

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

JANSLER LUIZ GENOVA

**SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO FARELO DE SOJA POR DIFERENTES FONTES
PROTEICAS NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES NA FASE DE CRECHE**

Marechal Cândido Rondon 2017
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

JANSLER LUIZ GENOVA

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO FARELO DE SOJA POR DIFERENTES FONTES
PROTEICAS NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES NA FASE DE CRECHE

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

Orientador: Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho

Co-orientador: Prof. Dr. Newton Tavares Escocard de Oliveira

Marechal Cândido Rondon 2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

G335s	<p>Genova, Jansler Luiz Substituição parcial do farelo de soja por diferentes fontes proteicas na alimentação de leitões na fase de creche / Jansler Luiz Genova. – Marechal Cândido Rondon, 2017. 59f</p> <p>Orientador: Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho Coorientador: Dr. Newton Tavares Escocard de Oliveira</p> <p>Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2017.</p> <p>1. Suíno. 2. Suíno – Alimentação e rações. 3. Soja como ração. I. Carvalho, Paulo Levi de Oliveira. II. Oliveira, Newton Tavares Escocard de. III. Título.</p> <p>CDD 22.ed. 636.4 CIP-NBR 12899</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborada por Marcia Elisa Sbaraini Leitzke CRB-9/539

JANSLER LUIZ GENOVA

**Substituição parcial do farelo de soja por diferentes fontes proteicas na
alimentação de leitões na fase de creche**

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



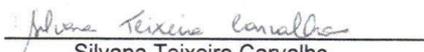
Orientador - Paulo Levi de Oliveira Carvalho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - *Campus* de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)



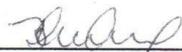
Yolanda Lopes da Silva

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - *Campus* de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)



Silvana Teixeira Carvalho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - *Campus* de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)



Leandro Batista Costa

Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC/PR)

Marechal Cândido Rondon, 17 de março de 2017.

DEDICATÓRIA

*Ao meu criador e aos espíritos de luz,
À minha família, meus pais
Luiz Antônio Genova e Vanusa Siqueira dos Santos,
Minha irmã Isabelle Genova, Minha avó
Dinoraide Siqueira dos Santos,
amor sublime, que me apoiaram e deram forças para que eu superasse todas as
dificuldades nesta árdua caminhada...*

*Aos meus professores,
que sempre serão o alicerce de meu conhecimento, dignos de respeito e grande valia
na educação...*

*A todos os amigos que fiz,
nestes anos acadêmicos...*

*Com todo apreço e gratidão dedico este trabalho e
todas as conquistas que virão...*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pela saúde, pelo pão de cada dia, pela sapiência e por sempre iluminar meus caminhos.

Aos espíritos de luz, que sempre estão presentes em minha jornada.

Aos meus pais, Luiz e Vanusa, a minha irmã Isabelle e a minha avó Dinoraide, por sempre estarem ao meu lado, pela educação e valores repassados, por esta e todas as outras oportunidades na minha vida... Obrigado por tudo, sem palavras para expressar minha gratulação!

À minha namorada, Patrícia, pelo companheirismo, apoio e torcida por mim nesta caminhada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela oportunidade de concluir o mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho, pela orientação, conhecimento repassado, paciência, amizade consolidada e por ter acreditado em mim.

Aos professores do Programa de Pós Graduação, em especial ao meu co-orientador professor Dr. Newton Tavares Escocard de Oliveira e ao professor Dr. Ricardo Vianna Nunes, pelo valioso conhecimento ministrado nas disciplinas do Programa.

Ao Thiago Vanderlei Anklan e sua mulher Rejane Boldo Anklan, por permitirem a condução do experimento em sua granja, pela dedicação total, auxílio e paciência.

À empresa Nutrifarma pela parceria na realização do experimento, pelo comprometimento em auxiliar e pela ideia de estudo.

Ao secretário do Programa de Pós Graduação Paulo Henrique Morsh, pela dedicação, respeito e voracidade em auxiliar os acadêmicos.

À equipe do grupo de pesquisa GEP's, pela dedicação e colaboração na realização do experimento, pelo auxílio, responsabilidade e amizade. Em especial: Aparecida da Costa Oliveira, Davi Elias de Sá e Castro, Poliana Caroline da Silva Chambo, Franz Dias Gois, Fábio Nicory Costa Souza, Matheus Leonardi Damasceno, Heloíse Trautenmüller, Liliana Bury de Azevedo, Isabela Ferreira Leal, Adriana Bulcão da Silva Costa e Ana Lúcia Almeida Santana.

E a todos aqueles que de alguma maneira, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta conquista.

Aos suínos!

BIOGRAFIA

JANSLER LUIZ GENOVA, filho de Luiz Antônio Genova e Vanusa Siqueira dos Santos, nasceu em Aquidauana - MS, em 07 de abril de 1991.

No ano de 2002 ingressou na Escola Municipal Agrícola Governador Arnaldo Estevão de Figueiredo, concluindo o Ensino Fundamental.

No ano de 2006 ingressou no Colégio Agrícola de Frederico Westphalen, concluindo o Ensino Médio e Técnico em Agropecuária.

Em março de 2009 ingressou na Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* de Palmeira das Missões - RS, cumprindo todas as exigências para a obtenção do título de Zootecnista.

Em março de 2015, iniciou o curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Nível de Mestrado, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, *Campus* de Marechal Cândido Rondon - PR, concentrando seus estudos na área de Produção e Nutrição de Não Ruminantes, cumprindo todas as exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia, submetendo-se aos exames finais de defesa de dissertação em março de 2017.

EPIGRAFE

“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.” (Albert Einstein)

“As grandes ideias surgem da observação dos pequenos detalhes.” (Augusto Cury)

*“O maior inimigo do conhecimento não é a ignorância; é a ilusão do conhecimento.”
(Stephen Hawking)*

“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano.” (Isaac Newton)

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO FARELO DE SOJA POR DIFERENTES FONTES PROTEICAS NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES NA FASE DE CRECHE

Resumo – Objetivou-se com este estudo avaliar a substituição parcial do farelo de soja por diferentes fontes proteicas na alimentação de leitões na fase de creche e seus efeitos na

digestibilidade de ração, balanço de nitrogênio, desempenho e parâmetros sanguíneos. No experimento I, foram utilizados 24 suínos mestiços, machos inteiros, com peso corporal inicial de $18,28 \pm 0,7$ kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, constituído de três tratamentos (fontes proteicas), oito repetições e um suíno por unidade experimental (gaiolas de metabolismo). No experimento II, foram utilizados 1.843 leitões mestiços, machos inteiros e fêmeas, com peso corporal inicial de $6,79 \pm 0,90$ kg, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 3 (dois sexos e três fontes proteicas) e 13 repetições de 46 a 53 animais por unidade experimental. As diferentes fontes proteicas foram: Farinha de Peixe - FP, Proteína Concentrada de Soja - PCS e Farelo de Soja - FS, sendo a ração controle. Nas fases pré-inicial II e inicial foi realizada a coleta de sangue de 235 animais, para a determinação de ureia e glicose plasmáticas. Para o ensaio de digestibilidade, não foram obtidas diferenças ($p > 0,05$) entre as fontes proteicas para os coeficientes de digestibilidade aparente. Houve efeito ($p < 0,05$) de tratamento na proteína digestível, em que os suínos alimentados com FS obtiveram melhor digestibilidade. Foi obtida diferença ($p < 0,05$) entre as fontes proteicas na excreção total de nitrogênio ($\text{g/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$), em que os suínos alimentados com FS apresentaram maior excreção. Não houve efeito ($p > 0,05$) de tratamento para as demais variáveis do balanço de nitrogênio, nem para o balanço proteico. No experimento II, não houve efeito de interação ($p > 0,05$) de fontes proteicas e sexo sobre o desempenho nas fases de creche. Houve diferença ($p < 0,01$) entre sexo na fase inicial e no período total apenas para o consumo diário de ração (CDR), em que as fêmeas apresentaram consumo superior em relação aos machos. Na fase inicial e no período total, houve diferença ($p < 0,01$) entre as fontes proteicas no CDR, peso final e no ganho diário de peso, sendo que as maiores médias foram obtidas pelos suínos alimentados com FP e PCS. Para ureia e glicose na fase pré-inicial II, foi obtida diferença ($p < 0,05$) entre as fontes proteicas, em que os suínos alimentados com FP e PCS apresentaram menores níveis de ureia e nível superior para glicose quando alimentados com PCS. Para ureia na fase inicial, os animais alimentados com FP e PCS apresentaram menores níveis ($p < 0,05$). Para glicose, não houve efeito de interação ($p > 0,05$) nas fases pré-inicial II e inicial. Houve diferença ($p < 0,05$) entre sexo, na fase inicial, sobre a ureia, em que os machos apresentaram menores níveis de ureia. A utilização de ração à base de farelo de soja como fonte proteica convencional na fase inicial melhora a digestibilidade da proteína e influencia na excreção total de nitrogênio. O uso de farinha de peixe e proteína concentrada de soja em rações melhora o peso final dos animais na fase inicial e reduz os níveis de ureia plasmática nas fases pré-inicial II e inicial.

Palavras-chave: balanço de nitrogênio, desempenho, digestibilidade, farinha de peixe, parâmetros sanguíneos, proteína concentrada de soja.

PARTIAL REPLACEMENT OF SOYBEAN MEAL BY DIFFERENT PROTEIN SOURCES IN PIGLETS FEEDING IN THE NURSERY PHASE

Abstract – The objective of this study was to evaluate the partial replacement of soybean meal by different protein sources in piglets feeding in the nursery phase and its effects on feed digestibility, nitrogen balance, performance and blood parameters. In the experiment I, 24 were used, crossbreed entire males swines, with initial body weight of 18.28 ± 0.7 kg were distributed in a randomized complete block design, consisting of three treatments (protein sources), eight

replicates and one swine per experimental unit (metabolism cages). In the experiment II, 1,843 were used, crossbreed entire males and females piglets, with initial body weight of 6.79 ± 0.90 kg were distributed in a completely randomized experimental design, in a 2 x 3 factorial arrangement (two sexes and three protein sources), 13 replicates of 46 to 53 animals per experimental unit. The different protein sources were: Fish Meal - FM, Soybean Protein Concentrate - SPC and Soybean Meal - SM, being the control diet. In the pre-starter II and starter phases, the blood was collected from 235 animals, for the determination of plasma urea and glucose. For the digestibility assay, no differences ($p > 0.05$) were obtained between the protein sources for the apparent digestibility coefficients. There was an effect ($p < 0.05$) of treatment on the digestible protein, wherein swines fed SM had better digestibility. A difference ($p < 0.05$) was obtained between protein sources in total nitrogen excretion ($\text{g/kg PV}^{0.75}/\text{day}$), wherein swines fed SM had higher excretion. There was no effect ($p > 0.05$) of treatment for the other variables of the nitrogen balance, neither for the protein balance. In experiment II, there was no interaction effect ($p > 0.05$) of protein sources and sex in the performance in the nursery phases. There was a difference ($p < 0.01$) between sex in the starter phase and in the total period only for the daily feed intake (DFI), wherein the females presented superior feed intake in relation to the males. In the starter phase and in the total period, there was a difference ($p < 0.01$) between the protein sources for the DFI, final weight and for the daily weight gain, since the highest averages were obtained by the swines fed with FM and SPC. For urea and glucose in the pre-starter II phase, a difference ($p < 0.05$) was obtained between the protein sources, wherein swines fed FM and SPC had lower levels of urea and higher levels for glucose when fed with SPC. For urea in the starter phase, the animals fed with FM and SPC presented lower levels ($p < 0.05$). For glucose, there was no interaction effect ($p > 0.05$) in the pre-starter II and starter phases. There was a difference ($p < 0.05$) between sex in the starter phase on urea, wherein males presented lower levels of urea. The use of soybean meal as a conventional protein source in the starter phase improves the digestibility of the protein and influences the total excretion of nitrogen. The use of fish meal and soybean protein concentrate in feeds improves the final weight of the animals in the starter phase and reduces plasma urea levels in the pre-starter II and starter phases.

Key-words: Nitrogen balance, performance, digestibility, fish meal, blood parameters, soybean protein concentrate.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
.....	13
2 REVISÃO.....	14
2.1 Aspectos gerais sobre proteínas.....	14
2.2 Bioquímica das proteínas (digestão, absorção, anabolismo, catabolismo)	15
2.3 Caracterização das fontes proteicas	18
2.4 Estudos das fontes proteicas na nutrição de leitões	20
2.4.1 Farinha de peixe (FP).....	20
2.4.2 Proteína concentrada de soja (PCS) ou Concentrado proteico de soja (CPS)	24

2.5 Referências	26
3 SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO FARELO DE SOJA POR DIFERENTES FONTES PROTEICAS NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES NA FASE DE CRECHE	31
3.1 Introdução	35
3.2 Material e métodos.....	36
3.3 Resultados e discussão	44
3.4 Conclusão.....	54
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
4.1 Referências	56

1 INTRODUÇÃO

O desmame é considerado a fase mais crítica na vida do leitão, pois está associado com inúmeros fatores estressantes, como a perda do contato com a mãe, mudanças ambientais e dietéticas, e o estabelecimento de uma nova hierarquia social. Nesse período de transição observa-se consumo de ração reduzido, alta morbidade e susceptibilidade às infecções entéricas, tendo em vista que o desenvolvimento do trato gastrointestinal e da biota, e a imunidade ativa pouco desenvolvida estão relacionados ao desempenho do animal (NABUURS et al., 1993; BANDEIRA et al., 2007).

Neste contexto, o desenvolvimento da nutrição animal fornece informações que possibilitam a formulação de dietas balanceadas, mediante melhor avaliação nutricional dos ingredientes e do conhecimento das necessidades nutricionais dos animais nas diferentes fases de criação (FERREIRA et al., 2003), além de minimizar os efeitos entéricos e gerar uma curva de resposta de forma crescente. Assim, surge a necessidade e torna-se indispensável para a produção intensiva de suínos a busca por novos ingredientes e estratégias nutricionais que contribuam para o funcionamento eficaz da fisiologia dos animais e favoreça um bom desempenho.

O ponto inicial da pesquisa inicia com o estudo de ingredientes que minimizem os custos de produção e, ao mesmo tempo, favoreçam a resposta dos animais. É questionável entre os nutricionistas, a utilização dos níveis de proteína no período de creche, bem como as fontes de ingredientes proteicos para formular rações para leitões desmamados (LOPES et al., 2004), em virtude da digestibilidade e palatabilidade do alimento. Para tanto, como fonte primária proteica e de origem vegetal única, as rações são confeccionadas utilizando-se o farelo de soja. Em contrapartida, as rações para leitões são complexas e merece destaque a utilização de distintas

fontes proteicas, sejam animal e vegetal, que minimizem a curva decrescente de desempenho existente nos primeiros dias após o desmame.

Para isso, as proteínas de alta qualidade presentes nestas fontes desempenham um papel importante na nutrição de suínos, em razão de que atuam como fonte de aminoácidos, expressão na forma de enzimas e hormônios, além disso, em casos inerentes pode ser usada como ingrediente alternativo para fornecer energia (BERTECHINI, 2012; SAKOMURA et al., 2014). Torna-se relevante a inclusão de fontes alternativas de proteínas prontamente digestíveis, que auxiliem no processo dietético, histológico, bioquímico e fisiológico de transição do leitão, como os subprodutos da soja e a farinha de peixe, produtos com efeitos

positivos e que englobam alternativas alimentares para o uso em dietas de leitões desmamados.

Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi o de avaliar a substituição parcial do farelo de soja por diferentes fontes proteicas na alimentação de leitões na fase de creche e seus efeitos na digestibilidade de ração, balanço de nitrogênio, desempenho e parâmetros sanguíneos.

2 REVISÃO

2.1 Aspectos gerais sobre proteínas

Este primeiro capítulo de revisão da dissertação tem por objetivo elucidar alguns tópicos sobre proteínas em um aspecto geral, bem como as principais fontes proteicas empregadas na nutrição de suínos, resultados experimentais e a caracterização das fontes em estudo (farinha de peixe, proteína concentrada de soja e farelo de soja), Figura 1.

