GLP-1) (KEENAN et al., 2012). Ainda, os AGCC podem estimular a liberação de serotonina (5-HT) no cólon através da ativação de receptores de ácidos graxos livres expressos em células contendo 5-HT, que afetam a motilidade colônica e tempo total de trânsito da digesta, contribuindo, assim, para a regulação da saciedade, independentemente do PYY e do GLP-1 (SLEETH et al., 2010).

De acordo com estudos recentes, o tipo e o nível de inclusão de fibra podem reduzir o acúmulo de gordura, aumentar a sensibilidade à insulina, regular o nível de glicose no sangue e o metabolismo lipídico (ZHANG et al., 2015; INGERSLEV et al., 2017), tendo efeito sobre o

comportamento de suínos e influenciarem na modulação da microbiota intestinal (ZHANG et al., 2015; HEINRITZ et al., 2016).

Assim, a utilização do suíno como modelo animal permite a natureza mais complexa da obtenção de amostras de digesta ileal, o que é dificilmente alcançável por voluntários humanos saudáveis (NEWMAN et al., 2016). Estudos envolvendo a utilização de brócolis e a polpa de maçã na nutrição de suínos necessitam de investigações, pois são escassos e ou inexistentes.

O objetivo deste trabalho é avaliar a inclusão de diferentes fontes de fibras utilizadas na alimentação humana e cães em dietas para suínos e seus efeitos sobre a fisiologia hormonal, metabólitos sanguíneos, comportamento alimentar e digestibilidade das dietas.

2 Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa (Linha Guará) pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), no município de Marechal Cândido Rondon, PR. Foram realizados um ensaio de digestibilidade e uma avaliação de comportamento sem e com restrição alimentar de 20% do total da ração à vontade. O projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética no uso de Animais da Unioeste certificado de número P047/2022.

2.1 Ensaio de digestibilidade aparente do trato total

2.1.1 Animais, delineamento experimental, alojamento e dietas

Ao todo, foram utilizados 24 leitões mestiços, machos inteiros, com peso corporal inicial médio de 20,69±1,94 kg, em um delineamento experimental de blocos casualizados completos com quatro tratamentos de seis repetições, com um animal por gaiola metabólica como unidade experimental.

Os animais foram pesados balança digital (Modelo UL-50, Marca DIGI-TRON, Curitiba, Brasil), e alojados individualmente em gaiolas de metabolismo (0,5 m²) semelhantes à descrita por Pekas (1968), com ajuste de tamanho de acordo a necessidade de cada animal. Durante o experimento, as gaiolas foram equipadas com piso plástico de polietileno vazado, funil na parte

inferior para a coleta de urina, tela para a coleta de sobras de dieta, caixa de coleta de fezes na parte posterior da gaiola e com comedouro e bebedouro na parte frontal.

As gaiolas metabólicas estavam instaladas em sala de alvenaria, com piso de concreto e cortinas laterais. Os animais permaneceram alojados nas gaiolas por aproximadamente 12 dias, sendo sete dias de adaptação às gaiolas, ração e regularização do consumo metabólico e cinco dias para coleta de sangue, fezes e urina.

Na fase de adaptação, as rações experimentais foram fornecidas à vontade em duas refeições, às 08:00 e 14:00 horas, durante os sete dias iniciais e umidificadas com água (20% da quantidade total fornecida) a fim de melhorar a palatabilidade do alimento e minimizar perdas da dieta. O consumo de todos os animais foi devidamente registrado para calcular o consumo com base no peso metabólico ($PC^{0,75}$) de cada animal. Após cada refeição, a água foi fornecida no comedouro frontal na proporção de 3 ml/g de dieta consumida calculada para cada animal. O fornecimento das dietas, coleta de fezes e urina foram realizados de acordo com os procedimentos descritas por Sakomura e Rostagno (2016).

A temperatura do ambiente do galpão foi registrada usando um *datalloger* (Vketech, modelo temperature instruments) instalado no centro do galpão. A temperatura ambiente do ar, de 27,4 ± 0,2ºC e umidade relativa do ar, de 62,0 ± 1,2%, foram registradas durante todo o período experimental. O controle de temperatura e ventilação no interior da instalação foi realizado com auxílio de ventiladores, umidificadores e cortinas laterais.

Para alimentação foi utilizada uma ração basal composta por milho e farelo de soja, suplementada com aminoácidos sintéticos, atendendo às exigências nutricionais dos animais segundo Rostagno et al. (2017). Os resíduos das diferentes fontes de fibras foram adquiridos através de uma empresa fora da região em que foram desenvolvidos os experimentos. O farelo de bagaço de uva, foi adquirido na forma úmida (única forma disponível) sendo que foi realizada a secagem em estufa aberta com sombrite sobreposto na parte área, exposto sobre lonas, onde era realizada a reviragem destas constantemente, para facilitar o processo de secagem e evitar mofo ou proliferação de fungos. O farelo da polpa de maçã e farelo de brócolis foram adquiridos já processados, desidratados com baixo teor de umidade. Houve a necessidade de moer todos os alimentos, com o intuito de padronizar a granulometria do produto, moído em moinho tipo faca com tela de 3mm, localizado na fábrica de ração do campo experimental da Unioeste.

A dieta referência está disposta (Tabela 1). Os tratamentos experimentais foram: (1) ração referência (RR); (2) ração referência + farelo de bagaço de uva (RR80% + FUV 20%); (3) ração referência + farelo da polpa de maçã (RR80% + FPM 20%); e (4) ração referência + farelo de brócolis (RR80% + BR 20%). A composição bromatológica das diferentes fontes de fibras estão descritas na (Tabela 2). As dietas foram homogeneizadas em um misturador vertical por 15 minutos.

Tabela 1. Composição centesimal da ração referência para determinação dos coeficientes de digestibilidade e metabolização das diferentes fontes de fibra em suínos

Ingredientes	Quantidade, kg
Milho, 7,88% PB	58,71
Farelo de Soja, 45,0% PB	33,51
Óleo de soja	3,286
Fosfato bicálcico	1,993
Calcário	0,785
Sal comum	0,485
Sulfato de lisina, 54,6%	0,517
DL-Metinonia, 99,5%	0,175
L-Treonina, 96,8%	0,173
L-Triptofano, 99%	0,014
Premix Mineral-vitamínico	0,300
Promotor (Doxi+Maximulin)	0,050
Total	100,00
Exigências Nutricionais	
Energia metabolizável (cal/kg)	3,350
Proteína bruta (%)	20,55
Cálcio total (%)	0,910
Fósforo disponível (%)	0,450
Lisina digestível (%)	1,2810
Metionina + cisteína digestível (%)	0,730
Treonina digestível (%)	0,8330
Triptofano digestível (%)	0,2430

Níveis de garantia por kg de dieta: sulfato de Mn – 36028 mg, óxido de Zn - 90000 mg, sulfato de Fe - 70044 mg, sulfato de Cu - 14023 mg, I - 1000 mg, selenito de sódio - 0,045 mg; 2Níveis de garantia por kg de dieta: Vit. A – 2,000,000 UI/kg, Vit. D3 – 533,330 UI/kg, Vit. E – 6,583 UI/kg, Vit K3- 1,066 mg/kg, tiamina (B1) -334 mg/kg, riboflavina (B2) – 1,333 mg/kg, piridoxina (B6) - 466 mg/kg, cianocobalamina (B12) – 5,333 mcg/kg, niacina (B3) – 9,372 mg/kg, ácido pantotênico (B5) – 5,022 mg/kg, ácido fólico (B9) - 167 mg, biotina 26,669 mg/kg, manganês 10g/kg, zinco 26,66 g/kg, ferro10g/kg, cobre2,708 mg/kg, iodo 333 mg/kg, selênio - 100 mg/kg bht 100 mg/kg, fitase166,66U/g. 3Valores nutricionais propostos por Rostagno et al. (2017).