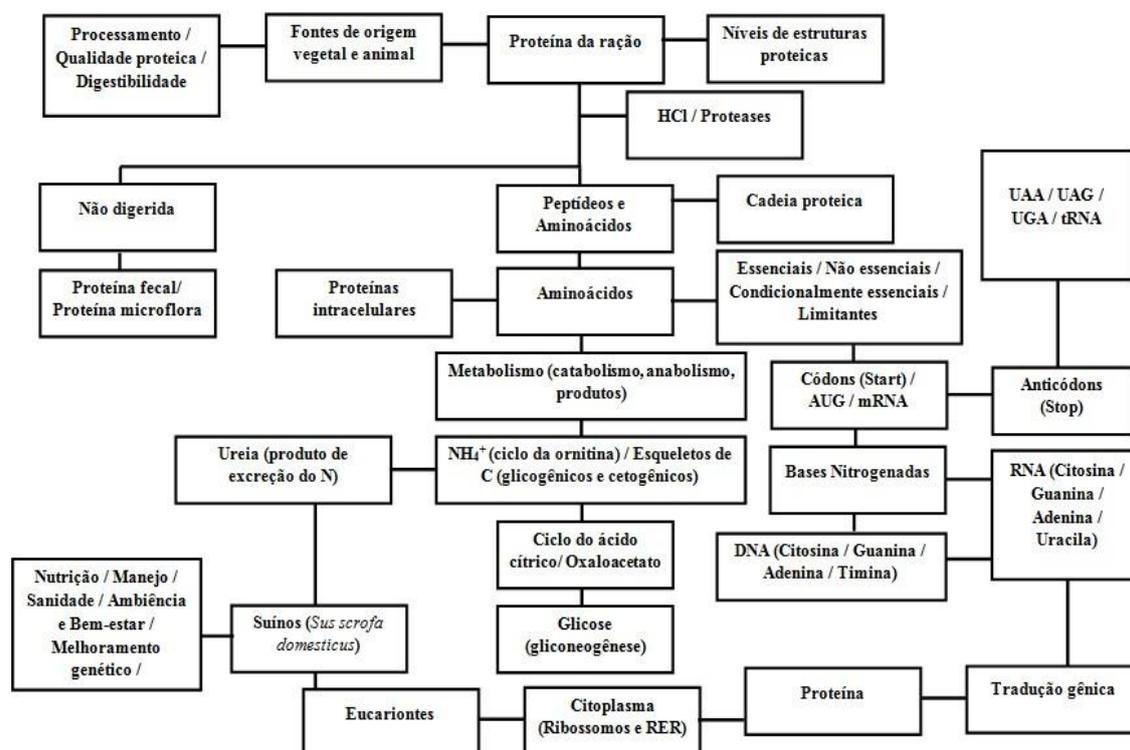


Figura 1. Fluxograma dos processos metabólicos da proteína e interação da espécie em estudo.

Fonte: Adaptado de Bertechini, 2012; Nelson e Cox, 2014.

Proteínas são macromoléculas que desempenham funções dinâmicas e estruturais no organismo, sendo as funções dinâmicas, a catálise de transformações químicas, a contração, o transporte e controle metabólico; como funções estruturais, as proteínas compõem a matriz óssea, o tecido conjuntivo e o tecido muscular (NELSON e COX, 2014), atuando como fonte de aminoácidos, expressão na forma de enzimas e hormônios; além disso, em casos inerentes, podem ser usadas como ingrediente alternativo para fornecer energia (BERTECHINI, 2012; SAKOMURA et al., 2014;). Ademais, são as biomoléculas mais abundantes nos seres vivos, sendo constituídas por 20 unidades monoméricas chamadas α -aminoácidos, unidos entre si por

ligações peptídicas (MOTTA, 2005). Essas unidades determinam a função da proteína, seja pelo número, tipo e arranjo dos aminoácidos (SAKOMURA et al., 2014).

Esse arranjo molecular confere às proteínas quatro estruturas ou níveis de organização de acordo com sua atividade biológica. De acordo com alguns autores (GARRET e GRISHAM, 1996; MOTTA, 2005; NELSON e COX, 2014) essa conformação pode ser classificada em: primária, que descreve o número de aminoácidos, a espécie, a ordem e a localização das pontes dissulfeto (cistina) de uma cadeia polipeptídica; secundária, as proteínas apresentam conformação tridimensional com dobramentos regulares e irregulares, estabilizada por pontes de hidrogênio, conferindo estruturas -hélice e β pregueada; terciária, estrutura mais compacta, em que os resíduos de aminoácidos estão mais próximos, a estrutura terciária tridimensional é estabilizada por interações entre as cadeias laterais e quaternária, proteínas multiméricas, formadas por subunidades ou protômeros ligadas entre si numa configuração específica, por interações não covalentes.

Essas conformações conferem atividade e funções para determinada proteína, já que à medida que as proteínas são sintetizadas nos ribossomos, elas devem manter sua estabilidade originária, pois a perda de estabilidade resulta em perda de função. Essa "cascata" de síntese envolve enzimas e complexos especializados, denominados de chaperonas (NELSON e COX, 2014).

Após a síntese é gerado uma proteína, na qual grande parte apresenta uma composição média aproximada de 16% de nitrogênio, 53% de carbono, 22,5% de oxigênio, 1,3% de enxofre e 0,8% de fósforo, além da constituição de aminoácidos, em que o ácido carboxílico de um aminoácido se liga ao radical amina do outro aminoácido (SAKOMURA et al., 2014).

2.2 Bioquímica das proteínas (digestão, absorção, anabolismo e catabolismo)

A maior parte do nitrogênio (N) da alimentação é consumido na forma de proteínas, que serão hidrolisadas, produzindo aminoácidos, passíveis de serem absorvidos. No entanto, apenas cerca de 75% dos aminoácidos obtidos pela hidrólise das proteínas corporais são recapturados na biossíntese de novas proteínas teciduais (CHAMPE et al., 2006). Os aminoácidos podem seguir duas rotas metabólicas distintas, uma em que é utilizado no ciclo da ureia e a outra como esqueletos carbônicos.

Precedendo o processo de absorção, as proteínas são digeridas inicialmente no estômago, órgão do trato gastrointestinal (TGI) responsável pela secreção do suco gástrico, solução rica em água, ácido clorídrico e a enzima inativa pepsinogênio. Em um segundo momento, o produto resultante dessa primeira ação no estômago passa ao intestino delgado sofre clivagem por um grupo de proteases pancreáticas, o que resulta em dipeptídeos e aminoácidos livres, unidades menores e que são captados pelas células epiteliais do intestino (BERTECHINI, 2012; SAKOMURA et al., 2014). Após os processos de digestão e absorção das proteínas, uma parte é metabolizada e armazenada como tecidos estruturais ou é transformada em produtos para secreção exógena ou endógena, e a outra parte é liberada na forma de calor ou ureia (ZANATO et al., 2008).

Os aminoácidos liberados pela hidrólise das proteínas da dieta ou das proteínas teciduais, ou ainda sintetizados de novo, misturam-se com outros aminoácidos livres distribuídos no organismo (CHAMPE et al., 2006; NELSON e COX, 2014). Já os dipeptídeos são hidrolisados no citosol a aminoácidos, que são metabolizados pelo fígado ou liberados na circulação sanguínea, para serem reciclados e o excesso excretado (CHAMPE et al., 2006; SAKOMURA et al., 2014).

Em virtude disso, a maioria das proteínas corporais estão constantemente sendo sintetizadas e então degradadas, permitindo a remoção de proteínas anormais ou desnecessárias. A regulação da síntese de proteínas determina seu gradiente na célula, com a degradação proteica apresentando menor importância nessa avaliação. Para outras, a velocidade de síntese é relativamente constante, e os níveis celulares da proteína são controlados por degradação seletiva (GARRET e GRISHAM, 1996; CHAMPE et al., 2006). Tanto o processo de biossíntese como o de degradação são controlados por sistemas enzimáticos.

O processo envolve o dogma central da biologia, sendo necessários três RNAs para efetuar a síntese proteica. Nesta etapa, participa um RNA mensageiro que carrega a "informação", para iniciar a síntese; um RNA ribossômico que é um constituinte estrutural e funcional dos ribossomos, local que a síntese proteica irá acontecer; e um RNA transportador que, carrega os aminoácidos que serão adicionados à proteína incipiente, além de fazer a "leitura" da sequência de bases do RNA mensageiro. Em outras palavras, o RNA transportador é a molécula que decodifica o código genético (MURRAY et al., 2003; NELSON e COX, 2014).

A síntese proteica envolve cinco etapas para completar o processo, que consiste na ativação do aminoácido, formação do aminoacil-tRNA; iniciação, que compreende a ligação da

subunidade pequena e do metionina-*acil-tRNA* no sítio AUG (códon de iniciação); a etapa de alongação, em que o polipeptídeo nascente é alongado pela ligação de novos aminoácidos; a fase de terminação ocorre pelo encontro de um "stop" códon e o polipeptídeo se desliga; e a última etapa, que inclui o enovelamento e processamento pós-transcricional do polipeptídeo (MURRAY et al., 2003; BERG et al., 2002; NELSON e COX, 2014).

Outra rota metabólica que envolve o metabolismo proteico é o catabolismo dos aminoácidos, sendo também parte do processo maior do metabolismo do nitrogênio (N) no organismo animal. Este elemento é ingerido pelo animal em uma diversidade de compostos presentes nos ingredientes, na qual as proteínas são os mais importantes quantitativamente. Como formas de excreção o N é liberado como ureia, amônia e outros produtos derivados do metabolismo dos aminoácidos (CHAMPE et al., 2006), dependendo da espécie animal em estudo.

Na estrutura molecular dos aminoácidos, a presença do grupamento *-amino* mantém os aminoácidos a salvo da degradação oxidativa. A remoção do grupo *-amino* é essencial para a produção de energia a partir de qualquer aminoácido, seja pelo ciclo do ácido cítrico ou através da gliconeogênese. Uma vez removido, esse N pode ser incorporado em outros compostos ou excretado, com o esqueleto carbonado sendo metabolizado. As fontes de N para a síntese de ureia são derivadas das reações de transaminação e desaminação oxidativa (MURRAY et al., 2003; CHAMPE et al., 2006; NELSON e COX, 2014).

O primeiro passo no catabolismo da maioria dos aminoácidos, seja provindos das proteínas ingeridas tanto quanto das proteínas celulares, é a transferência de seus grupos *amino* para um composto denominado *-cetoglutarato*, das quais os produtos obtidos são um α -cetoácido, que pode entrar nas vias centrais do metabolismo energético, e o glutamato. Em semelhança com as reações de transaminação, que transferem grupos *amino*, a desaminação oxidativa pela enzima *glutamato desidrogenase* resulta na liberação do grupo *amino* na forma de amônia livre. Essas reações ocorrem principalmente no fígado e no rim (BERG et al., 2002; MURRAY et al., 2003; CHAMPE et al., 2006; NELSON e COX, 2014).

Para o transporte da amônia dos tecidos periféricos para o fígado, em que ocorre sua conversão final em ureia, são utilizados dois mecanismos de condução: O primeiro, utilizado na maioria dos tecidos, utiliza a enzima *glutamina sintetase* para combinar amônia com glutamato e formar o aminoácido glutamina. Este aminoácido é transportado no sangue para o fígado, em que é clivado pela enzima *glutaminase* para produzir glutamato e amônia livre. O segundo mecanismo de transporte, utilizado principalmente pelo músculo, envolve a reação de

transaminação do composto piruvato, para formar o aminoácido alanina. Este é transportado pelo sangue para o fígado, sendo novamente convertido em piruvato por transaminação. No fígado, a via da gliconeogênese pode utilizar o piruvato para sintetizar glicose, a qual pode ir para o sangue e ser utilizada pelo músculo no ciclo da glicose-alanina (BERG et al., 2002; MURRAY et al., 2003; CHAMPE et al., 2006; NELSON e COX, 2014).

2.3 Caracterização das fontes proteicas

Na literatura científica atual são poucos os estudos com a inclusão de fontes proteicas em rações para leitões, haja vista a grande pesquisa em décadas anteriores, fator este que contribuiu com citações antigas nesta revisão, superiores há 10 anos.

Os níveis de proteína utilizados no período de creche, bem como as fontes de ingredientes proteicos para formular rações para leitões desmamados são bastante discutidos entre os nutricionistas (LOPES et al., 2004), em virtude da digestibilidade dos alimentos utilizados (Tabela 1).

Tabela 1. Ingredientes utilizados como fontes proteicas em dietas para leitões.

Ingrediente/alimento	Nível de PB ¹ (%)	CDPB ² (%)	Autor/ano
Farelo de soja	45-48,00	90-91,00	Butolo et al., 1999; Bertol et al., 2000; Rostagno et al., 2011
*PCS	63-64,89	92,00	Bertol et al., 2000; Rostagno et al., 2011
Soja micronizada	39,14	88,00	Rostagno et al., 2011
Leite desnatado em pó	31-35,33	94,00	Butolo et al., 1999; Bertol et al., 2000; FEDNA, 2002; Rostagno et al., 2011; NRC, 2012
Plasma sanguíneo	71,89-79,5	95,00	Butolo et al., 1999; Figueiredo et al., 2003; Rostagno et al., 2011
Farinha de peixe	54-61	78-80	Rostagno et al., 2011
Farinha de sangue	83,50	75,00	Rostagno et al., 2011
Ovo inteiro	53,56	43,91	Figueiredo et al., 2003
Farinha de carne	40-54,4	-	BRASIL, 1997; FEDNA, 2002; NRC, 2012
Farinha de carne e ossos	33,53-63	70-81	Pozza et al., 2004; Rostagno et al., 2011
Farinha de penas	75-84	70-67	Rostagno et al., 2011
Farinha de vísceras suínas	47,00	78,00	Rostagno et al., 2011

Farinha de vísceras aves	57,68	81,00	Rostagno et al., 2011
-----------------------------	-------	-------	-----------------------

¹PB: Proteína bruta; ²CDPB: Coeficiente de digestibilidade da PB; *PCS: Proteína concentrada de soja.

Na fase de desmame, ocorrem mudanças na histologia e morfologia intestinal, além dos processos bioquímicos, sendo um processo de transição de maturação e indução da produção enzimática em resposta aos componentes físicos e químicos dos ingredientes. A confecção de dietas complexas, contendo lactose e proteínas de origem animal, reduz a severidade do desafio nutricional imposto nesta fase (LOPES et al., 2004).

Neste contexto, é fundamental a busca por alimentos alternativos aos convencionais, 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 idade precoce, relacionados com a presença das proteínas antigênicas glicinina e β -conglucina, que provocam reações de hipersensibilidade transitória na mucosa intestinal (MILLER et al., 1984), comprometendo os processos de digestão e absorção.

Como consequências, pode haver alterações na morfologia da mucosa intestinal, principalmente no que diz respeito ao encurtamento das vilosidades e aumento da profundidade da cripta, resultando no aumento da taxa de divisão celular e de migração dos enterócitos para as vilosidades (DUNSFORD et al., 1989; LI et al., 1990, 1991a, 1991b). Em decorrência disso, verifica-se redução do número de enterócitos maduros nas vilosidades e redução da capacidade digestiva e absorptiva no intestino delgado. Estas alterações na mucosa intestinal podem interferir no aproveitamento do alimento e na taxa de crescimento dos leitões após o desmame (BERTOL et al., 2001; HÖTZEL e MACHADO FILHO, 2004).

Devido a estas adversidades, os subprodutos processados da soja têm sido estudados como alternativas de fonte proteica em substituição parcial ao FS nas rações de leitões recém-desmamados (BERTOL et al., 2001; MOREIRA et al., 1993; MOREIRA et al., 1994). Entre estes produtos, destacam-se a proteína texturizada de soja (PTS), a proteína concentrada de soja (PCS) ou concentrado proteico de soja (CPS), que é o produto obtido por extração da vagem de soja descascada, que foram submetidas a uma segunda extração para reduzir a percentagem de extrativos não nitrogenados (FEDNA, 2002) e a soja integral extrusada (SIE).