Tabela 2. Composição bromatológica analisada das diferentes fontes de fibras

	Fontes de Fibras[2]		
Itens[1]	FUV	FPM	BR
Matéria seca, %	92,22	88,29	87,42
Matéria orgânica, %	97,59	98,33	91,24
Matéria mineral, %	2,41	1,67	8,76
Proteína bruta, %	14,01	4,73	24,68
Energia bruta, kcal/kg	5114	372	3650
FDN (%)	54,17	11,46	19,58
FDA (%)	49,97	9,23	23,11
Cálcio (%)	0,390	0,090	0,370
Fósforo (%)	0,200	0,070	0,260

[1]FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; [2]FUV: Farelo de uva desidratada; FPM: Farelo da polpa de maça; BR: Resíduo de brócolis

2.1.2 Avaliação de Comportamento

Para a avaliação de comportamento foram utilizados 24 suínos mestiços, machos inteiros, com peso corporal inicial médio de 35,00±1,2 kg, alocados em um delineamento experimental de blocos casualizados completos com quatro tratamentos, seis repetições, com um animal por baia como unidade experimental.

Os animais foram pesados e alojados em uma sala de alvenaria com telhas de cerâmica, contendo 12 baias de piso totalmente compacto (2,2 m²), dispostas em duas fileiras, divididas por um corredor central. Todas as baias eram providas de comedouro semiautomático, localizado na parte frontal e bebedouro tipo chupeta.

O comportamento dos animais foi observado por um período de 12 horas ininterruptas por meio de um circuito fechado de câmeras instaladas na parte superior da instalação experimental e conectadas a um DVR (Intelbras, modelo Stand Alone, São José, Santa Catarina, Brasil).

Nos dias 5º e 6º foi fornecido uma refeição *ad libitum* e no 7º dia uma refeição com 20% de restrição em relação à quantidade fornecida à vontade. Assim, foram avaliadas as posturas (apresentação) e comportamentos dos suínos, obtidos a partir de gravações de vídeo usando amostras instantâneas de varredura de 10 min por 12 h e expressas em porcentagem de tempo de observação, para determinar a frequência com que cada animal exibiu determinado comportamento.

As variáveis avaliadas foram: proporção ou frequência observada (%) do comportamento de ficar em pé (suíno em pé e em movimento no interior da baia), deitado (animais em repouso com

o tronco apoiado no chão), ocioso (animal parado sem ação nenhuma durante determinado tempo), comendo (animais com a cabeça junto ao comedouro), bebendo (animais acionando o bebedouro), dormindo (suíno deitado totalmente no chão e imóvel por um tempo) (BOLHUIS et al., 2010).

Além disso, os suínos foram observados continuamente durante 1 h na refeição *ad libitum* das dietas (dias 5 e 6) e refeição com 20% de restrição da ração com base na ração ofertada à vontade. Com o objetivo de avaliar o consumo de dieta nos dias de avaliação comportamental foi realizada a mensuração do consumo de dieta dos animais. Uma quantidade conhecida de dieta foi fornecida antes do início da avaliação comportamental e pesadas as sobras após o término.

2.1.3 Amostragem no período de coleta total

Urina e fezes excretadas no período de 24 horas pertencentes a cada unidade experimental foram coletadas, por meio do método direto (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016). Fezes totais excretadas foram coletadas duas vezes ao dia (manhã e tarde), pesadas e acondicionadas em sacos plásticos, identificados anteriormente e armazenados em freezer (-18°C) até o final do período de coleta. Após, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas, retirando-se uma alíquota em duplicata (110 g cada), em seguida, pesadas em balança (bel engineering, modelo M4102, Monza, Itália), e secas em estufa de ventilação forçada a 55°C (Tecnal, modelo 394/2, Piracicaba, São Paulo, Brasil), por um período de 72 horas (SILVA; QUEIROZ, 2002).

Posteriormente, as fezes foram moídas em moinho tipo micro pulverizador (R-TE-350; Tecnal Equipamento Científico, Piracicaba, SP, Brasil) e armazenadas em potes plásticos para a realização das análises laboratoriais. O volume de urina excretada por um período de 24 horas foi coletado em baldes plásticos em polietileno, previamente etiquetados e adicionados 20 ml de uma solução 1:1 (água destilada: HCL 0,01 mol/L) para evitar perdas de N por volatilização e a proliferação de bactérias. A urina coletada teve o volume mensurado e uma alíquota de 10% do total foi acondicionada em recipientes identificados e acondicionados em freezer (-18ºC) até o final do período de coleta. Posteriormente, elas foram homogeneizadas, filtradas e encaminhadas para análises.

O consumo de alimento total e o consumo e excreção de matéria seca (MS), bem como o teor de matéria orgânica (MO) foram expressos em gramas e analisados para calcular o coeficiente de digestibilidade aparente do trato total (CDATT) de MS (CDATMS) e MO (CDATTMO), Os

valores de nutrientes digestíveis (ND) para a matéria seca digestível (MSD, g/kg), proteína digestível (PD, g/kg), MO digestível (MOD, g/kg) foram determinados por meio das equações descritas por Sakomura e Rostagno (2016).

A composição bromatológica das dietas e fezes coletadas foram realizadas de acordo com Silva e Queiroz (2002). As análises de EB das dietas, fezes e urina foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC – Chapecó, SC, Brasil) por meio da queima de amostras em bomba calorimétrica (IKA®, modelo C200, Wilmington, Carolina do Norte, USA).

No final do período de coleta de dados, todos os animais foram submetidos à coleta de sangue para análises bioquímicas sanguíneas de albumina (ALBM), proteínas totais (PT), colesterol (COLEST), fosfatase alcalina (FA), ureia (URA) e glicose (GLI). Foram colhidos ± 20 ml de sangue via punção da veia cava cranial anterior, utilizando seringas de 20 ml e agulhas de calibre 0,70x30 mm. O sangue obtido de cada animal foi adicionado a tubos de vidro, devidamente identificados, contendo anticoagulante fluoreto de sódio para GLI, heparina para URE e FA, e sem anticoagulante (soro) para ALB e PT. Os tubos foram alocados em uma caixa de isopor com gelo seco para posterior envio ao laboratório.

As análises sanguíneas de albumina (método colorimétrico- Cat.419), colesterol total (método enzimático colorimétrico, Cat. 460), glicose (método enzimático-colorimétrico, Cat. 434), proteína total (método enzimático-biureto, Cat. 418), ureia (método enzimático-colorimétrico, Cat. 427), fosfatase alcalina (método Cinético-Colorimétrico cat.340) e COLEST (método enzimático-colorimétrico), foram realizadas por espectofotometria, com o auxílio de um analisador (Bel Engineering, modelo Bel SPECTRO S05, Monza, Itália), utilizando kits específicos ANALISA (Gold Analisa Diagnóstica® - Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil), no laboratório de análises sanguíneas da Unioeste.

As amostras foram centrifugadas (centrífuga analógica 80-2B, Centrilab) a 3.000 rpm por um período de 10 minutos. Em seguida, o sobrenadante (± 3 ml) presente em cada tubo foi transferido para microtubos de polietileno tipo Eppendorf, em duplicatas, que passaram a ser armazenados em freezer a -20 °C.

2.1.4 Avaliação da taxa de Passagem

A avaliação da taxa de passagem foi realizada ao final da fase experimental, através da excreção do marcador nas fezes, sendo realizado de acordo com a metodologia adaptada de OWUSU-ASIEDU et al. (2006). Antes do início, um volume conhecido e restrito de ração foi pesado acrescido de 1,5% de marcador (óxido férrico) e homogeneizado, para garantir a ingestão do volume com marcador em uma única refeição. Toda a ração presente nos comedouros das unidades experimentais foi retirada uma hora antes do início da avaliação, sendo armazenadas em recipientes identificados para, posteriormente, serem retornadas aos devidos comedouros. O fornecimento da ração com marcador foi realizado de forma ordenada de acordo com a ordem de retirada da ração sem o marcador. O horário de fornecimento e o horário que os animais finalizaram o consumo de toda a ração com marcador (hora 0) foi anotado individualmente por unidade experimental, sendo então retornado à ração sem marcador aos respectivos comedouros. Os grupos de colaboradores para o monitoramento das unidades experimentais foram organizados para identificar se as fezes marcadas foram defecadas, anotando os seus horários. A taxa de passagem foi definida de acordo com o tempo (minutos) de consumo e excreção.