A PTS é obtida da soja descascada, desengordurada via solvente e processada por extrusão úmida. Para a obtenção da PCS, a soja é floculada e o floco descascado e desengordurado, em um segundo momento é lavado com etanol para retirada dos açúcares solúveis (extrativos não nitrogenados) e, após, submetido ao processamento por calor, por intermédio de discos metálicos aquecidos. A SIE é obtida pelo processo de extrusão em

extrusor. Assim, os processos (Figura 2) em que os subprodutos da soja são submetidos melhoram a digestibilidade do nitrogênio, reduz a concentração dos inibidores da tripsina e diminui as propriedades antigênicas (FRIESEN et al., 1992; FRIESEN et al., 1993; PARTRIDGE e GILL, 1993; BERTOL et al., 2001).

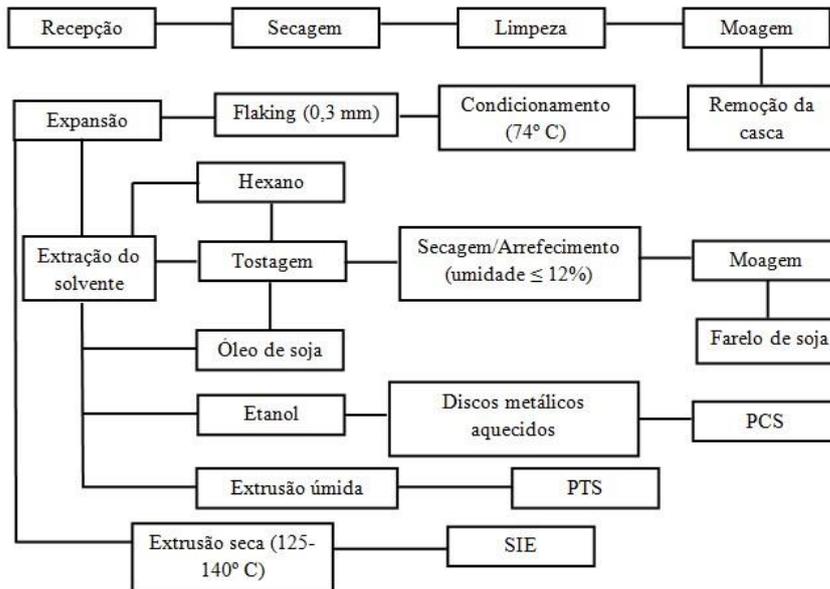


Figura 2. Fluxograma do processamento dos produtos processados da soja.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro produto derivado da soja e que tem sido incluído nas rações de leitões, principalmente na fase pré-inicial é a soja micronizada. Para a obtenção deste produto é necessário que o grão de soja cru seja submetido ao aquecimento por vapor indireto a uma temperatura de $\pm 165^{\circ}\text{C}$ por 2 a 3 minutos. Após o aquecimento, é retirada a casca do grão da soja, que é submetida a um processo de moagem por rolos, denominado micronização, até atingir uma granulometria final de ± 30 microns (BRITO, 2003).

2.4 Estudos das fontes proteicas na nutrição de leitões

2.4.1 Farinha de peixe (FP)

A farinha de peixe é tradicionalmente reconhecida como uma proteína de alta digestibilidade, com alto teor de aminoácidos, vitaminas e minerais (MASON e WEIDNER,

1964). No entanto, a qualidade da farinha de peixe varia dependendo do tipo e a espécie de peixe, a frescura do peixe antes da transformação e o modo de processamento da farinha (KIM e EASTER, 2001).

Para o processamento da farinha, o resíduo é cozido em digestor, em temperatura aproximada de $110 \pm 10^{\circ}\text{C}$ e por um tempo médio de uma hora e trinta minutos. Após o cozimento, o material passa por uma caixa percoladora, para retirada do excesso de óleo, e em seguida é prensado, obtendo-se uma torta de prensa, a qual é depositada em silo de resfriamento para posterior moagem e ensaque. O processamento de resíduos obtidos de peixes com peso de até 800 gramas produz, em média, 85% de farinha e 15% de óleo, ao passo que valores superiores de peso podem gerar um percentual de 70% de farinha e 30% de óleo (VIDOTTI e GONÇALVES, 2006).

De acordo com Bellaver (2005), a farinha integral de peixe (FIP) é o produto obtido de peixes inteiros ou de cortes de peixes de várias espécies, não decomposto, com ou sem extração de óleo, tendo sido seco e moído. Como composição físico-química, não deve conter mais do que 10% de umidade e o teor de cloreto de sódio deve ser indicado. Já a farinha residual de peixe (FRP) é o produto obtido de cortes ou de partes de peixes de várias espécies (cabeças, rabo, pele, vísceras, barbatanas) não decomposto, com ou sem extração de óleo, tendo sido seco e moído. Para a composição física e química segue o padrão da FIP.

Maigalema e Gernat (2003) mencionaram que as farinhas de peixe comerciais são produzidas a partir de duas categorias, uma em que é fabricada com o resíduo obtido após o processo de filetagem para o consumo humano e inclui espécies como tilápia e bacalhau. A segunda categoria inclui espécies tais como Anchova, Sardinha e Cavala, sendo que não se prioriza a retirada dos filés.

A composição de proteína bruta (PB) e aminoacídica são variáveis, com valores médios de PB de 54,58 a 61,42%, destacando os aminoácidos lisina, arginina, leucina e valina (ROSTAGNO et al., 2011). Para Gulbrandsen (1984), a composição de PB pode oscilar entre 60 a 72%, intervalo análogo ao valor de 66,3% obtido por IAFMM (1985).

Boscolo (2003) classificou as farinhas de peixe em duas classes: farinhas de primeira qualidade com teores de PB acima de 60%, que são produzidas a partir de peixes inteiros e farinhas de segunda, em que são utilizados na sua fabricação, resíduos de indústrias transformadoras de pescado, apresentando PB ao redor de 50%.

Stoner et al. (1990) determinaram as concentrações de aminoácidos em farinha de peixe Menhaden e relataram valores de 4,7 e 1,9%, para lisina e metionina, respectivamente. Para

Kim e Easter (2001), esses valores oscilaram entre 4,74 a 5,63% de lisina, 1,77 a 2,02% de metionina, 3,77 a 4,19% de arginina, 2,55 a 2,93% de treonina, 0,55 a 0,72% de triptofano, 2,87 a 3,71% de valina, 4,33 a 5,23% de leucina e 2,36 a 2,95% de isoleucina. Além disso, as farinhas de peixes apresentaram teores elevados para aminoácidos alifáticos com predominância do grupo carboxílico. Rojas e Stein (2013) encontraram teores de 4,76% para lisina, 1,66% para metionina, 2,34% para treonina, 0,59% de triptofano, 3,03% de valina, 4,17% de leucina, 2,54% de isoleucina e 3,58% de arginina.

Stoner et al. (1990) determinaram as concentrações de minerais em farinha de peixe Menhaden e relataram valores de 5,4 e 3,2%, para cálcio e fósforo, respectivamente, e 1,0% de sódio (Na⁺). Para Rojas e Stein (2013) esses valores foram de 4,96 e 3,05%, para cálcio e fósforo, respectivamente, com um teor de cinza de 17,86%. Similar a estes dados, Sulabo et al. (2013) encontraram valores de 3,25% para fósforo total e 19,98% de cinza. Posteriormente, Rojas e Stein (2015) encontraram valores de 5,23 e 3,09%, para cálcio e fósforo, respectivamente, com um teor de cinza de 20,20%.

Segundo Sampaio et al. (2001), a farinha de peixe resultante dos resíduos das indústrias de conservas apresenta baixo teor proteico, mas excesso de minerais (escamas, ossos e sódio), que reduzem seu valor nutritivo. No caso da farinha de resíduos da indústria de filetagem da tilápia do Nilo, Boscolo et al. (2004) afirmam que uma das características da composição química deste alimento é o alto teor de cinzas, porém, apesar da alta quantidade de minerais, como fósforo e cálcio este resíduo pode ser usado como fonte de minerais.

Stoner et al. (1990) realizaram dois experimentos com farinha de peixe Menhaden, com leitões desmamados aos 21 dias de idade. No primeiro experimento foram incluídos diferentes níveis de FP (0, 4, 8, 12, 16 e 20%), sendo que a dieta contendo 8% de FP resultou no ganho diário médio máximo observado, porém, o consumo diário médio máximo ocorreu em suínos alimentados com a inclusão de 12% de FP. Em um segundo momento, em esquema fatorial 2 x 3 (2 níveis de soro de leite seco x 3 níveis de inclusão de FP), suínos alimentados com a dieta contendo 4% de FP e 10% de soro de leite apresentaram crescimento e desempenho análogo aos alimentados com uma dieta contendo 0% de FP e 20% de soro de leite seco.

Kim e Easter (2001) argumentaram que as digestibilidades ileais aparentes de suínos alimentados com dietas contendo FP são diferentes, pois dependem da espécie de peixe utilizada no processamento para se obter a farinha e da temperatura de secagem, quando os suínos foram alimentados de 3 a 7 semanas de idade, resultando em diferentes índices de

crescimento. Neste mesmo trabalho os autores encontraram valores de aminoácidos totais de 9,8 e 5,4%, trabalhando com duas espécies de peixes, peixe Cavala e Arenque, respectivamente.

Ferreira et al. (2001) trabalharam com rações à base de milho e farelo de soja, além da inclusão ou não de fontes proteicas de alta qualidade (farinha de peixe e leite em pó integral), dos 14 aos 42 dias de idade, e não obtiveram resultado significativo no desempenho de leitões desmamados aos 28 dias de idade. Junqueira et al. (2008) relataram melhor ganho de peso para leitões que receberam rações contendo leite em pó desnatado (8,8%) e farinha de peixe (5%), na fase de 49 a 56 dias de idade.

Em outras literaturas, Lopes et al. (2004) avaliaram dietas à base de soro de leite e farinha de peixe + lactose, com leitões desmamados aos 21 dias de idade e a combinação de FP + lactose resultou em melhor conversão alimentar (1,81 kg/kg). Em discrepância, Rojas e Stein (2015) constataram uma maior conversão alimentar ($p < 0,05$) em leitões que consumiram FP (controle positivo).

Cervantes-Pahm e Stein (2010) não encontraram diferença significativa para a digestibilidade ileal estandardizada (DIE) de proteína bruta e aminoácidos em leitões alimentados com farelo de soja fermentado, farelo de soja tratado enzimaticamente e farinha de peixe.

Rojas e Stein (2013) determinaram a DIE em suínos alimentados com farelo de soja fermentado (FSF), farelo de soja convencional (FSC) e farinha de peixe (FP) e encontraram valores superiores para DIE do FSF e FSC em relação à FP. Como discussão para o resultado de DIE inferior da FP os autores mencionam a qualidade da proteína do produto, em virtude da elevada proporção de cinzas, caracterizando grande proporção de osso, que pode ter sido obtido a partir da indústria de filé de peixe. A proteína nos ossos é mais difícil de digerir do que a proteína no tecido mole, o que também pode ter contribuído para a redução da DIE dos aminoácidos.

Para Sulabo et al. (2013), a DIE de lisina e metionina foi maior em suínos alimentados com biomassa de fermentação seca em relação aos alimentados com FP, porém os animais recebendo dieta contendo FP apresentaram maior concentração de aminoácido digerível quando comparados com suínos alimentados com produtos da mucosa intestinal suína hidrolisada.

Por fim, pesquisas adicionais são necessárias para determinar os efeitos de incluir farinhas de peixe em dietas para leitões desmamados, bem como estudos em ensaios de digestibilidade.

2.4.2 Proteína concentrada de soja (PCS) ou Concentrado proteico de soja (CPS)

Os produtos processados da soja têm sido estudados como alternativas de fonte proteica em substituição parcial ao farelo de soja (FS) nas rações de leitões recém-desmamados (MOREIRA et al., 1993; MOREIRA et al., 1994; BERTOL et al., 2001). Entre estes produtos, destacam-se a proteína concentrada de soja (PCS), que é considerada um ingrediente proteico de excelente composição nutricional e que além de ser altamente digestível é livre das proteínas antigênicas que provocam reações de hipersensibilidade na mucosa intestinal dos leitões. Em virtude disso, a concentração de oligossacarídeos é de até 3% e de glicinina (globulina 11S) é de menos que 100 ppm (OLIVEIRA et al., 2012).

A composição média de proteína bruta é de 63,07%, destacando os aminoácidos lisina, arginina, leucina e fenilalanina (ROSTAGNO et al., 2011). O processamento dos produtos da soja pode interferir de forma direta nestas composições. Oliveira e Stein (2016) determinaram as concentrações de minerais na PCS, com valores de 0,5 e 0,62%, para fósforo e cálcio, respectivamente.

Lenehan et al. (2007) determinaram as concentrações de aminoácidos na PCS e relataram valores de 4,41%, para lisina, 0,93% para metionina, 2,59% para treonina, 1,14% para triptofano, 3,39% para valina, 4,95% para arginina, 5,27% para leucina e 3,51% para fenilalanina. Para Oliveira e Stein (2016) esses valores foram de 3,91% de lisina, 0,80% de metionina, 4,28% de arginina, 2,34% de treonina, 0,86% de triptofano, 3,18% de valina, 4,87% de leucina e 3,22% de fenilalanina, além disso, o produto processado da soja apresentou teores elevados para aminoácidos alifáticos com predominância do grupo carboxílico. Cervantes-Pahm e Stein (2008) encontraram teores de 4,05% para lisina, 0,94% para metionina, 2,47% para treonina, 0,81% de triptofano, 3,11% de valina, 5,00% de leucina, 3,23% de fenilalanina e 4,70% de arginina.

Para a obtenção da PCS, a soja é floculada e o floco descascado e desengordurado é lavado com etanol para retirada dos açúcares solúveis (extrativos não nitrogenados) e, após, submetido ao processamento por calor, por intermédio de discos metálicos aquecidos (FRIESEN et al., 1992; FRIESEN et al., 1993; PARTRIDGE e GILL, 1993; BERTOL et al., 2001). Assim, a PCS contém menos inibidores de tripsina, sacarose, rafinose e estaquiose que o farelo de soja (LENEHAN et al., 2007) e as concentrações de proteína bruta e aminoácidos são maiores do que na maioria dos outros produtos de soja (OLIVEIRA e STEIN, 2016)

Diversos são os trabalhos encontrados com os produtos processados da soja, apresentando resultados que caracterizam a utilização destes, seja parcialmente ou totalmente nas formulações. Bertol et al. (2001) substituíram parcialmente o FS por soja integral extrusada, proteína texturizada de soja e proteína concentrada de soja e obtiveram uma melhora no ganho diário de peso, no consumo diário de ração e na conversão alimentar (CA) no período de fornecimento das dietas para leitões desmamados aos 21 dias de idade.

Oliveira et al. (2012) não encontraram efeito significativo no desempenho de leitões na fase de creche para a utilização da PCS, concomitantemente com o tratamento de PCS hidrolisado com enzima protease por um período de duas e oito horas. De modo semelhante, a substituição parcial do FS (30 e 50%) por PCS em qualquer um dos níveis testados não influenciaram o desempenho nem a composição corporal ou a taxa de deposição de tecidos dos leitões em nenhum dos períodos avaliados (BERTOL et al., 2000).

Corroborando esse estudo, Lenehan et al. (2007) encontraram melhores resultados para leitões alimentados com dietas contendo proteína animal ou 40% de farelo de soja, pois apresentaram ganho médio diário e consumo alimentar médio diário maiores do que os leitões alimentados com fonte de PCS. Assim, reiteraram que a má ingestão de suínos alimentados com altos níveis de PCS pode indicar um problema de palatabilidade, limitando assim sua inclusão em dietas de leitões desmamados.

Cervantes-Pahm e Stein (2008) obtiveram melhor DIE para aminoácidos essenciais, em machos castrados, com peso corporal inicial de 26,2 kg, alimentados com farelo de soja e proteína concentrada de soja quando com a adição de 7,55 e 7,35% de óleo de soja nas dietas, respectivamente.

Cervantes-Pahm e Stein (2010) testaram quatro produtos de soja (farelo de soja convencional, proteína isolada de soja, farelo de soja fermentado e farelo de soja tratado enzimaticamente), farinha de peixe e caseína em dietas para machos castrados, com peso corporal inicial de $10,9 \pm 2,3$ kg. Para estes autores, os leitões alimentados com farelo de soja fermentado e farelo de soja tratado enzimaticamente tiveram DIE similar na maioria dos aminoácidos, não diferindo dos leitões que receberam farinha de peixe, porém os animais que receberam a dieta com proteína isolada de soja e caseína apresentaram maior DIE de aminoácidos.

Oliveira e Stein (2016) obtiveram a DIE para isoleucina, leucina, fenilalanina, prolina e tirosina maior ($p < 0,05$) em machos castrados ($13,08 \pm 1,98$ kg) alimentados com rações

contendo PCS do que com farelo de soja, mas para proteína bruta e todos os outros aminoácidos, não foi obtida diferença entre as fontes proteicas.

Enfim, os produtos processados da soja apresentam vantagens nutricionais na utilização de rações pós-desmame, justamente pelos fatores supracitados nesta revisão. Pesquisas adicionais são necessárias para convalidar os resultados, além de contribuir com maior número de referências sobre fontes proteicas de origem vegetal para leitões, bem como para a utilização de fontes proteicas de origem animal, ainda pouco pesquisadas.

2.5 Referências

- ARAUJO, L.F.; JUNQUEIRA, O.M.; LOPES, E.L. et al. Utilização da levedura desidratada (*Saccharomyces cerevisiae*) para leitões na fase inicial. **Ciência Rural**, v.36, p.1576-1581, 2006.
- BANDEIRA, C.M. et al. Saúde intestinal dos leitões: um conceito novo e abrangente. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, v. 54, p. 1-97, 2007.
- BARBOSA, F.F. et al. 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.
- BELLAVER, C. **Limitações e vantagens do uso de farinhas de origem animal na alimentação de suínos e de aves**. Concórdia: 2º Simpósio Brasileiro Alltech da Indústria de Alimentação Animal, 2005. 16 p.
- BERG, J.M.; TYMOCZKO, J.L.; STRYER, L. **Biochemistry Fifth Edition**, 2002.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. 2ª Edição Lavras: Editora UFLA, 2012. 373 p.
- BERTOL, T.M. et al. Efeito de diferentes fontes proteicas sobre desempenho, composição corporal e morfologia intestinal em leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1735-1742, 2000.
- BERTOL, T.M. et al. Proteínas da soja processadas de diferentes modos em dietas para desmame de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 150-157, 2001.
- BOSCOLO, W.R. **Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.)**. Maringá, 2003. 98p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 2003.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e proteína das farinhas de resíduo da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina

(*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 8-13, 2004

BRASIL. Ministério da Agricultura. Decreto n. 30.691, de 29 de março de 1952, alterado pelos Decretos n.ºs.1255, de 25 de junho de 1962, n. 1236, de 2 de setembro de 1994, n.1812, de 8 de fevereiro de 1996, e n. 2.244, de 4 de junho de 1997. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal-RIISPOA**. Brasília, DF, 1997.

BRITO, C. O. et al. Adição de complexo multienzimático em dietas à base de soja extrusada e desempenho de pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 457-461, 2006.

BUTOLO, E.A.F. et al. Uso de plasma suíno desidratado por spray dried na dieta de leitões desmamados precocemente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 3, p. 326-333, 1999.

CERVANTES-PAHM, S. K.; STEIN, H. H. Effect of dietary soybean oil and soybean protein concentration on the concentration of digestible amino acids in soybean products fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 8, p. 1841-1849, 2008.

CERVANTES-PAHM, S. K.; STEIN, H. H. Ileal digestibility of amino acids in conventional, fermented, and enzyme-treated soybean meal and in soy protein isolate, fish meal, and casein fed to weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 8, p. 2674-2683, 2010.

CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A.; FERRIER, D.R. **Bioquímica**. McGraw Hill, 2006.

DUNSFORD, B.R.; KNABE, D.A., HAENSLY, W.E. Effect of dietary soybean meal on the microscopic anatomy of the small intestine in the early-weaned pig. **Journal of Animal Science**, v. 67, n. 7, p. 1855-1863, 1989.

FEDNA - Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. **Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos**. Universidad Politécnica de Madrid. Tablas de Alimentos, 2002.

FERREIRA, V.P.DE.A. et al. Dietas para Leitões em Aleitamento e Pós-Desmame1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 753-760, 2001.

FERREIRA, R.A.; DE OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Redução da Proteína Bruta da Ração para Suínos Machos Castrados dos 15 aos 30 kg Mantidos em Termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1639-1646, 2003.

FIGUEIREDO, A.N. et al. O ovo em pó na alimentação de leitões recém-desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1901-1911, 2003.

FRIESEN, K.G.; NELSSSEN, J.L.; BEHNKE, K.C. Effect of extrusion parameters. **Feed International**, v. 13, n. 9, p. 50-55, 1992.

- FRIESEN, K.G.; NELSSSEN, J.L.; GOODBAND, R.D. et al. The effect of moist extrusion of soy products on growth performance and nutrient utilization in the earlyweaned pig. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 8, p. 2099-2109, 1993.
- GARRETT, R.H.; GRISHAM, C.M. Part I: Molecular components of cells. **Biochemistry 3rd edn. Harcourt Brace Custom Publishers, Belmont**, p. 1-375, 1996.
- GULBRANDSEN, K.E. **International association of fish meal manufactures**. 1984. Disponível em: <[http://www.iffo.net/es/system/files/TB17 FM for Pigs.PDF](http://www.iffo.net/es/system/files/TB17_FM_for_Pigs.PDF)>. Acesso em: 5 jan. 2017.
- HÖTZEL, M.J.; MACHADO FILHO, L.C.P. Comportamento e bem estar de leitões em relação à idade do desmame. **Revista Porkworld**, v. 21, p. 34-38, 2004.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF FISH MEAL MANUFACTURERS - IAFMM. **West german trial shows value of fish meal in diets of early weaned pigs**. 1985. Disponível em: <<http://www.iffo.net/system/files/FM10.pdf>>. Acesso em: 6 jan. 2017.
- JUNQUEIRA, O.M. et al. Avaliação de níveis e fontes de proteína na alimentação de leitões na fase inicial de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1622-1627, 2008.
- KIM, S.W.; EASTER, R.A. Nutritional value of fish meals in the diet for young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 7, p. 1829-1839, 2001.
- LENEHAN, N.A. et al. Evaluation of soy protein concentrates in nursery pig diets. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 11, p. 3013-3021, 2007.
- LI, D.F.; NELSSSEN, J.L.; REDDY, P.G. et al. Transient hypersensitivity to soybean meal in the early-weaned pig. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 6, p. 1790-1799, 1990.
- LI, D.F.; NELSSSEN, J.L.; REDDY, P.G. et al. Measuring suitability of soybean products for early-weaned pigs with immunological criteria. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 8, p. 3299-3307, 1991a.
- LI, D.F.; NELSSSEN, J.L.; REDDY, P.G. et al. Interrelationship between hypersensitivity to soybean proteins and growth and performance in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 10, p. 4062-4069, 1991b.
- LOPES, E.L. et al. Fontes e níveis de proteína em rações iniciais para leitões desmamados aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 2292-2299, 2004.
- MAIGUALEMA, M.A.; GERNAT, A.G. O efeito da alimentação níveis elevados de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) refeição subproduto sobre o desempenho de frangos de corte e de carcaça características. **International Journal of Poultry Science**, v. 2, n.3, p. 195-199, 2003.
- MASON, V. C.; WEIDNER, Kirsten. The effect of heat on the amino acid, fatty acid and Bvitamin composition of fish meal. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 14, n. 1, p. 87-95, 1964.

- MILLER, B.G.; NEWBY, T.J.; STOKES, C.R. et al. The importance of dietary antigen in the cause of postweaning diarrhea in pigs. **American Journal Veterinary Research**, v. 45, n. 9, p. 1730-1733, 1984.
- MOREIRA, I. et al. Uso do milho e soja integral processados a calor na alimentação de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 22, n. 5, p. 764-772, 1993.
- MOREIRA, I. et al. Uso de soja integral processados a calor na alimentação de leitões de 21 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 1, p. 57-64, 1994.
- MOTTA, V.T. Bioquímica Básica. **Caxias do Sul: EducS**, 2005.
- MURRAY, R.K. et al. **Harper's illustrated biochemistry. 26^a ed.** McGraw-Hill, 2003.
- NABUURS, M. J. A. et al. Villus height and crypt depth in weaned and unweaned pigs, reared under various circumstances in the Netherlands. **Research in veterinary science**, v. 55, n. 1, p. 78-84, 1993.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine.** 11.ed. Washington, D.C.: 2012. 424p.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica: Lehninger.** Omega, 2014.
- OLIVEIRA, E.L. et al. Desempenho de leitões na fase de creche alimentados com rações contendo proteína concentrada de soja. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34, n. 2, p. 131-136, 2012.
- OLIVEIRA, M. S.; STEIN, H. H. Digestibility of energy, amino acids, and phosphorus in a novel source of soy protein concentrate and in soybean meal fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 8, p. 3343-3352, 2016.
- PARTRIDGE, G.G.; GILL, B.P. New approaches with pig weaner diets. In: GARNSWORTHY, P.C.; COLE, D.J.A. (Eds.) **Recent advances in animal nutrition.** Nottingham: University Press. p.221-248, 1993.
- POZZA, P.C. et al. Digestibilidade ileal aparente e verdadeira de aminoácidos de farinhas de carne e ossos para suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1181-1191, 2004.
- ROJAS, O.J.; STEIN, H.H. Concentration of digestible, metabolizable, and net energy and digestibility of energy and nutrients in fermented soybean meal, conventional soybean meal, and fish meal fed to weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 9, p. 43974405, 2013.
- ROJAS, O.J.; STEIN, H.H. Effects of replacing fish, chicken, or poultry by-product meal with fermented soybean meal in diets fed to weanling pigs. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 28, n. 1, p. 22-41, 2015.

- ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos. 3ª edição**, Viçosa, MG: UFV, 252 p., 2011.
- SAKOMURA, N.K. et al. **Nutrição de Não ruminantes. Jaboticabal, SP: Editora Funep, 2014.**
- SAMPAIO, F.G. et al. Digestibilidade aparente das farinhas de peixe e nacional e importada e das farinhas de sangue tostada e *spray dried* , pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 4, p. 891-896, 2001
- STONER, G.R. et al. Effect of select menhaden fish meal in starter diets for pigs. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 9, p. 2729-2735, 1990.
- VIDOTTI, R.M; GONÇALVES, G.S. **Produção e Caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia é Sua utilização na Alimentação animal, 2006** . Disponível em: < www.pesca.sp.gov.br> . Acesso em: 15 de janeiro 2017.
- ZANATO, J.A.F.; LUI, J.F.; OLIVEIRA, M.C. et al. Digestibilidade de dietas contendo antibiótico, probiótico e prebiótico para coelhos em crescimento. **Biotemas**, v.21, n.4, p.131-136, 2008.

3 SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO FARELO DE SOJA POR DIFERENTES FONTES PROTEICAS NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES NA FASE DE CRECHE

Resumo – Objetivou-se com este estudo avaliar a substituição parcial do farelo de soja por diferentes fontes proteicas na alimentação de leitões na fase de creche e seus efeitos na digestibilidade de ração, balanço de nitrogênio, desempenho e parâmetros sanguíneos. No experimento I, foram utilizados 24 suínos mestiços, machos inteiros, com peso corporal inicial de $18,28 \pm 0,7$ kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, constituído de três tratamentos (fontes proteicas), oito repetições e um suíno por unidade experimental (gaiolas de metabolismo). No experimento II, foram utilizados 1.843 leitões mestiços, machos inteiros e fêmeas, com peso corporal inicial de $6,79 \pm 0,90$ kg, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 3 (dois sexos e três fontes proteicas) e 13 repetições de 46 a 53 animais por unidade experimental. As diferentes fontes proteicas foram: Farinha de Peixe - FP, Proteína Concentrada de Soja - PCS e Farelo de soja - FS, sendo a ração controle. Nas fases pré-inicial II e inicial, foi realizada a coleta de sangue de 235 animais, para a determinação de ureia e glicose plasmáticas. Para o ensaio de digestibilidade, houve efeito ($p < 0,05$) de tratamento na proteína digestível, em que os animais alimentados com FS obtiveram melhor digestibilidade. Foi obtida diferença ($p < 0,05$) entre as fontes proteicas sobre a excreção total de nitrogênio ($\text{g/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$), em que os suínos alimentados com FS apresentaram maior excreção. No experimento II, houve diferença ($p < 0,01$) entre sexo na fase inicial e no período total apenas para o consumo diário de ração (CDR), em que as fêmeas apresentaram consumo superior em relação aos machos. Na fase inicial e no período total, houve diferença ($p < 0,01$) entre as fontes proteicas no CDR, peso final e no ganho diário de peso, sendo que as maiores médias foram obtidas pelos suínos alimentados com FP e PCS. Para ureia e glicose na fase pré-inicial II, foi obtida diferença ($p < 0,05$) entre as fontes proteicas, em que os suínos alimentados com FP e PCS apresentaram menores níveis de ureia e nível superior para glicose quando alimentados com PCS. Para ureia na fase inicial, os animais alimentados com FP e PCS apresentaram menores níveis ($p < 0,05$). Houve diferença ($p < 0,05$) entre sexo, na fase inicial, sobre a ureia, em que os machos apresentaram menores níveis de ureia. A utilização de ração à base de farelo de soja como fonte proteica convencional na fase inicial melhora a digestibilidade da proteína e influencia na excreção total de nitrogênio. O uso de farinha de peixe

e proteína concentrada de soja em rações melhora o peso final dos animais na fase inicial e reduz os níveis de ureia plasmática nas fases pré-inicial II e inicial.

Palavras-chave: balanço de nitrogênio, desempenho, digestibilidade, farinha de peixe, parâmetros sanguíneos, proteína concentrada de soja.

3 PARTIAL REPLACEMENT OF SOYBEAN MEAL BY DIFFERENT PROTEIN SOURCES IN PIGLETS FEEDING IN THE NURSERY PHASE

Abstract – The objective of this study was to evaluate the partial replacement of soybean meal by different protein sources in piglets feeding in the nursery phase and its effects on feed digestibility, nitrogen balance, performance and blood parameters. In the experiment I, 24 were used, crossbreed entire males swines, with initial body weight of 18.28 ± 0.7 kg, were distributed in a randomized complete block design, consisting of three treatments (protein sources), eight replicates and one swine per experimental unit (metabolism cages). In the experiment II, 1,843 piglets were used, crossbreed entire males and females, with initial body weight of 6.79 ± 0.90 kg were distributed in a completely randomized experimental design, in a 2 x 3 factorial arrangement (two sexes and three protein sources), 13 replicates of 46 to 53 animals per experimental unit. The different protein sources were: Fish Meal - FM, Soybean Protein Concentrate - SPC and Soybean Meal - SM, being the control diet. In the pre-starter II and starter phases, the blood was collected from 235 animals, for the determination of plasma urea and glucose. For the digestibility assay, there was an effect ($p < 0.05$) of treatment on the digestible protein, wherein swines fed SM had better digestibility. A difference ($p < 0.05$) was obtained between protein sources in total nitrogen excretion ($\text{g/kg PV}^{0.75}/\text{day}$), wherein swines fed SM had higher excretion. In experiment II, there was a difference ($p < 0.01$) between sex in the starter phase and in the total period only for the daily feed intake (DFI), wherein the females presented superior feed intake in relation to the males. In the starter phase and in the total period, there was a difference ($p < 0.01$) between the protein sources for the DFI, final weight and for the daily weight gain, since the highest averages were obtained by the swines fed with FM and SPC. For urea and glucose in the pre-starter II phase, a difference ($p < 0.05$) was obtained between the protein sources, wherein swines fed FM and SPC had lower levels of urea and higher levels for glucose when fed with SPC. For urea in the starter phase, the animals fed with FM and SPC presented lower levels ($p < 0.05$). There was a difference ($p < 0.05$) between sex, in the starter phase on urea, wherein males presented lower levels of urea. The use of soybean meal as a conventional protein source in the starter phase improves the digestibility of the protein and influences the total excretion of nitrogen. The use of fish meal and soybean protein concentrate in feeds improves the final weight of the animals in the starter phase and reduces plasma urea levels in the pre-starter II and starter phases.