2.1.5 Avaliação do escore fecal

A avaliação do escore fecal foi realizado por meio da coleta parcial de fezes ao final da fase experimental. Antes do início da coleta, foi realizada a limpeza de todas as baias experimentais, com objetivo de evitar qualquer contaminação. Foi designado um número de animais específico para cada colaborador monitorar por um período de 12 horas ininterruptas.

Durante este período, as amostras eram coletadas imediatamente após os animais defecarem, sendo coletado a parte superior do conteúdo (não coletado a porção inferior em contato com o piso das baias). As fezes foram armazenadas em sacos de plástico polietileno identificados e mantidas em caixas térmicas com gelo durante o período de coleta. Após finalizar, as amostras foram homogeneizadas, retirada uma alíquota em duplicata (110 g cada), em seguida, pesadas em balança (bel engineering, modelo M4102, Monza, Itália) e secas em estufa de ventilação forçada a 55°C (Tecnal, modelo 394/2, Piracicaba, São Paulo, Brasil), por um período de 72 horas (SILVA; QUEIROZ, 2002).

Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho tipo micropulverizador (R-TE-350; Tecnal Equipamento Científico, Piracicaba, SP, Brasil) e armazenadas em potes plásticos de

polietileno identificados para determinação da matéria seca definitiva (SILVA; QUEIROZ, 2002). De posse dos valores, estes foram tabulados e classificados, para definir o escore fecal (Tabela 3) de acordo com sua consistência seguindo a metodologia adaptada de Hard e Dobb (1988).

Tabela 3. Critérios de escore de diarreia em leitões

Grau	Consistência	Umidade (%)	Escore
Normal	Sólida	<70	0
Leve	Pastosa	70-75	1
Moderada	Líquida/Pastosa	75-80	2
Grave	Líquida	>80	3

Fonte: Adaptado de Hart e Dobb (1988).

2.1.6 Análise Estatística

Para avaliação dos resultados de digestibilidade total utilizou-se o método de análise descritiva dos dados, que consiste em avaliar as médias de cada tratamento para possíveis discussões das variáveis de digestibilidade dos nutrientes total do trato.

Para as demais variáveis, antes de avaliar o resultado da ANCOVA ou ANOVA foi verificada a análise dos resíduos padronizados de Student, os valores maiores ou iguais a três desvios-padrão foram considerados como *outliers*. A normalidade dos erros experimentais e a homogeneidade de variâncias dos erros entre os tratamentos foram avaliadas previamente utilizando-se os testes de Shapiro-Wilk e de Levene, respectivamente.

3 Resultados

Coeficiente de digestibilidade aparente total do trato

Os animais alimentados com a dieta BR (Tabela 4) apresentaram maiores valores médios de CDAMS e CDAMO, que os alimentados com as dietas FUV e FPM. Para os nutrientes digestíveis com base na MN, os animais do grupo que receberam tratamento com BR apresentaram maior MSD e MOD quando comparado com os demais tratamentos.

Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade aparente e nutrientes digestíveis de fontes de fibras na alimentação de suínos com base na MN

	Dietas[2]		
Variáveis (%)[1]	FUV	FPM	BR
CDAMS	24,34	66,30	74,53
CDAMO	28,92	67,71	86,13
Nutrientes digestíveis (MN)			
MSD	22,45	58,54	65,15
MOD	26,02	58,78	68,70

[1]CDAMS = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca; CDAMO = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria orgânica;[2] FUV: Farelo de uva desidratada; FPM: Farelo da polpa de maça; BR: Resíduo de brócolis; *Dados estão sendo processados.

Parâmetros sanguíneos

Houve efeito (p=0,023) para a variável COLEST, sendo que os animais que receberam a dieta contendo o resíduo de uva apresentaram maior nível quando comparado com os demais tratamentos. Houve diferença (p=0,022) para a variável PT, em que os suínos alimentados com RR+BR tiveram maior nível que os demais tratamentos. Não houve efeito (p > 0,05) para as demais variáveis (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros sanguíneos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de fibras

Variáveis[1]	Tratamentos[2]				Média[3]	EPM[4]	*P-Valor*[5]
	RR	RR+FUV	RR+FPM	RR+BR			
Alb (g/dL)	2,354	2,288	2,316	2,122	2,270	0,072	0,705
Colesterol (mg/dL)	47,14ab	65,22a	45,364b	45,825b	50,887	2,818	0,023
Glicose (mg/dL)	70,775	68,075	81,596	77,778	74,249	2,685	0,216
Globulina (g/dL)	2,761	3,917	2,870	3,154	3,175	0,167	0,060
PT (g/dL)	5,115b	6,205b	5,186b	5,276ab	5,445	0,148	0,022
Ureia (mg/dL)	17,664	16,46	15,728	18,113	17,106	0,682	0,661
FA (mg/dL)	76,822	126,455	116,632	72,838	97,873	11,726	0,294

[a,b]Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si de acordo com o teste da diferença entre as lsmeans ao nível de 5% de probabilidade;
[1]Alb: Albumina; Colest: Colesterol total; PT: proteína total; FA: Fosfatase alcalina
[2]RR: Dieta controle; RR+FUV: Dieta controle + 20% de inclusão de Farelo de Uva Desidratada; RR+FPM: Dieta controle + 20% de Farelo da polpa de maça; RR+BR: Dieta controle mais 20% de inclusão de resíduo de brócolis;
[3]Média: Valores médios entre os tratamentos
[4]EPM: Erro padrão da média.
[5]*P-valor*: Probabilidade ao nível de significância.

Observações comportamentais

Houve efeito (p = 0,009) sobre a variável de comportamento em pé (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), em que os suínos alimentados com ração contendo o farelo de bagaço de uva (FUV) apresentaram maior frequência do comportamento. Não houve efeito para as demais variáveis.

Tabela 6. Porcentagem de ocorrência comportamental de suínos alimentados com diferentes fontes de fibras submetidos ou não à restrição alimentar

Variáveis	Tratamentos experimentais[1]				Período[2]		Situação[3]		*P-valor*[4]					
	RR	RR+FUV	RR+FPM	RR+BR	Manhã	Tarde	Vont	Rest	Trat	Per	Situ	Trat*Per	Trat*Situ	Per*Situ
Pé	23,06[b]	28,77[a]	22,83[b]	23,29[b]	30,98	19,69	26,71	22,26	0,009	<0,0001	0,002	0,441	0,479	0,735
Deitado	73,63	69,06	73,52	72,37	66,67	76,19	70,43	73,86	0,128	<0,0001	0,023	0,441	0,202	0,454
Sentado	3,31	2,28	3,65	4,34	2,42	4,12	2,85	3,94	0,069	0,004	0,052	0,879	0,285	0,890
Ócio	26,26	23,74	27,05	25,34	21,77	28,42	24,43	26,77	0,338	<0,0001	0,225	0,185	0,537	0,152
Comendo	14,95	18,26	14,38	15,18	21,71	11,26	17,81	13,58	0,101	<0,0001	0,0001	0,908	0,871	0,551
Bebendo	3,42	2,17	2,85	4,00	2,82	3,32	3,03	3,22	0,138	0,281	0,700	0,541	0,130	0,984
Dormindo	55,37	55,82	55,71	55,48	53,7	56,99	54,74	56,45	0,998	0,053	0,219	0,280	0,994	0,127

[a,b]Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si de acordo com o teste da diferença entre as *lsmeans* ao nível de 5% de probabilidade;

[1]RR: Dieta controle; RR+FUV: Dieta controle mais 20% de farelo de uva desidratada; RR+FPM: Dieta controle mais 20% de farelo da polpa de maça; RR+BR: Dieta controle mais 20% de inclusão de resíduo de brócolis

[2]Manhã: período matutino (06h00 às 12h00); Tarde: período vespertino (12h10 às 18h00);

[3]Fornecimento de ração, Vont: a vontade; Rest: redução de 20%;

[4]Nível de significância, Trat: tratamento; Per: período; Situ:situação.

Metabólicos sanguíneos

Os suínos alimentados com a dieta RR+FPM (Tabela 7) apresentaram (p = 0,036) menor concentração de ureia (URA) do que os alimentados com a dieta RR. Não houve efeito (p > 0,05) para as demais variáveis ALB, COLEST, GLIC, PT.