Key-words: Nitrogen balance, performance, digestibility, fish meal, blood parameters, soybean protein concentrate.

3.1 Introdução

A inapetência pós-desmame resulta em alterações da integridade intestinal e afeta, inicialmente, o metabolismo, o crescimento e a saúde dos animais, com alterações histológicas e bioquímicas no trato gastrointestinal, tais como atrofia das vilosidades e hiperplasia das criptas, diminuindo as capacidades digestiva e absorptiva dos órgãos (HÖTZEL e MACHADO FILHO, 2004).

O alto nível de proteína bruta característico das dietas de leitões no período pósdesmame, aliado à proibição da União Europeia ao uso de antibióticos e quimioterápicos como melhoradores de desempenho, podem intensificar a ocorrência de problemas entéricos na fase de creche (PELICANO et al., 2005).

Além disso, a baixa capacidade temporária dos leitões em acidificar o conteúdo gástrico e a insuficiente secreção e atividade de enzimas gástricas e pancreáticas (MOLLY, 2001), o excesso de alimentos não digeridos e a proteína endógena (LALLÈS et al., 2007; HEO et al., 2009) estimulam a fermentação proteica no intestino grosso, e a consequente produção de metabólitos que estão relacionados com as diarreias pós-desmame (PLUSKE et al., 2002; HTOO et al., 2007; KIM et al., 2008).

Dietas com elevado nível proteico têm maior capacidade tamponante, o que aumenta o pH da digesta, propiciando meio favorável à proliferação de patógenos (PARTANEN e MROZ, 1999). Para tal fim, uma estratégia nutricional utilizada é a redução do nível de proteína bruta nas dietas e a suplementação com aminoácidos sintéticos, visando diminuir o fornecimento de nitrogênio e energia para a fermentação microbiana e, conseqüentemente, a incidência de diarreia, sem afetar o desempenho dos animais (HANSEN et al., 1993; HERMES et al., 2009).

Estudos comprovam que dietas com menor teor de proteína bruta reduzem as excreções de nitrogênio e urina (LE BELLEGO e NOBLET, 2002); ademais, é importante salientar que a qualidade da fonte proteica interfere no metabolismo proteico, seja no processo de catabolismo como no anabolismo. Bertechini (2012) argumenta que as composições das fontes proteicas comumente utilizadas nas formulações para suínos apresentam balanços de aminoácidos que não atendem aos perfis das necessidades metabólicas, acarretando no decréscimo de consumo e retardamento no crescimento.

Em consequência, os ensaios de digestibilidade são utilizados na pesquisa científica para determinar e avaliar o valor nutricional de ingredientes, procurando promover a saúde intestinal e caracterizar os efeitos benéficos para o desenvolvimento da nutrição de animais

não ruminantes em ensaios de desempenho; servir como piloto para testar alimentos e verificar respostas através dos resultados; e por fim, compreender o metabolismo dos nutrientes para uma nutrição de precisão. É sabido que o tipo e a intensidade de processamento imposto aos ingredientes levam a grandes diferenças nos coeficientes de digestibilidade. Vale ressaltar que, com o aumento da idade, há aumento linear crescente do coeficiente de digestibilidade de alguns nutrientes, entre eles a proteína (NOBLET e SHI, 1994).

Para tanto, os subprodutos processados da soja, destacando a proteína concentrada de soja, têm sido estudados como alternativas de fonte proteica em substituição parcial ao farelo de soja nas rações de leitões recém-desmamados (BERTOL et al., 2001; MOREIRA et al., 1993; MOREIRA et al., 1994), pela sua alta digestibilidade e perfil aminoacídico. O processo de extrusão imposto a estes produtos melhora a digestibilidade do nitrogênio e reduz a concentração dos inibidores da enzima tripsina, resultando em melhor digestibilidade (FRIESEN et al., 1992; FRIESEN et al., 1993; PARTRIDGE e GILL, 1993). A farinha de peixe também se destaca pela sua alta qualidade proteica, presença de ácidos graxos essenciais e macrominerais, como o magnésio (MASCARENHAS, 1999; SAKOMURA et al., 2014).

Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi o de avaliar a substituição parcial do farelo de soja por diferentes fontes proteicas na alimentação de leitões na fase de creche e seus efeitos na digestibilidade de ração, balanço de nitrogênio, desempenho e parâmetros sanguíneos.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Experimento I

O experimento foi realizado no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa (Linha Guará) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, *Campus* de Marechal Cândido Rondon/PR.

Para o ensaio de digestibilidade, foram utilizados 24 leitões mestiços, machos inteiros, com peso corporal inicial médio de $18,17 \pm 0,7$ kg, distribuídos em delineamento de blocos casualizados, com três tratamentos (fontes proteicas) e oito repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Os blocos foram formados de acordo com o peso corporal inicial dos animais.

Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), instaladas em sala de alvenaria, com piso de concreto e cortinas laterais, em que permaneceram por um período de aproximadamente 12 dias, sendo sete dias de adaptação às gaiolas, ração e regularização do consumo metabólico e cinco dias para coleta de fezes e urina.

Na fase de adaptação, as rações experimentais foram distribuídas em duas refeições, às 08:00 e 16:00 horas, com a quantidade de ração fornecida à vontade durante os sete dias iniciais, sendo o consumo diário de todos os animais devidamente registrado para calcular o consumo pelo peso metabólico, já que a partir do oitavo dia a quantidade de ração fornecida foi determinada em função do peso corporal metabólico ($PV^{0,75}$) de cada animal. A metodologia de fornecimento das dietas, coleta de fezes e urina foi de acordo aos descritos por Sakomura e Rostagno (2016).

A temperatura do ambiente do galpão foi registrada utilizando-se um termômetro analógico de máxima e mínima, obtendo-se a temperatura mínima média de $21 \pm 4,95^{\circ}\text{C}$ e máxima média de $23 \pm 5,16^{\circ}\text{C}$, o qual estava instalado no centro da sala de metabolismo à altura do lombo dos animais.

As rações foram compostas de: ração comercial contendo farelo de soja como fonte proteica convencional (FS); ração comercial com a inclusão de farinha de peixe (FS + FP) e ração comercial com a inclusão de proteína concentrada de soja (FS + PCS) (Tabela 2).

Tabela 2. Composição percentual das rações experimentais utilizadas no ensaio de digestibilidade em suínos na fase inicial.

Ingredientes	Tratamentos		
	FS + FP	FS + PCS	FS
Milho	59,8	59,8	59,3
Farelo de Soja	30,0	30,0	32,0
Óleo de Soja	2,7	2,7	2,7
Farinha de Peixe	1,5	-	-
PCS	-	1,5	-
Núcleo	6,0	6,0	6,0
Total (%)	100	100	100

*PCS: Proteína Concentrada de soja, Tratamentos - FS: Farelo de soja, FP: Farinha de peixe.

A ração comercial foi fornecida por uma empresa local (Tabela 3). Os níveis de garantia dos nutrientes da ração estão próximos dos limites propostos por Rostagno et al. (2011).

Tabela 3. Composição do núcleo (g/kg) para suínos na fase inicial quanto ao seu respectivo nível de garantia.

Composição do Núcleo	(g/kg)
Umidade (Máx.)	80,00
Proteína Bruta (Mín.)	270,00
Extrato Etéreo (Mín.)	26,00
Matéria Mineral (Máx.)	500,00
Lisina (Mín.)	55,00
Metionina (Mín.)	37,00
Treonina (Mín.)	28,00
Fibra Bruta (Max.)	8,00
Cálcio (Mín - Máx.)	100-140,00
Fósforo (Mín.)	35,00
Sódio (Mín.)	35,00

Níveis mínimos de garantia dos nutrientes da ração inicial - (%): Ácido fólico ^(0,001686), Ácido pantotênico ^(0,0333), Biotina ^(0,00025), Cobre ^(0,2875), Colina ^(0,5534), Etoxiquin ^(0,0250), Ferro ^(0,1167), Iodo ^(0,002), Manganês ^(0,1317), Niacina ^(0,058), Selênio ^(0,0005), Zinco ^(0,04), Vitamina B₁ ^(0,0035), Vitamina B₂ ^(0,017), Vitamina B₆ ^(0,010), Vitamina K₃ ^(0,0065); (mcg/kg): Vitamina B₁₂ ^(600,00); (UI/kg): Vitamina A ^(235.000), Vitamina D₃ ^(47.000), Vitamina E ^(660,00); (FTU/kg): Fitase ^(8.300).

As amostras de cada tratamento, com aproximadamente 300 gramas, foram acondicionadas em recipientes plásticos transparentes previamente identificados e posteriormente realizadas as análises no Laboratório de Nutrição Animal da Unioeste, de acordo com metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002).

As fezes excretadas em um período de 24 horas referente a cada unidade experimental foram coletadas, pesadas e acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em freezer a uma temperatura de -18°C até o final do período de coleta. Após o período de coleta, as amostras foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e uma amostragem de 110 g foi seca em estufa ventilada a 55°C, por um período de 72 horas. Posteriormente, as amostras foram moídas e armazenadas em recipientes de vidro identificados para análises laboratoriais.

Nos baldes, para a coleta de urina foi adicionado 20 mL de uma solução de HCl (ácido clorídrico) 1:1 para evitar a proliferação de bactérias e perda de nitrogênio (N) por volatilização. Da mesma forma, a urina excretada por um período de 24 horas teve o volume mensurado e retirado uma alíquota de 20%, que foi acondicionada em recipientes de vidro, previamente identificados e armazenados em geladeira a uma temperatura de -18°C até o final do período de coleta, quando foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e uma amostragem de 200 mL foi encaminhada para o Laboratório de Nutrição Animal.

As análises de N, das fezes e urina, foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, de acordo com as técnicas descritas por

Silva e Queiroz (2002). Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB) e da energia bruta (CDEB) foram calculados conforme Matterson et al. (1965).

Foram determinados o N ingerido, excretado nas fezes, excretado na urina, absorvido, retido, retido/ingerido, retido/absorvido e excreção total. Os valores de proteína bruta consumida (PBC), proteína bruta excretada nas fezes (PBF) e excretada na urina (PBU) foram obtidos por meio da multiplicação dos teores de proteína pelas quantidades de ração consumida, de fezes e de urina excretadas, respectivamente. A partir destes valores foram calculados a PB retida ($PBR = PBC - PBF - PBU$), utilização líquida de proteína ($ULP = PBR/PBC$) e o valor biológico da proteína dietética ($VBPD = PBR/(PBC - PBF)$), segundo Adeola (2001).

O modelo estatístico utilizado para os coeficientes de digestibilidade e nutrientes digestíveis da ração foi $Y_{ij} = m + T_i + b_j + \square_{ij}$, em que:

Y_{ij} = observação da variável dependente em cada parcela, medida na i-ésima fonte proteica, no j-ésimo bloco e na k-ésima repetição; m = efeito da média geral;

T_i = efeito das classes de fontes proteicas, para $i = (1, 2 \text{ e } 3)$; b_j

= efeito de blocos, para $j = (1 \text{ e } 2)$;

\square_{ij} = erros aleatórios das parcelas associados ao nível i, ao bloco j e à repetição k, independentes, homocedásticos e com distribuição normal.

Antes de avaliar o resultado da análise de variância, foi procedida a análise dos resíduos padronizados de *Student* (*RStudent*), a fim de diagnosticar observações influentes ou *outliers* que pudessem interferir na normalidade dos resíduos. O critério adotado para identificação de *outliers* foi baseado na curva de distribuição normal, ou seja, valores de *RStudent* maiores ou iguais a três desvios-padrão, em valor absoluto, foram considerados como influentes.

Os efeitos das classes de tratamento sobre as variáveis dependentes foram verificados por meio de análise de variância (ANOVA). As comparações entre médias de tratamento foram efetuadas pelo teste de Tukey. O nível de 5% de significância foi adotado em todas as análises estatísticas, que foram feitas utilizando-se o *Statistical Analysis System* (SAS, 2008).

3.2.2 Experimento II

O experimento foi realizado em uma granja comercial, situada na Linha Guará, pertencente à Cooperativa Agroindustrial Copagrill, localizada no município de Marechal

Cândido Rondon/PR (24°33'21"S, 54°3'25"W e altitude de 420 m).

Foram utilizados 1.843 leitões mestiços (998 machos inteiros e 845 fêmeas), com 21 dias de idade, peso médio inicial de $6,79 \pm 0,90$ kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 3 (dois sexos e 3 rações), com 13 repetições de 46 a 53 animais por unidade experimental, sendo 606 leitões (234 machos inteiros e 372 fêmeas) para a ração com FP, 613 leitões (380 machos inteiros e 233 fêmeas) para a ração com PCS e 624 leitões (384 machos inteiros e 240 fêmeas) para a ração com FS.

A temperatura do ambiente do galpão de produção foi registrada utilizando-se um termômetro analógico de máxima e mínima, obtendo-se a temperatura mínima média de $15 \pm 5,73^\circ\text{C}$ e máxima média de $16 \pm 5,78^\circ\text{C}$ no período experimental.

A ração comercial foi fornecida por uma empresa local (Tabela 4). Os níveis de garantia dos nutrientes da ração estão próximos dos limites propostos por Rostagno et al. (2011).

Tabela 4. Composição do núcleo (g/kg) para suínos na fase de creche e seus respectivos níveis de garantia.

Níveis de garantia (g/kg)	Desmame	Pré-I	Pré-II	Inicial
Umidade (Máx.)	110,00	-	-	80,00
Proteína Bruta (Mín.)	186,00	280,00	260,00	270,00
Extrato Etéreo (Mín.)	55,00	13,00	17,00	26,00
Matéria Mineral (Máx.)	50,00	150,00	185,00	500,00
Cálcio (Mín - Máx.)	3,00-5,00	1,30-1,50	20,0-40,0	100,00-140,00
Fósforo (Mín.)	4,50	10,00	16,00	35,00
Sódio (Mín.)	-	-	-	35,00
Lisina (Mín.)	15,00	32,00	40,00	55,00
Metionina (Mín.)	5,85	15,00	22,00	37,00
Treonina (Mín.)	-	-	-	28,00
Fibra Bruta (Max.)	14,00	7,00	5,00	8,00
Fitase FTU/kg (Mín.)	500,00	-	-	8.300,00

Níveis mínimos de garantia dos outros constituintes do produto nas respectivas rações (fases): Desmame - (mg/kg): Cobre (134,0), Ferro (70), Iodo (1,2), Manganês (80,0), Niacina (35,1), Polifenóis (30,0), Selênio (0,30), Zinco (2250), Vitamina K₃ (4,0), Vitamina B₁ (2,0), Vitamina B₂ (10,20), Vitamina B₆ (6,17), Ácido fólico (1,00), Ácido pantotênico (20,0), Colina (1230), Antioxidante (19,0); (UI/kg): Vitamina A (14.000), Vitamina D₃ (2.820,0), Vitamina E (100,0); (mcg/kg): Vitamina B₁₂ (40,50); Inicial - (mg/kg): Cobre (134,0), Ferro (1167), Iodo (20,0), Manganês (1317), Niacina (580,0), Selênio (5,0), Zinco (400,0), Vitamina K₃ (65,0), Vitamina B₁ (2,0), Vitamina B₂ (10,20), Vitamina B₆ (6,17), Ácido fólico (16,86), Ácido pantotênico (333,0), Biotina (2,5), Colina (5534), Etoquixin (250,0); (UI/kg): Vitamina A (235.000,0), Vitamina D₃ (47.000,0), Vitamina E (660,0).

Para as fases de creche (desmame, pré-inicial I, pré-inicial II e inicial) forneceram-se 4 tipos de rações: Primalac, Prostarter 1, Prostarter 2 e Prostarter 3, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Composição nutricional e níveis de garantia das rações comerciais para cada fase de creche.

Nutrientes	Primalac	Prostarter 1	Prostarter 2	Prostarter 3
Farelo de soja + Farinha de peixe				
Umidade (%)	8,4	9,7	10,5	10,8
Proteína bruta (%)	18,2	18,5	19,1	20,1
Lactose (%)	14,7	7,1	2,6	-
Extrato etéreo (%)	9,6	7,5	6,0	5,8
Fibra bruta (%)	1,3	1,8	2,1	2,3
Energia met.(kcal/kg)	3.726,24	3.555,70	3.427,71	3.401,93
Lisina (%)	1,417	1,372	1,345	1,321
Metionina (%)	0,52	0,52	0,52	0,48
Cálcio (%)	0,48	0,55	0,70	0,72
Fósforo digest. (%)	0,45	0,39	0,35	0,34
Sódio	0,33	0,28	0,23	0,24
Farelo de soja + Proteína concentrada de soja				
Umidade (%)	8,3	9,6	10,4	10,7
Proteína bruta (%)	18,2	18,5	19,1	20,0
Lactose (%)	14,7	7,1	2,6	-
Extrato etéreo (%)	9,2	7,1	5,7	5,7
Fibra bruta (%)	1,3	1,8	2,1	2,3
Energia met.(kcal/kg)	3.708,92	3.556,57	3.416,77	3.400,00
Lisina (%)	1,416	1,373	1,346	1,320
Metionina (%)	0,51	0,51	0,51	0,48
Cálcio (%)	0,39	0,38	0,70	0,61
Fósforo digest. (%)	0,43	0,37	0,34	0,33
Sódio	0,30	0,25	0,20	0,22
Farelo de soja				
Umidade (%)	8,4	9,7	10,5	10,8
Proteína bruta (%)	18,2	18,4	19,0	20,1
Lactose (%)	14,7	7,1	2,6	-
Extrato etéreo (%)	9,2	7,1	5,7	5,7
Fibra bruta (%)	1,5	1,9	2,2	2,3
Energia met.(kcal/kg)	3.329,51	3.501,53	3.506,89	3.497,81
Lisina (%)	1,416	1,374	1,347	1,320
Metionina (%)	0,52	0,52	0,52	0,48
Cálcio (%)	0,39	0,38	0,70	0,70
Fósforo digest. (%)	0,44	0,38	0,34	0,33

Sódio	0,30	0,25	0,20	0,22
			(%)	
Nível dos outros constituintes nas respectivas rações (fases): FS + FP - : Magnésio (0,12; 0,15; 0,18; 0,19), Cloro (0,67; 0,52; 0,42; 0,40), Potássio (1,05; 0,89; 0,80; 0,79), (mg/kg): Cobre (4,5; 4,5; 154,5; 154,5), Cobre orgânico (117; 117; 4,5; 4,5), Ferro (70; 70; 70; 70), Iodo (1,2; 1,2; 1,2; 1,2), Manganês (30,2; 30,2; 30,2; 30,2), Manganês orgânico (10,1; 10,1; 10,1; 10,1), Niacina (35,1; 35,1; 35,1; 35,1), Selênio (0,30; 0,30; 0,30; 0,30), Zinco (2500; 2500; 2500; 2500), Zinco orgânico (10,0; 10,0; 10,0; 10,0), Vitamina K ₃ (4,0; 4,0; 4,0; 4,0), Vitamina B ₁ (2,1; 2,1; 2,1; 2,1), Vitamina B ₂ (10,2; 10,2; 10,2; 10,2), Vitamina B ₆ (6,0; 6,0; 6,0; 6,0), Vitamina B ₁₂ (0,04; 0,04; 0,04; 0,04), Ácido fólico (1,01; 1,01; 1,01; 1,01), Ácido pantotênico (19,9; 19,9; 19,9; 19,9), Biotina (0,15; 0,15; 0,15; 0,15), Colina (1347; 1445; 1421; 1479), BHT (3,76; 3,76; 3,76; 3,76), Etoxiquin (15,0; 15,0; 15,0; 15,0), (UI/kg): Vitamina A (14100; 14100; 14100; 14100), Vitamina D ₃ (2820; 2820; 2820; 2820), Vitamina E (80,3; 80,3; 80,3; 80,3); FS + PCS - (%): Cloro (0,62; 0,48; 0,38; 0,39), Potássio (1,10; 0,94; 0,84; 0,80), (mg/kg): Colina (1245; 1356; 1343; 1432); FS - (%): Magnésio (0,13; 0,15; 0,18; 0,19), Cloro (0,62; 0,48; 0,38; 0,39), Potássio (1,11; 0,94; 0,84; 0,81), (mg/kg): Colina (1281; 1388; 1370; 1447).				

As rações consistiram da inclusão ou não de fontes proteicas, sendo: ração comercial contendo somente farelo de soja como fonte proteica convencional (FS); ração comercial com a inclusão de farinha de peixe (FS + FP) e ração comercial com a inclusão de proteína concentrada de soja (FS + PCS) (Tabela 6).

Tabela 6. Composição calculada das rações experimentais utilizadas no ensaio de desempenho de acordo com as fases experimentais.

Ingredientes	Fontes proteicas											
	FS + FP				FS + PCS				FS			
	Fases experimentais (de 6,79 a 21,55 kg)											
	PD ¹	PI ²	PII ³	I ⁴	PD	PI	PII	I	PD	PI	PII	I
Milho	38,0	49,2	55,2	59,8	38,0	49,2	55,2	59,8	38,4	47,8	54,0	59,3
Farelo de Soja	9,0	18,0	25,0	30,0	9,0	18,0	25,0	30,0	12,6	22,9	29,2	32,0
Óleo de Soja	4,0	3,4	2,8	2,7	4,0	3,4	2,8	2,7	4,0	3,4	2,8	2,7
Farinha de Peixe	4,0	3,5	3,0	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-
PCS	-	-	-	-	4,0	3,5	3,0	1,5	-	-	-	-
Núcleo					45,0	26,0	14,0	6,0				
Total (%)					100	100	100	100				

¹PD: Fase pós-desmame; ²PI: Fase pré-inicial I; ³PII: Fase pré-inicial II; ⁴I: Fase inicial; PCS: Proteína concentrada de soja, FS: Farelo de soja, FP: Farinha de peixe.

Os animais foram alojados em creche de alvenaria com dimensões de 100 metros de comprimento por 9 metros de largura, 39 baias com dimensões de 3,5 metros de comprimento e 4 metros de largura, dotadas de cortinas laterais automáticas e sistema de aquecimento com fôrnelha à lenha. As baias apresentavam divisórias metálicas, parcialmente de alvenaria, com piso plástico de polipropileno, dotadas de comedouros circulares automáticos, mas devido à finalidade experimental utilizou-se arraçoamento manual, bebedouros tipo chupeta de aço inox.

Os animais receberam ração e água à vontade durante todo o período experimental. As sobras de rações foram recolhidas, pesadas e descontadas do fornecimento para cálculo do

consumo diário de ração. O peso coletivo dos animais foi registrado no início e ao final de cada fase experimental, sendo pré-inicial I de 6,79 a 10,07 kg (27 a 40 dias de idade), pré-inicial II de 10,08 a 13,13 kg (41 a 50 dias de idade) e inicial de 13,14 a 21,55 kg (51 a 65 dias de idade). Com base nestes dados, foram determinados os valores médio de consumo diário de ração (CDR, kg/dia), ganho diário de peso (GDP, kg/dia) e a conversão alimentar (CA, kg/kg).

Para avaliar a homeostase de ureia e glicose foi realizada a coleta de ± 10 mL de sangue via punção da veia cava cranial, de 235 animais, sendo 144 leitões (82 machos inteiros e 62 fêmeas) na fase pré-inicial II, o que corresponde a 55 leitões (34 machos inteiros e 21 fêmeas) para a ração com FP, 42 leitões (21 machos inteiros e 21 fêmeas) para a ração com PCS e 47 leitões (27 machos inteiros e 20 fêmeas) para a ração com FS; 91 leitões (35 machos inteiros e 56 fêmeas) na fase inicial, o que corresponde a 28 leitões (7 machos inteiros e 21 fêmeas) para a ração com FP, 28 leitões (14 machos inteiros e 14 fêmeas) para a ração com PCS e 35 leitões (14 machos inteiros e 21 fêmeas) para a ração com FS conforme técnica descrita por Cai et al. (1994).

Após, o sangue foi transferido para tubos de vidro, contendo ácido etilenodiamino tetraacético (EDTA). As amostras sanguíneas foram centrifugadas à 3000 rpm, por um período de 10 minutos, para a obtenção do plasma. Em seguida, 3 mL de plasma (em duplicatas) foram transferidos para microtubos de polietileno tipo “ependorf” previamente identificados e congelados, para análises de ureia e glicose sanguíneas. Estas análises foram realizadas por meio de analisador bioquímico automático modelo Flexor EL 200, utilizando kits específicos ELI Tech (*Clinical Systems*).

Para as características de desempenho o modelo estatístico utilizado foi $Y_{ijk} = m + P_i + S_j + PS_{ij} + \beta (X_{ijk} - \bar{X} \dots) + \square_{ijk}$. Para os níveis plasmáticos de ureia e glicose, o modelo estatístico utilizado foi o mencionado, sem a inclusão do efeito da covariável. Os efeitos dos fatores incluídos no modelo são descritos por:

Y_{ijk} = observação média da variável dependente em cada parcela, medida na i-ésima fonte de proteína, na j-ésima classe de sexo e na k-ésima repetição; m = efeito da média geral; P_i = efeito das classes de fontes de proteína, para $i = (1, 2 \text{ e } 3)$; S_j = efeito das classes de sexo, para $j = (1 \text{ e } 2)$; PS_{ij} = efeito de interação entre a i-ésima classe de fontes de proteína e a j-ésima classe de sexo; β = Coeficiente de regressão de Y sobre X; X_{ijk} = observação média da covariável (peso inicial) em cada parcela, medida na i-ésima classe de fontes de proteína, na j-ésima classe de sexo e na k-ésima repetição; $\bar{X} \dots$ = média geral para a covariável X; \square_{ijk} = erro aleatório da parcela associado ao nível i, à classe j e à repetição k;

Antes de avaliar o resultado da análise de variância, foi procedida a análise dos resíduos padronizados de *Student* (*RStudent*), a fim de diagnosticar observações influentes ou *outliers* que pudessem interferir na normalidade dos resíduos. O critério adotado para identificação de *outliers* foi baseado na curva de distribuição normal, ou seja, valores de *RStudent* maiores ou iguais a três desvios-padrão, em valor absoluto, foram considerados como influentes. A normalidade dos erros experimentais e a homogeneidade de variâncias entre os tratamentos para as diversas variáveis foram avaliadas previamente utilizando-se os testes de Shapiro-Wilk e de Levene (SAS, 2008), respectivamente.

Os efeitos de fontes proteicas, de sexo e de interação entre as classes de fontes proteicas e de sexo sobre as variáveis dependentes foram verificados por meio de análise de variância. Comparações entre médias de quadrados mínimos (*lsmeans*), relacionadas ao efeito de sexo e fontes de proteína foram realizadas por meio do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As *lsmeans* de ureia e glicose nas fases pré-inicial II e inicial da creche foram realizadas por meio do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se dos procedimentos “*Proc Univariate*” e “*General Linear Models*” (GLM) do software estatístico “*Statistical Analysis System*” (SAS, 2008).

3.3 Resultados e discussão

Não foram obtidas diferenças ($p > 0,05$) entre os tratamentos sobre o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB), da matéria orgânica (CDAMO) e da energia bruta (CDAEB). De modo semelhante, os tratamentos não influenciaram ($p > 0,05$) os nutrientes digestíveis (ND) da matéria seca, matéria orgânica e energia digestível. No entanto, houve diferença ($p < 0,05$) entre os tratamentos para a proteína digestível (Tabela 7).

Tabela 7. Coeficientes de digestibilidade aparente, valores de nutrientes e energia digestíveis das dietas contendo diferentes fontes de proteína¹

¹ Valores seguidos por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade; Tratamentos - FP: Farinha de peixe, PCS: Proteína concentrada de soja, FS: Farelo de soja (n=8); $p < 0,0001$.

Variável	FP	PCS	FS	CV (%)
Coeficientes de digestibilidade				
CDAMS (%)	85,95	87,49	85,47	2,56
CDAPB (%)	86,98	88,17	86,65	2,83
CDAMO (%)	88,23	89,71	87,99	2,16
CDAEB (%)	87,32	88,65	87,32	2,21
Nutrientes digestíveis e energia digestível				
MSD (%)	83,63	84,80	82,69	2,56
PD (%)	17,84 ^a	16,72 ^b	18,13 ^a	2,94
MOD (%)	81,66	82,57	80,82	2,16
ED (kcal/kg)	3.810,72	3.842,51	3.851,96	2,22

digestibilidade. Neste mesmo estudo os autores obtiveram 86,58% de coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS) e 3.515 kcal/kg de energia digestível, com dietas contendo 70% da ração referência e 30% de PCS. Para dietas com 70% da ração referência e 30% de FS, sendo os valores de PB para o FS de 44,5 e 46,5%, estes resultados foram de 87,09 e 87,70% para CDAMS, 3.387 e 3.443 kcal/kg de ED, respectivamente.

O processo de extrusão dos subprodutos da soja melhora a digestibilidade do N, reduz a concentração dos inibidores da enzima tripsina e diminui as propriedades antigênicas destes subprodutos, resultando em melhor digestibilidade e redução do potencial para resposta imune às proteínas da soja (FRIESEN et al., 1992; FRIESEN et al., 1993; PARTRIDGE e GILL, 1993). Vale ressaltar que, com o aumento da idade, ocorre aumento do coeficiente de digestibilidade de alguns nutrientes, entre eles a proteína e o extrato etéreo, o qual é mais acentuado em dietas menos digestíveis (NOBLET e SHI, 1994).

Embora os valores de coeficiente de digestibilidade aparente da PB (CDAPB) tenham variado entre 86,65 e 88,17 não foram obtidas diferenças ($p > 0,05$). O CDAPB da PCS ficou praticamente análogo a 87,57% obtido por Bertol e Ludke (1999). Além disso, os autores obtiveram para o experimento 2 (dieta referência - 70% e 30% de FS com 44,5% de PB) 85,91% de CDAPB, um pouco inferior ao encontrado neste estudo (86,12%). São escassas as literaturas de ensaio de digestibilidade com farinha de peixe para suínos.

Segundo Marsman et al. (1995), o adequado processamento dos produtos da soja aumentam a quebra das proteínas, com maior ação de enzimas digestivas, e o super processamento diminui o valor nutricional. Por outro lado, a falta de aquecimento também é

Bertol e Ludke (1999) relataram que o tipo e a intensidade de processamento imposto aos produtos processados da soja levam a grandes diferenças nos coeficientes de

prejudicial, pois a soja contém fatores antinutricionais que interferem no processo digestivo (SWICK, 1996). Por conjectura, o processamento térmico da PCS pode não ter sido suficiente para desativar os fatores antinutricionais da soja, prejudicando a disponibilidade de aminoácidos, pois a proteína digestível (PD) foi inferior (Tabela 7).

A variação observada para ND em relação a MS (%) para a dieta com FP foi 2,3% inferior ao estudo de Sulabo et al. (2013), em que o valor correspondeu a 85,93%. Corroborando esses valores, Rojas e Stein (2013) encontraram valores superiores em sua investigação (88,53%). Os ND em relação a MS (%) para os demais tratamentos foram discrepantes aos determinados por Bertol e Ludke (1999), para a PCS com 62,44% de PB (90,84%) e para o FS (88,01 e 89,58%), 44,5% e 46,5% de PB para o FS, respectivamente.