Tabela 7. Metabólitos sanguíneos de suínos alimentados com diferentes fontes de fibras

Variáveis[1]	Tratamentos[2]				EPM[3]	P-valor[4]
	RR	RR+FUV	RR+FPM	RR+BR		
ALB (mg/dL)	3,119	2,790	2,733	2,885	0,132	0,672
COLEST (mg/dL)	52,445	57,257	50,785	52,377	5,118	0,954
GLI (mg/dL)	86,354	83,754	87,343	86,997	3,365	0,939
URA (mg/dL)	32,445[a]	26,973[ab]	24,441[b]	28,735[ab]	1,458	0,036
PT (mg/dL)	5,307	7,791	5,116	5,050	0,316	0,449

[a,b]Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si de acordo com o teste da diferença entre as *lsmeans* ao nível de 5% de probabilidade;
[1]ALB:Albumina; COLEST: Colesterol; GLI: Glicose: URA: Ureia; PT: Proteína total;
[2]RR: Dieta controle; RR+FUV: Dieta controle mais 20% de farelo de uva desidratada; RR+FPM: Dieta controle mais 20% de farelo da polpa de maça; RR+BR: Dieta controle mais 20% de inclusão de resíduo de brócolis
[3]EPM: Erro padrão da média.
[4]P-valor: Probabilidade ao nível de significância.

Escore fecal e taxa de passagem

Em relação ao escore fecal, os suínos que receberam a dieta contendo brócolis e a dieta contendo resíduo de uva apresentaram maior e menor escore fecal, respectivamente, em relação às demais dietas (Tabela 8). Não houve efeito para a taxa de passagem dos suínos alimentados com diferentes fontes de fibras (Tabela 8).

Tabela 8. Escore fecal e taxa de passagem de suínos alimentados com diferentes fontes de fibras

Variável[1]	Tratamentos[2]				EPM[3]	P-valor[4]
	RR	RR+FUV	RR+FPM	RR+BR		
Escore fecal	1,833[b]	1,000[c]	1,833 [b]	2,667[a]	0,155	0,0002
TPD (min)	1076,4	1020,0	1005,0	972,9	31,058	0,735

[a,b]Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si de acordo com o teste da diferença entre as lsmeans ao nível de 5% de probabilidade;
[1]TDB: Taxa de passagem da digesta total em fase de crescimento;
[2]RR: Dieta controle; RR+FUV: Dieta controle mais 20% de farelo de uva desidratada; RR+FPM: Dieta controle mais 20% de farelo da polpa de maça; RR+BR: Dieta controle mais 20% de inclusão de resíduo de brócolis
[3]EPM: Erro padrão da média.
[4]P-valor: Probabilidade ao nível de significância.

4 Discussão

Coeficiente de digestibilidade total do trato

Na área da saúde digestiva, avaliar a digestibilidade de alimentos torna-se de grande interesse devido à necessidade de compreender como os componentes alimentares, a exemplo as fibras, tem grande influência na tolerância gastrointestinal, na consistência das fezes, no tempo de trânsitointestinal, na frequência de evacuação, na composição da microbiota intestinal e na atividade metabólica. Além disso, torna-se capaz de identificar a qualidade do alimento, valor nutricional é necessário para alcançar exigências nutricionais e, consequentemente, eficiência produtiva (KORCZAK et al., 2017).

A determinação da composição química e da digestibilidade dos nutrientes dos alimentos são imprescindíveis para a formulação de dietas que proporcionem maior eficiência produtiva. Apenas parte dos nutrientes existentes nos alimentos é digerida e utilizada pelos animais, o restante é eliminado via fezes ou urina (KONG; ADEOLA, 2014).

A fermentação da fibra dietética por microrganismos do intestino grosso de suínos resulta na produção de ácidos graxos de cadeia curta (BACK KNUDSEN; JORGENSEN, 2001), que são absorvidos neste segmento e podem suprir de 24 a 30% da exigência energética de manutenção de suínos em crescimento (JOHNSTON et al., 2003). A produção de ácidos graxos voláteis (AGV), tem sido um dos benefícios da fermentação da fibra nos suínos e, a partir destes, são originados acetato, propionato e butirato. Dependendo da frequência do consumo e do nível de fibra na dieta dos animais, a contribuição calórica destes AGV em suínos tem sido estimada entre 5% a 27% das exigências em energia de manutenção (NRC, 2012). Porém, a alimentação de suínos com dietas contendo altos teores de fibra promove aumento de aproximadamente 15% em sua exigência nutricional para manutenção devido a perdas endógenas e aumento das secreções gástricas, biliares e pancreáticas (YEN et al., 2001).

As fibras apresentam suas importâncias, na alimentação humana, sobretudo na redução dos riscos de doenças, por conta dos seus compostos bioativos que proporcionam efeitos antioxidantes, antitumoral, anti-inflamatório, entre outros (SCHWARTZ et al., 2020). Estudou-se a associação entre a ingestão de fibra alimentar e o risco de câncer de cólon proximal e entre a ingestão de fibra alimentar e o risco de câncer de cólon distal. No acompanhamento, os indivíduos com menor

ingestão de fibra, tiveram um risco maior de apresentarem o câncer de 21% e 14%, respectivamente (MAIA et al., 2018).

Para animais de companhia, a fibra começou a ser incluída na dieta de cães como prebióticos, com o intuito de modular e estimular bactérias benéficas no intestino do animal. Parte dos componentes são absorvidos no intestino grosso, com isso, ocorre o aumento de produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), proporcionando alguns efeitos como anti-inflamatórios.

Com o tempo, o interesse cresceu significativamente, principalmente por alimentos de alta qualidade que não interfiram na digestibilidade total do alimento, o que tem influência direta até mesmo na consistência do material fecal, desejável para área pet (PIRES, 2013).

Os PNA's insolúveis podem irritar a mucosa intestinal por abrasão mecânica, levando à perda de células epiteliais e, também, aumentando a produção de secreções gástricas, biliares, pancreáticas, de muco e água. Em função de suas características físico-químicas, estes PNA's promovem diminuição no tempo de retenção da digesta e absorção de nutrientes. Assim, ocorrem diminuições no aproveitamento dos nutrientes dietéticos (MONTAGNE; PLUSKE; HAMPSON, 2003).

Enquanto as fibras solúveis são fermentadas por microrganismos no intestino grosso, sendo excretados juntamente com as fezes e contabilizados como nitrogênio, as fibras insolúveis promovem a escamação da parede intestinal aumentando a perda de nitrogênio e provocando diminuição dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína.

A baixa digestibilidade da proteína bruta de um determinado alimento pode influenciar nas quantidades de N encontradas nos dejetos dos suínos. O farelo de soja (44% de PB), apresenta coeficiente de digestibilidade de 90% (ROSTAGNO et al., 2017), assim, o aproveitamento da fonte proteica é maior, reduzindo a excreção de N nos dejetos de suínos, desde que atendam às exigências dos animais e não estiverem em quantidades excessivas.

Estudos com a utilização de dietas fibrosas para suínos, a digestibilidade da própria fibra e seus efeitos sobre a digestibilidade de outros componentes da dieta têm sido realizados utilizando fibra bruta como o principal componente representante da dieta fibrosa. Entretanto, a depender do conteúdo relativo de hemicelulose, celulose pectinas e ligninas, a fibra bruta quase sempre representa só parte do real consumo de fibra pelo animal. Assim, dependendo da origem da fibra e da composição química utilizada, medidas baseadas na fibra bruta podem levar a uma estimativa incorreta da digestibilidade aparente da dieta fibrosa. Tanto o tipo como a quantidade da dieta

fibrosa influenciam, significativamente, na digestibilidade aparente da matéria seca (MS), nitrogênio e energia. A digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN) e de seus componentes são mais acentuadamente afetados pelo tipo e quantidade de fibra na dieta, e então, a digestibilidade da fibra bruta (FB) varia de 25% a 66% em diferentes fontes.