Oliveira e Stein (2016) mencionaram que o aumento e melhoria nas concentrações de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM), em suínos machos castrados ($13,94 \pm 1,34$ kg) alimentados com PCS quando comparados aos que receberam dieta contendo FS, foi devido ao processamento utilizado para remover os carboidratos, como os oligossacarídeos. Ainda, estes resultados estão ligados ao fato de que os suínos não secretam α -galactosidase, enzima necessária para a hidrólise de rafinose e estaquiose, portanto não são digeridos enzimaticamente no intestino delgado. A remoção de oligossacarídeos da PCS resultou em maior concentração de PB e maior concentração de ED.

Rojas e Stein (2013) determinaram as concentrações de ED e EM em suínos alimentados com farelo de soja fermentado (FSF), farelo de soja convencional (FSC) e farinha de peixe (FP) e obtiveram valor análogo ao obtido neste estudo para ED da farinha de peixe (3.827 kcal/kg), porém discrepante para o FSC (4.553 kcal/kg). Os autores discutiram como consequência de um maior percentual de cinzas na FP utilizada. Além disso, a maior concentração de energia bruta (EB) na FP em comparação com FSF e FSC é mais provável ao perfil de aminoácidos. No entanto, os resultados indicam que os aminoácidos e a EB da FP são mal digeridas, razão pela qual a ED e EM foram menores na FP do que no FSF, semelhante ao resultado deste estudo quando comparado às fontes proteicas de origem vegetal.

Foi obtida diferença ($p < 0,05$) para a variável excreção total de nitrogênio ($\text{g/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$), em que os suínos alimentados com ração controle apresentaram valores médios superiores em relação aos que receberam FP e PCS. Não houve efeito ($p > 0,05$) de tratamento para as demais variáveis (Tabela 8).

Tabela 8. Balanço de nitrogênio em suínos machos inteiros na fase inicial alimentados com diferentes fontes proteicas.¹

Variáveis analisadas	Tratamentos			P valor	CV (%)
	FP	PCS	FS		
Nitrogênio ingerido (g/dia)	27,09	26,44	28,57	0,77	25,61
Nitrogênio ingerido (g/kg PV ^{0,75} /dia)	2,41	2,30	2,52	0,45	14,80
Nitrogênio fecal (g/dia)	3,51	3,20	3,98	0,52	38,30
Nitrogênio fecal (g/kg PV ^{0,75} /dia)	0,31	0,27	0,34	0,33	29,10
Nitrogênio urina (g/dia)	5,39	5,42	5,98	0,61	23,30
Nitrogênio urina (g/kg PV ^{0,75} /dia)	0,48	0,47	0,54	0,24	17,49
Nitrogênio absorvido (g/dia)	23,57	23,23	24,14	0,89	23,83
Nitrogênio absorvido (g/kg PV ^{0,75} /dia)	2,09	2,03	2,16	0,58	13,33
Nitrogênio retido (g/dia)	18,17	17,80	18,16	0,96	27,30
Nitrogênio retido (g/kg PV ^{0,75} /dia)	1,61	1,55	1,61	0,88	17,10
Nitrogênio retido/ingerido (%)	66,80	67,22	64,62	0,29	5,28
Nitrogênio retido/absorvido (%)	76,80	76,30	74,72	0,63	5,92
Excreção total de N (g/dia)	8,91	8,63	10,02	0,45	24,95
Excreção total de N (g/kg PV ^{0,75} /dia)	0,79 ^b	0,75 ^b	0,88 ^a	0,05	14,54

Dourmad et al. (1999) mencionaram que 2/3 do N ingerido é excretado pelos suínos.

Com isso, o aumento na utilização dos compostos proteicos diminui a síntese de ureia, e coincidente a retenção de N deve ser maximizada em animais alimentados com rações balanceadas em nível de aminoácidos (COMA et al., 1995). É verossímil que a ração controle promoveu um maior catabolismo das moléculas de aminoácidos, levando a pressupor que a quantidade de N nas fezes e urina numericamente foi maior, fato este que ocasionou uma diferença na excreção total de N (g/kg PV^{0,75}/dia), sendo que ambas variáveis são utilizadas para determinar o N absorvido e retido.

Bertechini (2012) alega que a excreção de N ocorre comumente a uma taxa basal de eliminação, sendo influenciada por duas situações: processo de gliconeogênese (metabolismo do jejum) e quando ocorre a ingestão excessiva de proteína. Por fim, é aceitável que o N ingerido não foi influenciado significativamente pelos tratamentos, porém os resultados da ingestão de N g/dia (27,09; 26,44 e 28,57), Tabela 8, reiteram a explanação do autor mencionado sobre excreção de N.

De acordo com Dourmad et al. (1999), a redução na eliminação do N urinário resulta no decréscimo do montante de N absorvido através do intestino e no acréscimo na utilização do N, isto é, N retido como percentual do N ingerido e N retido como percentual do N absorvido.

¹ Valores seguidos por letras minúsculas diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade; Tratamentos - FP: Farinha de peixe, PCS: Proteína concentrada de soja, FS: Farelo de soja (n=8); CV: Coeficiente de variação.

As fontes proteicas não influenciaram ($p>0,05$) os valores de proteína bruta consumida (PBC), proteína bruta excretada nas fezes (PBF), proteína bruta excretada na urina (PBU), proteína bruta retida (PBR), valor biológico da proteína dietética (VBPD) e utilização líquida proteica (ULP), Tabela 9.

Tabela 9. Balanço proteico em suínos machos inteiros na fase inicial alimentados com diferentes fontes proteicas.

Variáveis analisadas	Fontes proteicas*			P valor	CV (%)
	FP	PCS	FS		
Proteína bruta consumida (g/dia)	169,36	165,26	178,60	0,82	25,61
Proteína bruta fecal (g/dia)	21,99	20,04	24,93	0,52	38,30
Proteína bruta da urina (g/dia)	33,74	33,92	37,73	0,57	23,30
Proteína bruta retida (g/dia)	113,62	111,29	115,93	0,95	27,52
Valor biológico da proteína dietética (%)	76,80	76,30	74,72	0,63	5,92
Utilização líquida proteica (%)	66,80	67,22	64,62	0,29	5,28

*Tratamento - FP: Farinha de peixe, PCS: Proteína concentrada de soja, FS: Farelo de soja Coeficiente de CV: variação.

A ausência de efeito das fontes proteicas sobre a PBC pode estar correlacionada à ausência de significância para a variável N ingerido, tendo em vista que ambas estão interligadas (CASTILHA et al., 2013). A ULP variou entre 64,62 e 67,22%; estando próxima à obtida (65,5 e 60,8%) por Oliveira et al. (2005), que trabalharam com o conceito de proteína ideal e níveis de 12 e 14% de PB nas rações, respectivamente.

Para o experimento de desempenho, não houve efeito de interação ($p>0,05$) de sexo e fontes proteicas sobre as variáveis (CDR, GDP, CA e PF) nas fases pré-inicial I, pré-inicial II, inicial e período total.

Não houve diferença ($p>0,05$) entre classes de sexo em nenhuma das variáveis de desempenho analisadas durante as fases pré-inicial I e pré-inicial II. Entretanto, na fase inicial e período total, houve diferença ($p<0,01$) apenas no consumo diário de ração (CDR), em que as fêmeas apresentaram CDR superior em relação aos machos, com valores médios de 0,80 e 0,73 e de 0,48 e 0,45, respectivamente (Tabela 10).

Tabela 10. Desempenho de leitões alimentados com diferentes fontes proteicas na fase de creche de acordo com as combinações de sexo.¹

¹ *lsmeans* seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade; PF: peso final, GDP: ganho diário de peso, CDR: consumo diário de ração, CA: conversão alimentar, CV: coeficiente de variação.

<u>Sexo</u>	<u>CDR</u>	<u>GDP</u>	<u>CA</u>	<u>PF</u>
Fase pré-inicial I (de 6,79 a 10,07 kg)				
Macho	0,27	0,21	1,30	9,98
Fêmea	0,28	0,21	1,31	10,07
<u>CV (%)</u>	<u>10,34</u>	<u>14,21</u>	<u>16,10</u>	<u>11,59</u>
Fase pré-inicial II (de 10,08 a 13,13 kg)				
Macho	0,47	0,31	1,52	13,05
Fêmea	0,49	0,32	1,54	13,13
<u>CV (%)</u>	<u>12,79</u>	<u>14,24</u>	<u>10,15</u>	<u>9,71</u>
Fase inicial (de 13,14 a kg 21,55 kg)				
Macho	0,73 ^b	0,51	1,43	21,04
Fêmea	0,80 ^a	0,54	1,49	21,55
<u>CV (%)</u>	<u>10,77</u>	<u>12,83</u>	<u>11,08</u>	<u>7,60</u>
Período total (de 6,79 a 21,55 kg)				
Macho	0,45 ^b	0,32	1,38	20,70
Fêmea	0,48 ^a	0,34	1,41	21,43
<u>CV (%)</u>	<u>9,56</u>	<u>10,10</u>	<u>4,48</u>	<u>7,60</u>

machos castrados proporcionam aumento do consumo de ração e redução da capacidade de deposição de proteína aos tecidos musculares, quando comparados com fêmeas, o que não ocorreu neste experimento.

Efeito análogo de desempenho para sexo foi relatado por Silva et al. (2000), que trabalharam com edulcorante na água de consumo, no qual as fêmeas apresentaram melhor GDP e CDR nas fases compreendidas entre 30 a 45 dias e 45 a 62 dias. Os autores ainda argumentaram uma suposição de que os machos superariam o ganho de peso das fêmeas até a idade de abate, pelo fato do seu desenvolvimento diferenciado.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as fontes proteicas em nenhuma das variáveis de desempenho analisadas durante as fases pré-inicial I e pré-inicial II (Tabela 11). No entanto, na fase Inicial e período total, houve diferença ($p<0,01$) no consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e peso final (PF), sendo maior para os animais que receberam a ração com PCS quando comparada à ração controle, em ambas as variáveis.

Esses dados estão discrepantes com outras literaturas, visto que de acordo com Fuller (1980), as diferenças de desempenho resultam de mudanças que acompanham o desenvolvimento sexual do animal, o que não pode ser averiguado precocemente. Nessa mesma linha de raciocínio, Xue et al. (1997) mencionaram que os hormônios envolvidos na fisiologia reprodutiva (andrógenos e estrógenos) exercem seus efeitos anabólicos por diferentes mecanismos no organismo dos suínos e a ausência destes hormônios sexuais em

Tabela 11. Desempenho de leitões na fase de creche de acordo com as combinações de fontes proteicas.¹

Fontes proteicas	CDR	GDP	CA	PF
Fase inicial (de 13,14 a 22,18 kg)				
FP	0,79 ^{ab}	0,53	1,48	21,62 ^{ab}
PCS	0,80 ^a	0,56	1,43	22,18 ^a
FS	0,71 ^b	0,48	1,47	20,09 ^b
CV (%)	10,77	12,83	11,08	7,60
Período total (de 6,79 a 22,18 kg)				
FP	0,47 ^{ab}	0,33 ^{ab}	1,40	21,62 ^{ab}
PCS	0,49 ^a	0,35 ^a	1,37	22,18 ^a
FS	0,44 ^b	0,31 ^b	1,41	20,09 ^b
CV (%)	9,56	10,10	5,31	7,60

De modo semelhante, Bertol et al. (2001)

testaram subprodutos da soja, entre eles a PCS para leitões desmamados aos 21 dias de idade e dissertaram que a substituição parcial do farelo de soja (FS) por qualquer uma das fontes processadas de soja melhorou os parâmetros de desempenho.

A redução da profundidade de cripta no intestino delgado dos leitões que receberam as dietas com PCS indica o menor nível de agressão à morfologia da parede intestinal em comparação com o FS (BERTOL et al., 2000).

Ainda assim, é possível que a qualidade proteica das fontes estudadas favoreceu as diferenças significativas para peso final, uma vez que pode haver alterações fisiológicas e bioquímicas, com o objetivo de manter as funções do organismo, enfatizando redução do desempenho, por consequência da degradação de proteína dos tecidos (MILLWARD, 1989). Bertechini (2012) argumenta que as composições das fontes proteicas apresentam balanços de

¹ *Ismeans* seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si, pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade; PF: peso final, GDP: ganho diário de peso, CDR: consumo diário de ração, CA: conversão alimentar, Fontes proteicas: FP (farinha de peixe), PCS (proteína concentrada de soja) e FS (Farelo de soja); CV: coeficiente de variação.

Estes resultados são pertinentes aos obtidos neste estudo (Tabela 11), visto que o FS apresenta alguns inconvenientes na alimentação de leitões em idade precoce, relacionados com a baixa digestibilidade e a presença das proteínas antigênicas glicinina e β -conglucina. Assim, estas propriedades antinutricionais ocasionam alterações na mucosa intestinal, e, por consequência, na taxa de crescimento dos leitões após o desmame (BERTOL et al., 2001; HÖTZEL e MACHADO FILHO, 2004), reduzindo a capacidade absorptiva e digestiva do TGI.

aminoácidos que não atendem aos perfis das necessidades metabólicas de manutenção, turnover proteico, crescimento de tecidos e produtos. Em consequência, a ingestão da dieta imbalanceada (desequilibrada) compromete no decréscimo de consumo e retardamento no crescimento.

Para as variáveis sanguíneas, a ureia não apresentou efeito de interação entre as fontes proteicas e sexo nas fases pré-inicial II e inicial. Os valores encontrados variaram de 31,38 a 59,66 mg/dL, estando próximo ao intervalo estabelecido de 13 a 45 mg/dL para ureia.

Merece destaque avaliações de ureia sanguínea em experimentos com fontes e níveis proteicos/aminoacídicos, para não ruminantes, uma vez que o seu teor no sangue pode expressar o estado nutricional/metabólico do animal, bem como a qualidade/digestibilidade e nível proteico das dietas, além do funcionamento renal, em razão de que a ureia é o principal produto do catabolismo de proteínas em mamíferos (OROK e BOWLAND, 1975; MILLWARD, 1989; ZANGERONIMO, 2007).

A avaliação do nitrogênio plasmático mostra o adequado fornecimento de aminoácidos na dieta, dependendo tanto da qualidade quanto da quantidade no seu fornecimento (COMA et al., 1995). O nitrogênio da ureia apresenta-se como um bom parâmetro para mostrar o que foi aproveitado dos aminoácidos dietéticos pelos suínos (FRAGA et al., 2008), e a concentração de ureia no sangue pode dizer qual a condição nutricional do animal, assim como a qualidade da proteína que foi fornecida (WEI e ZIMMERMAN, 2003).

Pimenta et al. (1998) verificaram que os níveis séricos da concentração plasmática de ureia (CPU) está relacionado também ao genótipo da espécie constatando que animais selecionados geneticamente para características de carne e carcaça obtiveram uma CPU inferior em relação a de animais selecionados para aptidão reprodutiva.

Para ambas as características na fase pré-inicial II foi obtida diferença ($p < 0,05$) entre as fontes proteicas (Tabela 12). Os suínos alimentados com FP e PCS apresentaram menores níveis de ureia ($p < 0,05$) quando comparadas ao controle, obtendo-se valores de 34,02; 33,88 e 38,80 mg/dL, respectivamente (Tabela 12). Também, houve efeito significativo ($p < 0,05$) para a glicose sanguínea na fase pré-inicial II, em que os animais alimentados com a fonte proteica PCS apresentaram maior nível ($p < 0,05$) quando confrontados ao da FP. Os valores encontrados foram de 110,85; 103,76 e 109,72 mg/dL, respectivamente, estando próximos ao intervalo estabelecido de 65 a 106 mg/dL para glicose.

Não foi obtida diferença ($p > 0,05$) entre as fontes proteicas sobre a glicose sanguínea na fase Inicial, no entanto para a variável ureia na fase inicial os animais recebendo rações à base

da fonte proteica FP apresentaram menor nível de ureia ($p < 0,05$) em relação à ração controle, obtendo-se valores de 50,33; 53,00 e 58,23 mg/dL, respectivamente (Tabela 12).

Tabela 12. Ureia e glicose plasmáticas (mg/dL) nas fases pré-inicial II e inicial de acordo com as combinações de fontes proteicas.