Os resultados observados no estudo atual, sugerem que a escolha da fonte de fibra nas dietas dos suínos pode ter um impacto significativo na digestibilidade e utilização dos nutrientes, pois uma fonte de fibras pode apresentar mais solubilidade que outra, e auxiliar na melhor absorção de nutrientes pelos animais. O farelo de brócolis mostrou-se ser mais eficaz na promoção da digestibilidade de matéria orgânica e na maximização dos nutrientes digestíveis totais, podendo estar relacionado às características que estimulam a decomposição e a absorção da MO presente na dieta. No entanto, foi observado maior digestibilidade aparente total, para BR, seguido da FPM. Este achado pode ser atribuído às propriedades específicas deste componente dietético, que podem favorecer a absorção de nutrientes no trato digestivo dos suínos.

Os géis solúveis, encontrados no FPM, possuem grandes quantidades de fibras solúveis compostas por pectina, sendo capazes de formar géis quando entram em contato com água no trato digestivo. Eles podem ter vários efeitos benéficos no processo de digestão dos suínos, principalmente, por retardar a passagem do alimento, permitindo, assim, uma digestão mais lenta e eficaz, podendo servir de alimento para bactérias, de 2 a 3 quilocalorias (kcal) de energia por grama de fibra solúvel, aumentando a produção de AGCC e, consequentemente, podendo melhorar a absorção dos nutrientes (FIGUEIREDO et al., 2009).

Os resultados encontrados para o farelo de Brócolis podem estar relacionados ao elevado teor de minerais (cálcio, fosforo, potássio e enxofre) e vitaminas (C, E, K e A) presentes no alimento, altamente aproveitados pelos animais. O zinco desempenha um papel importante na quebra e na absorção de nutrientes, já o potássio, pode auxiliar no equilíbrio do pH, sendo essencial para a atividade das enzimas digestivas e a absorção de nutrientes o que pode afetar o valor de matéria orgânica digestível (SERMARINI, 2013). A digestibilidade aparente do trato total dos nutrientes pode resultar em alterações na concentração dos metabólitos sanguíneos, uma vez que, a maior CDATT proporciona maior absorção e metabolização dos nutrientes.

São escassos os estudos do uso de resíduo de uva, farelo da polpa de maça e brócolis para a alimentação de suínos, mas considerando o valor nutritivo dos frutos e a quantidade de resíduo

que as indústrias produzem de resíduo de uva e maça, o coproduto possui potencial para ser utilizado na alimentação animal.

Parâmetros bioquímicos sanguíneos

Os valores obtidos para proteína total (PT) foram mantidos dentro dos valores de referência (5,2 a 8,3 mg/dL) relatados por Matos (2006). A concentração de PT é integrada por um extenso número de proteínas individuais, especialmente albuminas e globulinas, além de outros fatores de coagulação (GONZÁLEZ; SILVA, 2006). As PT são responsáveis por diversas atividades funcionais, como estabilizar a pressão osmótica e viscosidade do sangue, regular o pH sanguíneo, transportar nutrientes, hormônios, metabólitos e produtos de excreção (NELSON et al., 2018). As globulinas são indicadores limitados do metabolismo proteico, com importância como indicadores de processos inflamatórios.

Neste estudo os animais alimentados com RR+UVD, apresentaram maiores concentrações de PT quando comparados aos demais tratamentos. As concentrações de PT podem aumentar ou diminuir devido ao estado metabólico do indivíduo, como na ocorrência de desidratação em que as concentrações de PT podem se elevar devido à perda de fluidos (GONZÁLEZ; SILVA, 2006). Ainda, a diminuição total das PT pode surgir em decorrência de falhas no funcionamento hepático, síndrome de má absorção, hemorragias, transtornos renais ou em situações de subnutrição, em razão de que quando um animal está em estado de inanição, as proteínas de reserva disponíveis no fígado e músculo são degradadas, a fim de conseguir uma fonte de glicose e garantir sua sobrevivência (NELSON et al., 2018; GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

A ureia plasmática (mg/dL) é um importante metabólito com funções indicadoras do catabolismo protético (NELSON; COX, 2011). Animais alimentados com RR+FPM, apresentaram menores concentrações de ureia que os alimentados com as demais dietas. O N na ureia plasmática pode ser um parâmetro para avaliar a eficiência da utilização dos aminoácidos e a qualidade da dieta, em que níveis elevados correspondem à ineficiência de utilização (BROWN; CLINE, 1974).

A condução com apenas um animal por unidade experimental pode ter proporcionado menor estresse induzido pelo agrupamento quando relacionado sob condições contendo mais de um animal na mesma baia. A suplementação dietética com fonte proteica balanceada favorece na redução de concentrações plasmáticas de cortisol e noradrenalina (KOOPMANS et al., 2005).

As fibras são capazes de auxiliar diretamente no controle dos níveis de colesterol. Este que é a soma das frações HDL, LDL e VLDL. Quando o indivíduo ingere dietas ricas em fibras solúveis elas auxiliam diretamente no controle de colesterol porque formam um gel solúvel que ao chegar no intestino delgado, altera a absorção de colesterol do organismo, reduzindo o risco de algumas doenças (JIA et al., 2019).

Nos animais que receberam o tratamento RR+FUV, foi observado um aumento nos níveis de colesterol, quando comparado aos tratamentos dos grupos RR+FPM e RR+BR, com menores concentrações de colesterol total. Constatou-se que os animais do tratamento RR+UVD, produziram maior volume de fezes, o que está atrelado a uma maior taxa de passagem. O aumento na ingestão de fibras reduz os níveis séricos de colesterol, melhora a glicemia pode reduzir o ganho de peso corporal e pode associar-se com menores níveis séricos de proteína C reativa ultrassensível. O consumo de fibras e a ingestão de mais fibras do que a atualmente recomendada (14 g/1.000 kcal) poderão trazer benefícios à saúde, incluindo a redução de processos inflamatórios (BERNAUD; RODRIGUES, 2013).

Variáveis de Comportamento

A avaliação das variáveis comportamentais, de modo geral, envolve variações de comportamento alimentar/oral (SALGADO et al., 2021), social (WELLER et al., 2019), postural (MASSARI et al., 2015; YANG; XIAO, 2020) e ações relacionadas ao bem-estar (VARGAS et al., 2021) dos animais. O comportamento alimentar é uma variável que contribui no entendimento de fatores que podem diretamente influenciar no consumo de ração e no gerenciamento de alimentação dos suínos, incluindo número de refeições, tempo da refeição, intervalo das refeições e tempo total gasto comendo ou realizando outra atividade (BROWN-BRANDL et al., 2013). A administração de uma dieta com as quantidades satisfatórias de fibras dietéticas pode ser um excelente investimento na nutrição e produção de suínos. Afinal, esse tipo de alimentação possibilita um reequilíbrio das funções fisiológicas dos animais.

A relação entre a variável ócio é antagônica aos comportamentos comendo, bebendo e dormindo, ou seja, a ausência de um equivale à ocorrência de outro comportamento expressado pelo indivíduo. O efeito de tratamento para o comportamento em pé identificado pode ser uma variação individual normal dos suínos, sendo caracterizado como um comportamento exploratório,

uma vez que o animal consumiu mais fibra aumentou a taxa de passagem, ele se comportava mais tempo em pé (MASSARI et al., 2015; CROSS et al., 2020).

Em estudo conduzido, avaliando a inclusão de resíduo de uva, na alimentação de suínos, foi observado que os animais, compareciam mais vezes ao comedouro, e a variável em pé, melhorando também o ganho de peso, o que pode ser consequência da concentração de lipídeos melhorando a palatabilidade e aroma, estimulando na presença do animal mais vezes ao comedouro (ALMEIDA et al., 2015).

O monitoramento do comportamento alimentar dos animais permite um melhor entendimento dos fatores que influenciam o consumo de ração, sendo que uma gama de fatores pode interferir no consumo de ração como raça, ambiência e estresse (CROSS et al., 2020).

A maior frequência de busca ao bebedouro no período vespertino pode ter sido causada pelo maior consumo hídrico. No entanto, o efeito de período para a variável comendo ($P=0,0001$), pode ser justificado por ser o período mais fresco do dia os animais consomem e se movimentam (pé) mais. Já os comportamentos deitado, sentado e ócio foi observado efeito ($P<0,005$) no período da tarde, horário mais quente do dia.