Variável	Fontes de proteína			CV (%)
	FP	PCS	FS	
Fase pré-inicial II (de 10,08 a 13,13 kg)				
Ureia	34,02 ^b	33,88 ^b	38,80 ^a	27,69
Glicose	103,76 ^b	110,85 ^a	109,72 ^a	9,41
Fase inicial (de 13,14 a 21,55 kg)				
Ureia	50,33 ^b	53,00 ^{ab}	58,23 ^a	14,63
Glicose	100,40	99,80	100,66	9,00

¹Ismeans seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade; Fontes proteicas: FP (farinha de peixe), PCS (proteína concentrada de soja) e FS (Farelo de soja); CV: coeficiente de variação.

Neste contexto, é plausível que a qualidade proteica da farinha de peixe e proteína concentrada de soja seja relativamente superior quando contrapostos à ração controle, haja vista a concentração plasmática de ureia (CPU). Sugere-se também que o baixo valor biológico da proteína está intimamente relacionado ao catabolismo dos aminoácidos, ocasionando aumento dos níveis séricos da CPU (PUCHAL et al., 1962; KEPHART e SHERRIT, 1990; ALLEN et al., 1996).

Na fase de crescimento dos animais as necessidades nutricionais e fisiológicas são alteradas e com isso os níveis proteicos nas rações também, até que se estabeleça um platô. Notadamente, na fase Inicial os suínos apresentaram expressivo aumento na concentração de ureia sanguínea em relação à fase anterior. Possivelmente devido à composição da ração na fase pré-inicial II utilizar ingredientes que apresentam melhor qualidade e digestibilidade da proteína bruta, gerando menores concentrações de metabólitos.

Para a glicose sanguínea, não houve efeito ($p > 0,05$) de interação entre as fontes proteicas e sexo nas fases pré-inicial II e inicial. Os valores médios encontrados variaram de 97,30 a 112,66 mg/dL.

O aumento da atividade das enzimas do ciclo da ureia é essencial para conversão da amônia, gerada a partir da desaminação oxidativa dos metabólitos proteicos, em ureia (CHEN et al., 1999). Todavia, as rotas metabólicas para síntese de ureia pelo fígado consomem energia

(EISEMANN e NIENABER, 1990), em que o combustível mais utilizado é a glicose, um monossacarídeo altamente energético cuja quebra no interior das células libera a energia armazenada em moléculas de Adenosina Trifosfato (ATP). O aumento na síntese de ureia ou da CPU poderá aumentar o gasto de energia pelo fígado e concomitante reduzir a glicose que seria destinada para outros fins.

Não foi obtida diferença ($p>0,05$) entre as classes de sexo sobre a ureia e glicose sanguíneas na fase pré-inicial II, porém na fase Inicial os machos apresentaram menores níveis de ureia ($p<0,05$) em relação às fêmeas, apresentando valores de 50,60 e 57,11 mg/dL, respectivamente (Tabela 13).

Tabela 13. Ureia e glicose (mg/dL) nas fases pré-inicial II e inicial de acordo com as combinações de sexo.

Variável	Sexo		CV (%)
	Fêmea	Macho	
Fase pré-inicial II (de 10,08 a 13,13 kg)			
Ureia	36,93	34,19	27,69
	106,64	109,58	9,41
Fase inicial (de 13,14 a 21,55 kg)			
Ureia	57,11 ^a	50,60 ^b	14,63
Glicose	98,81	101,76	9,0

Xue et al. (1997) citaram que a ausência dos hormônios sexuais em machos castrados proporcionam redução da capacidade de deposição de proteína aos tecidos musculares, quando comparados com fêmeas. Ainda, a taxa de deposição muscular de machos inteiros é maior e mais acelerada em relação às fêmeas, que ocorre em uma velocidade mais lenta, com maturidade de deposição proteica mais tardia, porém em maior quantidade de utilização de compostos nitrogenados (ureia) por um período maior, proporcionando tais resultados (Tabela 13).

¹ *Ismeans* seguidas por letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade; CV: coeficiente de variação.

É sabido que o sexo interfere no metabolismo proteico, principalmente no que concerne à fase Inicial, em que os níveis de PB são parcialmente discrepantes (ROSTAGNO et al., 2011). Corroborando esta ideia, Chen et al. (1999) reiteraram que o aumento da CPU pode ser ocasionada aumentando-se os níveis proteicos da dieta fornecida aos leitões.

3.4 Conclusão

A utilização de ração à base de farelo de soja como fonte proteica convencional na fase inicial melhora a digestibilidade da proteína e influencia na excreção total de nitrogênio.

O uso de farinha de peixe e proteína concentrada de soja em rações melhora o peso final dos animais na fase inicial e reduz os níveis de ureia plasmática nas fases pré-inicial II e inicial.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É discutível, entre os nutricionistas, a utilização dos níveis de proteína no período de creche, bem como as fontes de ingredientes proteicos utilizadas para formular rações para leitões desmamados, em virtude da digestibilidade e palatabilidade do alimento. Para tanto, como fonte primária proteica e de origem vegetal única, as rações são confeccionadas utilizando-se o farelo de soja. Em contrapartida, as rações para leitões são complexas e merece destaque a utilização de distintas fontes proteicas.

Os produtos processados da soja apresentam vantagens nutricionais em relação ao farelo de soja, como: baixos inibidores de tripsina, destacando Kunitz e Bowman-birk; menores níveis de proteínas antigênicas, destacando 2S, 7S e 11S, beta-conglicina e glicina; e redução dos teores de lectinas. Um fator a ser considerado relevante na qualidade destes produtos é no que diz respeito ao processamento, pelo fato de que altas temperaturas, assim como baixas (pode ser extrusão, tanto a seca, como úmida) a que são submetidos acabam desfavorecendo essas vantagens, causando baixo valor nutricional e menor coeficiente de digestibilidade.

Para uma discussão mais aceitável sobre o processamento térmico dos produtos processados da soja é importante à análise da solubilidade proteica, além, do valor de atividade da urease. Estes resultados indicam como a variabilidade no processamento de ingredientes pode provocar diferentes respostas no metabolismo de suínos.

A farinha de peixe é tradicionalmente reconhecida como uma proteína de alta digestibilidade com alto teor de aminoácidos. No entanto, a qualidade da farinha de peixe varia dependendo do tipo e a espécie de peixe, a frescura do peixe antes da transformação e o modo de processamento da farinha, muitas vezes resultando em produtos com baixo teor proteico, mas excesso de minerais, o que reduz seu valor nutritivo. Por fim, pesquisas adicionais são necessárias para determinar os efeitos de incluir farinhas de peixe em dietas para leitões desmamados, bem como estudos em ensaios de digestibilidade.

Enfim, as fontes proteicas pesquisadas nessa dissertação apresentam vantagens nutricionais na utilização de rações pós-desmame, justamente pelos fatores supracitados. Ademais, são necessárias informações mais recentes sobre distintas fontes proteicas na nutrição de leitões para convalidar os resultados já existentes, além de contribuir com maior número de referências sobre fontes proteicas de origem vegetal, bem como para a utilização de fontes proteicas de origem animal, ainda pouco pesquisadas.

4.1 Referências

- ADEOLA, O. Digestion and balance techniques in pigs. In: LEWIS, A. J.; SOUTHERN, L. L. **Swine Nutrition**. 2Ed. Boca Raton: CRC, p. 903-916, 2001.
- ALLEN, P.C. et al. Diets high in n-3 fatty acids reduce cecal lesion scores in chickens infected with *Eimeria tenella*. **Poultry Science**, v. 75, n. 2, p. 179-185, 1996.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. 2ª Edição Lavras: Editora UFLA, 2012. 373 p.
- BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V. Determinação dos valores de energia e do balanço de nitrogênio de alguns alimentos para leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 6, p. 1279-1287, 1999.
- BERTOL, T.M. et al. Efeito de diferentes fontes proteicas sobre desempenho, composição corporal e morfologia intestinal em leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1735-1742, 2000.
- BERTOL, T.M. et al. Proteínas da soja processadas de diferentes modos em dietas para desmame de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 150-157, 2001.
- CAI, Y. et al. Diurnal variation in concentrations of plasma urea nitrogen and amino acids in pigs given free access to feed or fed twice daily. **Journal of Nutrition**, v. 124, n. 7, p. 1088-1093, 1994.
- CASTILHA, L. D. et al. Nitrogen balance of barrows (15-30 kg) fed low protein and different digestible isoleucine levels. **Archivos de Zootecnia**, v. 62, n. 240, p. 623-626, 2013.
- CHEN, H.Y. et al. The effect of excess protein on growth performance and protein metabolism of finishing barrows and gilts. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 12, p. 3238-3247, 1999.
- COMA, J. et al. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirements of pigs. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 472-481, 1995.
- DOURMAD, J. Y. et al. Nitrogen consumption, utilisation and losses in pig production in France, The Netherlands and Denmark. **Livestock Production Science**, v. 58, n. 3, p. 261-264, 1999.
- EISEMANN, J.H.; NIENABER, J.A. Tissue and whole-body oxygen uptake in fed and fasted steers. **British Journal of Nutrition**, v. 64, n. 02, p. 399-411, 1990.
- FRIESEN, K.G. et al. Effect of extrusion parameters. **Feed International**, v. 13, n. 9, p. 5055, 1992.
- FRIESEN, K.G. et al. The effect of moist extrusion of soy products on growth performance and nutrient utilization in the early weaned pig. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 8, p. 2099-2109, 1993.

- FRAGA, A.L. et al. Lysine requerimento of starting barrows from two genetic groups fed on low crude protein diets. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, n.1, p.4956, 2008.
- FULLER, M.F. **Recent advances in animal nutrition**. Butterworths. London, p. 157-159, 1980.
- HANSEN, J.A. et al. Amino acid supplementation of low-protein sorghum-soybean meal diets for 5- to 20-kilogram swine. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 452-458, 1993.
- HEO, J. M. et al. Feeding a diet with decreased protein content reduces indices of protein fermentation and the incidence of postweaning diarrhea in weaned pigs challenged with an enterotoxigenic strain of *Escherichia coli*. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 9, p. 2833-2843, 2009.
- HERMES, R.G. et al. Effect of dietary level of protein and fiber on the productive performance and health status of piglets. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 11, p. 3569-3577, 2009.
- HÖTZEL, M.J.; MACHADO FILHO, L.C.P. Comportamento e bem estar de leitões em relação à idade do desmame. **Revista Porkworld**, v. 21, p. 34-38, 2004.
- HTOO, J. K. et al. Effect of dietary protein content on ileal amino acid digestibility, growth performance, and formation of microbial metabolites in ileal and cecal digesta of earlyweaned pigs. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 12, p. 3303-3312, 2007.
- KEPHART, K.B.; SHERRITT, G.W. Performance and nutrient balance in growing swine fed low-protein diets supplemented with amino acids and potassium. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 7, p. 1999-2008, 1990.
- KIM, J. C. et al. Addition of oat hulls to an extruded rice-based diet for weaner pigs ameliorates the incidence of diarrhea and reduces indices of protein fermentation in the gastrointestinal tract. **British Journal of Nutrition**. v. 99, p. 1217-1225, 2008.
- LALLÈS, J. P. et al. Weaning a challenge to gut physiologists. **Livestock Production Science**, v. 108, p. 82-93, 2007.
- LE BELLEGO, L.; NOBLET, J. Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. **Livestock Production Science**, v. 7, p. 45-58, 2002.
- MARSMAN, G.J.P. et al. The effect of shears forces and addition of a mixture of a protease and a hemicellulase on chemical, physical and physiological parameters during extrusion of soybean meal. **Animal Feed Science Technology**, v. 56, n. 1-2, p. 21-35, 1995.
- MASCARENHAS, A. G. et al. Avaliação de dietas fornecidas dos 14 aos 42 dias de idade sobre o desempenho e a composição de carcaça de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 6, p. 1319-1326, 1999.
- MATTERSON, L.D. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Research Report Connecticut Agricultural Experiment Station**, v.7, n.1, p.11-14, 1965.

- MILLWARD, D.J. The nutritional regulation of muscle growth and protein turnover. **Aquaculture**, v. 79, n. 1-4, p. 1-28, 1989.
- MOLLY, K. Formulating to solve the intestinal puzzle. **Pig Progress**, v. 17, p. 20-22, 2001.
- MOREIRA, I. et al. Uso do milho e soja integral processados a calor na alimentação de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 22, n. 5, p. 764-772, 1993.
- MOREIRA, I. et al. Uso de soja integral processados a calor na alimentação de leitões de 21 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 1, p. 57-64, 1994.
- NOBLET, J., SHI, X.S. Effect of body weight on digestive utilization of energy and nutrients of ingredients and diets in pigs. **Livestock Production Science**, v. 37, n. 3, p. 323-338, 1994.
- OLIVEIRA, V. et al. Teor de proteína no metabolismo do nitrogênio e da energia em suínos durante o crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 4, p. 866-874, 2005.
- OROK, E.J.; BOWLAND, J.P. Rapeseed, peanut and soybean meals as protein supplements: Plasma urea concentrations of pigs on different feed intakes as indices of dietary protein quality. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 55, n. 3, p. 347-351, 1975.
- PARTANEN, K.H.; MROZ, Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. **Nutrition Research Reviews**, v. 12, p. 117-145, 1999.
- PARTRIDGE, G.G.; GILL, B.P. New approaches with pig weaner diets. In: GARNSWORTHY, P.C.; COLE, D.J.A. (Eds.) **Recent advances in animal nutrition**. Nottingham: University Press. p.221-248, 1993.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v.2, p.1303-1306, 1968.
- PELICANO, E.R.L. et al. Carcass and cut yields and meat qualitative traits of broilers fed diets containing probiotics and prebiotics. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 7, n. 3, p. 169-175, 2005.
- PIMENTA, M. et al. Efeito de níveis crescentes de proteína no balanço proteico e energético e teor de ureia sanguínea de dois genótipos de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, v. 35, Botucatu, SP. **Anais...**, Botucatu:SBZ, p. 460-462, 1998.
- PLUSKE, J. R. et al. Nutritional influences on some major enteric bacterial diseases of pigs. **Nutrition Research Reviews**, v. 15, p. 333-371, 2002.
- PUCHAL, F. et al. The free blood plasma amino acids of swine as related to the source of dietary proteins. **Journal of Nutrition**, v. 76, p. 11-16, 1962.
- ROJAS, O. J.; STEIN, H. H. Concentration of digestible, metabolizable, and net energy and digestibility of energy and nutrients in fermented soybean meal, conventional soybean meal, and fish meal fed to weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 9, p. 4397-4405, 2013.

- ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos**. 3ª edição, Viçosa, MG: UFV, 252 p., 2011.
- SAKOMURA, N.K. et al. **Nutrição de Não ruminantes**. Jaboticabal, SP: Editora Funep, 2014.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2016, 262p.
- SILVA, C.A. et al. Edulcorante na água de consumo e efeitos sobre o desempenho e o desenvolvimento da mucosa intestinal de leitões submetidos ao desmame precoce segregado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1770-1776, 2000.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235p.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS/STAT User's guide**. Version 9.4, Cary: 2008.
- SULABO, R.C. et al. Nutritional value of dried fermentation biomass, hydrolyzed porcine intestinal mucosa products, and fish meal fed to weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 6, p. 2802-2811, 2013.
- SWICK, R.A. **Role of growth promotants in poultry and swine feed**. 1996. Acesso em: 20/01/2017. Online. Disponível em: <http://www.asasea.com/technical/an04-1996.html>.
- WEI, R.; ZIMMERMAN, D.R. An evaluation of the NRC (1998) growth model in estimating lysine requirements of barrows with a lean growth rate of 348 g/d. **Journal of Animal Science**, v. 81, p.1772-1780, 2003.
- XUE, J.L. et al. Performance, carcass, and meat quality advantages of boars over barrow: A literature review. **Journal of Swine Health and Production**, v. 5, n. 1, p. 21-28, 1997.
- ZANGERONIMO, M.G. et al. Efeito de níveis de lisina digestível verdadeira e proteína bruta na dieta sobre parâmetros morfo-fisiológicos e utilização do nitrogênio em suínos na fase inicial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 506-513, 2007.