De acordo com Nyachoti et al. (2004), a estimativa de alimentação extra que deve ser consumida para cada °C abaixo do conforto térmico é de 25 e 39 g/dia para suínos em crescimento e terminação. Entretanto, o ganho médio diário geralmente é reduzido em 10 a 22 g/dia, porém, a proporção em que esses parâmetros são afetados pode depender de outros fatores como tamanho do grupo e características genotípicas do indivíduo (LI; PATIENCE, 2017).

Escore fecal e taxa de passagem

A fibra presente na dieta diminui o contato enzima-substrato por aumentar a viscosidade da digesta ou pelo aumento da taxa de passagem e isso depende diretamente do tipo, natureza e nível de inclusão deste nutriente na dieta, podendo levar à diminuição da digestibilidade dos nutrientes (BACH KNUDSEN, 2001).

Os ingredientes com alta concentração de fibra para suínos tendem a proporcionar o aumento de taxa de passagem e aumento da capacidade de armazenamento de alimento no trato digestório, tal situação eleva a capacidade de ingestão de alimentos. A fibra tende a proporcionar aos animais a sensação de saciedade, assim, a adição de alimentos fibrosos na dieta pode satisfazer

o apetite do animal, através da ativação do centro de saciedade, o qual é ativado em decorrência da distensão da parede estomacal, consequentemente, aumentar a condição de bem-estar dos animais.

Em relação ao farelo de brócolis, outro estudo realizado observou menor índice de fermentação e maior concentração de MS, o que pode justificar o elevado escore fecal se comparado com outros tratamentos (KICZOROWSKI et al., 2022). Apesar da dieta contendo farelo de uva desidratada ser mais consumida, por ser mais palatável, os nutrientes contidos são de melhor digestibilidade e absorção, o que pode gerar menor produção de fezes. Ainda que o brócolis seja um alimento com altos níveis de consumo no mundo, poucos estudos são realizados quanto sua inclusão nas dietas animais e, quando realizados, geralmente, são em junção com outras frutas e vegetais. Além disso, a principal forma de inclusão do vegetal se mostra na forma já previamente fermentada, não em forma de farelo ou resíduo seco.

As fibras, ao chegarem ao colón e serem fermentadas pelas bactérias deste segmento, têm como produto os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), dentre os quais pode-se citar o acetato, propionato e butirato. Esses ácidos reduzem o pH luminal do cólon, de modo que controlam a proliferação bacteriana de microrganismos patogênicos pH dependentes (HAENEN et al., 2013). Os AGCC, principalmente o butirato, são absorvidos pelo cólon, primordialmente por difusão não-iônicas (ROY et al., 2006), promovendo o crescimento celular e aumentando a superfície de absorção de nutrientes, como também a diferenciação nas estratificações celulares, atuando com função antitumoral (POOL-ZOBEL, 2005).

Os AGCC também já tiveram como funções descritas a ação anti-inflamatória, antioxidante e capacidade de redução de colesterol, no caso do propionato (HAMER et al., 2008; HOSSEINI et al., 2011). Considerando que a alimentação com fibras promove fermentação e proliferação bacteriana e seus benefícios consequentes, a definição de “prebiótico” pode ser aplicada à uma porção determinada de fibras (MUDGIL; BARAK, 2013; YANG; ZHAO, 2021).

A fração solúvel da fibra é composta por pectinas, gomas, polissacarídeos, alguns tipos determinados de hemiceluloses e β-glucanos (GUERRA et al., 2004; MORGADO; GALZERANO, 2009). Essa capacidade da fração solúvel de retenção de água permite aumentar a viscosidade da digesta ou bolo fecal propriamente dito e diminuir seu trânsito intestinal, permitindo maior tempo de fermentação bacteriana, maior tempo de digestão dos outros componentes do bolo fecal, além de retardar o esvaziamento gástrico. A fração insolúvel, por sua vez, é composta por celulose, a grande maioria das hemiceluloses e de lignina, os principais componentes estruturais da parede

celular de plantas. Assim, aumenta o bolo alimentar, diluindo os nutrientes nele presentes, além de fornecer uma impressão de saciedade, reduzindo o consumo diário de alimento (KIM et al., 2005). No entanto, não foi observado efeito de tratamentos das diferentes fontes de fibras dietéticas avaliadas para a variável taxa de passagem da digesta total, em que estas são capazes de beneficiar o funcionamento fisiológico de todo o sistema gastrointestinal dos animais, contribuindo para a melhora zootécnica.

As propriedades insolúveis de alguns componentes do grupo das fibras, e sua não digestibilidade, no geral, conferem diversos benefícios, observa-se, entretanto, pontos desfavoráveis desta característica, uma vez que diversos nutrientes estão presentes nos compostos e não são digeridos no lúmen intestinal. Desse modo, estuda-se meios de expor os nutrientes contidos nos polissacarídeos não amiláceos, aqueles não digeridos pelas enzimas endógenas de suínos e humanos, visando promover um aumento no valor nutricional da digesta (BRITO et al., 2008). Uma das formas utilizadas, na nutrição de suínos, é o uso de enzimas exógenas com alta capacidade de digestibilidade, dentre as quais pode-se citar as fitases, as carboidrases e, em menor número, lisozimas e glicosil hidrolases (ADEOLA; COWIESON, 2011).

As enzimas são substâncias proteicas, de estrutura terciária ou quaternária, que atuam nos processos de catalisação biológica de seus respectivos e exclusivos substratos. Com isso, permitem um aproveitamento alimentar maior, uma vez que a digestão e absorção de nutrientes como aminoácidos, cálcio e fósforo são aumentados, permitindo um maior desempenho produtivo e melhor rentabilidade do custo de produção. As enzimas endógenas dos suínos e humanos não são capazes de hidrolisar as ligações glicolíticas da celulose e β-glucanos, sendo fontes de suplementação exógena, muitas vezes, necessária na alimentação (ARANDA-AGUIRRE et al., 2021; RECHARLA et al., 2019).

Há grande importância na atualização de estudos para determinação mais precisa dos níveis adequados, seguros e recomendados de inclusão de fibras nas dietas de monogástricos, uma vez que suas propriedades, relações com o ambiente intestinal e efeitos na saúde ainda não são totalmente esclarecidos.

Os animais suplementados com a polpa de maçã também apresentaram maior coeficiente de digestibilidade aparente quando comparados com as outras duas dietas experimentais analisadas. Em comparação com os três tratamentos, o pico glicêmico observado foi, aproximadamente, uma hora mais tardio (180 minutos) em animais alimentados com a polpa de maçã em relação aos outros

grupos (120 minutos). Esse efeito pode ser explicado pelo efeito da pectina, uma fibra insolúvel presente que diminui o pico glicêmico pós prandial por alterar a viscosidade do bolo alimentar, de modo a retardar o esvaziamento gástrico e, consequentemente, a absorção no intestino, além de interagir com a camada intestinal (ANTUSZEWICZ; ŚWIĘCH; ŻEBROWSKA, 2005).

Estudos conduzidos avaliando o bagaço da maçã como aditivo em dietas de cães, observaram um aumento na atividade fermentativa no cólon e diminuição do pH intestinal sem alterar o escore de formação fecal, isto é, fezes bem formadas e menos pastosas (BRAMBILLASCA et al., 2013). Nos animais que receberam a dieta com RR+FPM (1,833) foi maior em comparação aos que receberam RR+UVD (1,000) e menor aos que receberam RR+BR (2,667).

As fibras presentes na uva, incluindo o bagaço, são, principalmente, os compostos fenólicos, conhecidos por sua forte capacidade antioxidante, removendo radicais livres e, consequentemente, impedindo reações de oxidação (MONAGAS et al., 2010; PAZOS et al., 2005; FAOSTAT, 2017).Os resultados da utilização do bagaço de uva já são bem conhecidos como aditivo nutracêutico em frangos de corte (ADITYA et al., 2018; EBRAHIMZADEH et al., 2018; KASAPIDOU et al., 2016; KUMANDA, MLAMBO; MNISI, 2019; LICHOVNIKOVA et al., 2015).

Agte et al. (2010) reportaram um potencial efeito prebiótico adicional do uso do bagaço de uva, de modo que um crescimento maior de culturas de *L. acidophilus* e *L. delbrueckii* foi observado em resíduos da produção de uva, além de observar, nas amostras colônias de *L. acidophilus*, uma redução da contagem de colônias de *E. coli* e uma inibição da enzima amilase da mesma bactéria.

Ainda, em estudo realizado com leitões desmamados, Wang et al. (2020) observaram um aumento na população de bactérias como *L. delbrueckii* em leitões alimentados com dietas contendo 5% de inclusão de farelo de bagaço de uva, além de um efeito anti-inflamatório significativo, provavelmente, por efeito do lactobacilo, diminuindo as concentrações das interleucinas 1β, 8, 6 e do fator de necrose tumoral TNF-α. Foi observado também um aumento, nos leitões suplementados com o bagaço de uva, da imunoglobulina G, um anticorpo com funções opsonizantes e de ativação do sistema complemento, sendo um importante agente antitumoral e de defesa contra infecções (CASTRO-DOPICO; CLATWORTHY, 2019; OHSAKI et al., 2018). O bagaço de uva também permitiu aumento da altura das vilosidades na porção jejunal do intestino,

característica importante, uma vez que permite maior área de absorção na maior porção do intestino delgado, consequentemente, resultando em maior aproveitamento nutricional.

Em estudo visando encontrar os efeitos da fermentação em vegetais selecionados, utilizando o brócolis, o resultado mostrou como o de menor taxa de fermentação, maior concentração de matéria seca e maiores níveis de cálcio e magnésio (KICZOROWSKI et al., 2022).

Outro estudo com suínos em fase de crescimento, indicou que a inclusão de 5% de flor e caule de brócolis fermentado proporcionaram maior consumo alimentar, provavelmente devido à fermentação, visto que atuou como palatabilizante (SUN et al., 2023). Além disso, os autores observaram menor conteúdo nitrogenado na ureia, indicando, provavelmente, um consumo desse conteúdo por bactérias fermentadoras no trato gastrointestinal.

Com as intensas oscilações no custo e a competição com a alimentação humana dos insumos utilizados na alimentação animal, busca-se alternativas alimentares para substituir parcialmente ou totalmente a utilização do milho, sendo a utilização de resíduos agroindustriais uma possível solução, já que existe a disponibilidade do material que pode até ser descartado incorretamente na natureza.

Metabólitos sanguíneos

Os suínos não apresentaram alterações nos metabólitos sanguíneos de ureia (24 a 32 mg/dL), glicose (83 a 87mg/dL), colesterol total (50 a 57 mg/dL), proteínas totais (5 a 7 mg/dL), mantendo os valores próximos aos referenciados (AO et al., 2010; AO et al., 2011; JO et al., 2012; KLEM et al., 2009).

A ureia é o produto do catabolismo dos aminoácidos dos mamíferos, sendo produzida, de maneira geral, quando a dieta é rica em proteína e os aminoácidos ingeridos pelo indivíduo excedem a necessidade corporal para a síntese proteica ou durante o jejum, quando as proteínas celulares são usadas como fonte de energia para o corpo (NELSON; COX, 2000). Pode ocorrer aumento dos níveis sanguíneos de ureia quando a dieta é inadequada em algum dos aminoácidos essenciais e a síntese proteica não ocorre em velocidade igual à obtida quando esse aminoácido está disponível em níveis adequados (PENZ JR; VIOLA, 1998). Dessa forma, há um aumento da concentração de ureia no plasma, devido a um desbalanço de aminoácidos ou ao consumo de uma proteína de má qualidade.

Os menores valores de concentrações de ureia plasmática obtidos para o grupo do tratamento RR+FMC provavelmente sejam consequência de uma melhora na qualidade da proteína do alimento.

O nível de colesterol no plasma dos animais pode ser controlado pelo estado nutricional, pelos teores dietéticos de gordura e fatores hormonais, sendo que um organismo com um controle enzimático normal, mediante altas ingestões de colesterol, promove a redução de sua síntese orgânica, mantendo os níveis de colesterol estáveis. Assim, o aumento do colesterol no plasma está mais relacionado com as quantidades de energia e gordura saturada ingeridas do que da própria ingestão do colesterol.

5 Conclusão

A utilização de fontes fibrosas em dietas para suínos machos melhora a digestibilidade aparente do trato total, com efeitos sobre os metabólitos sanguíneos, comportamento alimentar e escore fecal.

Conflito de interesse

Os autores declaram que não houve conflito de interesse entre os dados apresentados e empresas que auxiliaram na pesquisa.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento na pesquisa.

Referências

ADEOLA, O. Digestion and balance techniques in pigs. In: Lewis, A.J.; Southern, L.L. **Swine Nutrition**. 2 Edição. Boca Raton: CRC, p. 903-916, 2001.

ADEOLA, O.; COWIESON, A. J. Board-Invited Review: Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 10, p. 3189–3218, 2011.

ADITYA, S.; OHH, S.-J.; AHAMMED, M.; LOHAKARE, J. Supplementation of grape pomace (*Vitis vinifera*) in broiler diets and its effect on growth performance, apparent total tract digestibility of nutrients, blood profile, and meat quality. **Animal Nutrition**, v. 4, n. 2, p. 210–214, 2018.

AO, X.; ZHOU, T.X.; MENG, Q.W.; LEE, J.H.; JANG, H.D.; CHO, J.H.; KIM, I.H. Effects of a carbohydrase cocktail supplementation on the growth performance, nutrient digestibility, blood profiles and meat quality in finishing pigs fed palm kernel meal. **Livestock Science,** v. 137, n. 1-3, p. 238–243, 2011.

AO, X.; MENG, Q.W.; YAN, L.; KIM, H.J.; HONG, S.M.; CHO, J.H.; KIM, I.H. Effects of Non-starch Polysaccharide-degrading Enzymes on Nutrient Digestibility, Growth Performance and Blood Profiles of Growing Pigs Fed a Diet Based on Corn and Soybean Meal. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 23, n. 12, p. 1632–1638, 2010.

AGTE, V.; KHETMALIS, N.; NILEGAONKAR, S.; PATIL, S.; KARKAMKAR, S.; YADAV, S. Prebiotic potential of 'juice grape' varieties and some hybrids. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 69, p. 850–854, 2010.

ANTUSZEWICZ, A.; ŚWIĘCH, E.; ŻEBROWSKA, T. Glucose, insulin and cholesterol levels in blood of growing pigs given diets with various sources of fibre. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 14, n. 1, p. 325–328, 2005.

ARANDA-AGUIRRE, E.; ROBLES-JIMENEZ, L.E.; OSORIO-AVALOS, J.; VARGAS-BELLO-PÉREZ, E.; GONZALEZ-RONQUILLO, M. A systematic-review on the role of exogenous enzymes on the productive performance at weaning, growing and finishing in pigs. **Veterinary and Animal Science**, v. 14, p. 100-195, 2021.

BERNAUD, F.S.R.; RODRIGUES, T.C. Fibra alimentar: ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 57, p. 397–405, 2013.

BRAMBILLASCA, S.; BRITOS, A.; DELUCA, C.; FRAGA, M.; CAJARVILLE, C. Addition of citrus pulp and apple pomace in diets for dogs: influence on fermentation kinetics, digestion, faecal characteristics and bacterial populations. **Archives of Animal Nutrition**, v. 67, n. 6, p. 492–502, 2013.

BRITO, M.S. De; OLIVEIRA, C.F.S. De; SILVA, T.R.G. Da; LIMA, R. De; MORAIS, S.N.; SILVA, J.H.V. Da. Polissacarídeos Não Amiláceos Na Nutrição De Monogástricos – Revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 2, n. 4, p. 111–117, 2008.

BROWN, J.A.; CLINE, T.R. Urea Excretion in the Pig: an Indicator of Protein Quality and Amino Acid Requirements. **The Journal of Nutrition**, v. 104, n. 5, 1 maio 1974.

CASTRO-DOPICO, T.; CLATWORTHY, M.R. IgG and Fcγ Receptors in Intestinal Immunity and Inflammation. **Frontiers in Immunology**, v. 10, p. 805, 2019.

EBRAHIMZADEH, S.K.; NAVIDSHAD, B.; FARHOOMAND, P.; AGHJEHGHESHLAGH, F.M. Effects of grape pomace and vitamin E on performance, antioxidant status, immune response, gut morphology and histopathological responses in broiler chickens. **South African Journal of Animal Science**, v. 48, n. 2, p. 324–336, 2018.

GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. Perfil Bioquímico no Exercício. **In: Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006.

GUERRA, N.B.; DAVID, P.R. de B.S.; MELO, D.D. De; VASCONCELOS, A.B.B.; GUERRA, M.R.M. Modificações do método gravimétrico não enzimático para determinar fibra alimentar solúvel e insolúvel em frutos. **Revista de Nutrição**, v. 17, p. 45–52, 2004.

HAENEN, D. et al. A Diet High in Resistant Starch Modulates Microbiota Composition, SCFA Concentrations, and Gene Expression in Pig Intestine. **The Journal of Nutrition**, v. 143, n. 3, p. 274–283, 2013.

HAMER, H.M.; JONKERS, D.; VENEMA, K.; VANHOUTVIN, S.; TROOST, F.J.; BRUMMER, R.J. Review article: the role of butyrate on colonic function. **Alimentary Pharmacology & Therapeutics**, v. 27, n. 2, p. 104–119, 2008.

HOSSEINI, E.; GROOTAERT, C.; VERSTRAETE, W.; VAN DE WIELE, T. Propionate as a health-promoting microbial metabolite in the human gut. **Nutrition Reviews**, v. 69, n. 5, p. 245–258, 2011.

JIA X., LORENZ, P.; BALLANTYNE, C.M. Poststatin Lipid Therapeutics: A Review. **Methodist Debakey Cardiovasc. Journal,** v. 15, p. 32-38, 2019.

JO, J.K.; INGALE, S.L.; KIM, J.S.; KIM, Y.W.; KIM, K.H.; LOHAKARE, J.D.; LEE, J.H.; CHAE, B.J. Effects of exogenous enzyme supplementation to corn- and soybean mealbased or complex diets on growth performance, nutrient digestibility, and blood metabolites in growing pigs1. **Journal of Animal Science,** v. 90, n. 9, p. 3041–3048, 2012.

KASAPIDOU, E.; SOSSIDOU, E.; ZDRAGAS, A.; PAPADAKI, C.G.V.; MITLIAGKA, P. Effect of grape pomace supplementation on broiler meat quality characteristics. **European Poultry Science (Archiv fur Geflugelkunde)**, v. 80, 2016.

KLEM, T.B.; BLEKEN, E.; MORBERG, H.; THORESEN, S.I.; FRAMSTAD, T. Hematologic and biochemical reference intervals for Norwegian crossbreed grower pigs. V**eterinary Clinical Pathology**, v. 39, n. 2, p. 221–226, 2009.

KOOPMANS, S.J.; RUIS, M.; DEKKER, R. et al. Surplus dietary tryptophan reduces plasma cortisol and noradrenaline concentrations and enhances recovery after social stress in pigs. **Physiology Behavior**, v. 85, n. 4, p. 469–478, 2005.

KICZOROWSKI, P.; KICZOROWSKA, B.; SAMOLIŃSKA, W.; SZMIGIELSKI, M.; WINIARSKA-MIECZAN, A. Effect of fermentation of chosen vegetables on the nutrient, mineral, and biocomponent profile in human and animal nutrition. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 13422, 2022.

KIM, J.C.; SIMMINS, P.H.; MULLAN, B.P.; PLUSKE, J.R. The digestible energy value of wheat for pigs, with special reference to the post-weaned animal [Review]. **Animal Feed Science and Technology**, v. 122, n. 3, p. 257–287, 2005.

KUMANDA, C.; MLAMBO, V; MNISI, C.M. From Landfills to the Dinner Table: Red Grape Pomace Waste as a Nutraceutical for Broiler Chickens. **Sustainability**, v. 11, n. 7, p. 1931, 2019.

LI, Q.; PATIENCE, J.F. Factors involved in the regulation of feed and energy intake of pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 233, p. 22-33, 2017.

LICHOVNIKOVA, M.; KALHOTKA, L.; ADAM, V.; KLEJDUS, B.; ANDERLE, V. The effects of red grape pomace inclusion in grower diet on amino acid digestibility, intestinal microflora, and sera and liver antioxidant activity in broilers. **Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences**, v. 39, n. 4, p. 406–412, 2015.

LIU, N.; DENG, X. J.; LIANG, C. Y.; CAI, H. Y. Fermented Broccoli Residue Reduced Harmful Bacterial Loads and Improved Meat Antioxidation of Free-Range Broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 27, n. 4, p. 590–596, 2018.

MONAGAS, M.; URPI-SARDA, M.; SÁNCHEZ-PATÁN, F.; LLORACH, R.; GARRIDO, I.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; ANDRES-LACUEVA, C.; BARTOLOMÉ, B. Insights into the metabolism and microbial biotransformation of dietary flavan-3-ols and the bioactivity of their metabolites. **Food & Function**, v. 1, n. 3, p. 233–253, 2010.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J.; HAMPSON, D. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology,** v.108, n. 1-4, p. 95-117, 2003.

MORGADO, E.; GALZERANO, L. Fibra na nutrição de animais com fermentação no intestino grosso. **REDVET - Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 10, n. 7, p. 1–13, 2009.

MUDGIL, D.; BARAK, S. Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 61, p. 1–6, 2013.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. SãoPaulo: SARVIER, 5 ed., 1274p., 2011.

NRC. **Nutrient Requirements of Swine,** 11th ed.; National Academy Press: Washington, DC, USA, 2012.

NYACHOTI, C.M.; ZIJLSTRA, R.T., LANGE, D.; C.F.M., PATIENCE, J.F. Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: A review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions. Can. J. **Anim. Sci.** v. 84, p. 549-566, 2004.

OHSAKI, A.; VENTURELLI, N.; BUCCIGROSSO, T.M.; OSGANIAN, S.K.; LEE, J.; BLUMBERG, R.S.; OYOSHI, M.K. Maternal IgG immune complexes induce food allergen-specific tolerance in offspring. **The Journal of Experimental Medicine**, v. 215, n. 1, p. 91–113, 2018.

PAZOS, M.; GALLARDO, J.M. TORRES, J.L.; MEDINA, I. Activity of grape polyphenols as inhibitors of the oxidation of fish lipids and frozen fish muscle. **Food Chemistry**, v. 92, n. 3, p. 547–557, 2005.

PEKAS, J.C. Versatile Swine Laboratory Apparatus for Physiologic and Metabolic Studies. **Journal of Animal Science**, v. 27, p. 1303-1306, 1968.

POOL-ZOBEL, B.L. Inulin-type fructans and reduction in colon cancer risk: review of experimental and human data. **The British Journal of Nutrition**, v. 93, n. 1, p. S73-90, 2005.

RECHARLA, N.; KIM, D.; RAMANI, S.; SONG, M.; PARK, J.; BALASUBRAMANIAN, B.; PULIGUNDLA, P.; PARK, S. Dietary multi-enzyme complex improves *In Vitro* nutrient digestibility and hind gut microbial fermentation of pigs. **PLOS ONE**, v. 14, n. 5, p. e0217459, 2019.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais.** Viçosa: UFV, 488 p., 2017.

ROY, C.C.; KIEN, C.L.; BOUTHILLIER, L.; LEVY, E. Short-Chain Fatty Acids: Ready for Prime Time? **Nutrition in Clinical Practice**, v. 21, n. 4, p. 351–366, 2006.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** Jaboticabal: FUNEP, 262 p., 2016.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos).** Viçosa: Editora, UFV, 2002.

WANG, R. et al. Effects of dietary grape pomace on the intestinal microbiota and growth performance of weaned piglets. **Archives of Animal Nutrition**, v. 74, n. 4, p. 296–308, 2020.

YANG, P.; ZHAO, J. Variations on gut health and energy metabolism in pigs and humans by intake of different dietary fibers. **Food Science & Nutrition**, v. 9, n. 8, p. 4639–4654, 2021.