

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

NÍVEIS DE TRIPTOFANO E LISINA PARA SUÍNOS MACHOS
INTEIROS DE 25 A 50 KG

Acadêmico: Kevyn Napoleão Moraes Pereira

AQUIDAUANA – MS
MARÇO 2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

NÍVEIS DE TRIPTOFANO E LISINA PARA SUÍNOS MACHOS
INTEIROS DE 25 A 50 KG

Acadêmico: Kevyn Napoleão Moraes Pereira
Orientador: Prof. Dr. Tiago Junior Pasquetti
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia”

AQUIDAUANA – MS

MARÇO 2022

P492n Pereira, Kevyn Napoleão Moraes

Níveis de triptofano e lisina para suínos machos inteiros de 25 a 50 kg / Kevyn Napoleão Moraes Pereira. – Aquidauana, MS: UEMS, 2023. 68f.

Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação) – Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2023.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Junior Pasquetti.

1. Aminoácidos 2. Baixa proteína bruta 3. Desempenho
I. Pereira, Kevyn Napoleão Moraes II. Título

CDD 23. ed. - 636.4

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL**

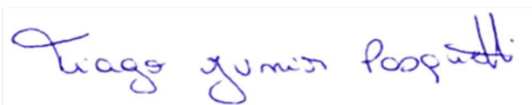
KEVYN NAPOLEÃO MORAES PEREIRA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

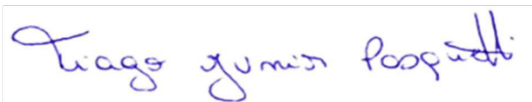
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 04/03/2022.



Dr. Tiago Junior Pasqueti (Orientador)



Dr. Paulo Cesar Pozza, UEM
(via videoconferência)



Dr. Leandro Dalcin Castilha, UEM
(via videoconferência)

Dedicatória

Ofereço humildemente a Deus, que se faz presente em todos os lugares e agradeço por estar sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis, permitindo o progresso na minha longa caminhada.

Dedico

também a minha esposa, aos meus pais, irmãos, familiares e amigos, que sempre me apoiaram e nunca mediram esforços para me ajudar, incentivar e torcer por mim.

Epígrafe

*“Talvez não tenha conseguido
fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.
Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus,
não sou o que era antes”.*

Marthin Luther King

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus, por tudo que tem feito e por ter me guiado e também pelas pessoas que me ajudaram na execução deste projeto.

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, por todo apoio concedido para a realização deste projeto.

À minha esposa Camila que amo muito e sempre esteve ao meu lado me apoiando nos momentos mais difíceis, suportando a longa distância por longos meses, sempre se preocupando comigo e me ajudando em minha caminhada.

Aos meu pais Carlos Pereira e Adair Jorge de Moraes Pereira, que estiveram sempre ao meu lado, acreditando e me incentivando e acima de tudo, a me tornar a pessoa que sou hoje.

Aos meus irmãos Carlinhos e Wesley que sempre me apoiaram na medida do possível.

Aos professores Tiago Junior Pasquetti, Paulo Levi, Newton Escocard, Andréa Souza e Silvana Teixeira por passar grande conhecimento e ajudar diretamente dispondo de tempo e total dedicação, mesmo nas horas mais difíceis. Em especial ao professor Tiago que me aceitou e me orientou em mais um desafio, disponibilizando de total atenção no projeto.

Ao grupo GENUMO (Grupo de Estudos em Nutrição de Monogástricos), pelo apoio incondicional. Agradeço ao GEPS de Marechal Cândido Rondon - Paraná, por me acolherem tão bem e serem receptivos, pois sem a ajuda dos colegas a execução deste projeto seria impossível.

Ao CNPQ pelo aporte financeiro para esta pesquisa. À CAPES e PIBAP pela bolsa concedida. A COPAGRIL, TECTRON pelos insumos fornecidos para este estudo. A UNIOESTE por proporcionar a condução do experimento e aos funcionários envolvidos.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma me auxiliaram na execução deste trabalho, que contribuíram direta ou indiretamente com ações ou até mesmo palavras.

Obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
Capítulo I – Considerações gerais	11
Resumo.....	11
1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	1
2.1. Suínos machos inteiros: uma realidade na produção nacional.....	1
2.2. Utilização dos aminoácidos e sua relação com a proteína	3
2.3. Metabolismo da Lisina (Lys) e seus efeitos em suínos.....	5
2.4. Metabolismo de triptofano (Trp) e seus metabólitos	7
2.5. Efeitos de Trp e Lys em suínos.....	10
2.6. Variáveis plasmáticas como indicadores de desempenho.....	12
2.7. Efeitos do triptofano da dieta sobre o comportamento de suínos	13
3. Objetivos	15
3.1. Objetivo geral	15
3.2 Objetivos específicos	15
4. Referências Bibliográficas.....	16
Resumo.....	23
Introdução	24
Material e métodos.....	25
Análise estatística	29
Resultados	32
Discussão.....	39
Referências	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição centesimal, química e energética das dietas experimentais para suínos machos inteiros de 25 a 50 kg de peso corporal...	27
Tabela 2. Desempenho zootécnico de suínos machos inteiros, de 25 a 50 kg alimentados com níveis de triptofano e lisina digestíveis ileais estandardizados (DIE).....	32
Tabela 3. Variáveis plasmáticas de suínos machos inteiros (25 a 50 kg) alimentados com diferentes níveis de triptofano e lisina digestível ileal estandardizados (DIE).	34
Tabela 4. Modelos de regressão logística múltipla do comportamento de ficar em pé (y) de suínos em função dos níveis de triptofano (Trp) e lisina (Lys) nas rações, em cada período e horário do dia (horas).	36
Tabela 5. Modelos de regressão logística múltipla do comportamento de dormir (y) de suínos em função dos níveis de triptofano (Trp) e lisina (Lys) nas rações, em cada período e horário do dia (horas).	37
Tabela 6. Modelos de regressão logística múltipla do comportamento de comer (y) de suínos em função dos níveis de triptofano (Trp) e lisina (Lys) nas rações, em cada período e horário do dia (horas).	37
Tabela 7. Modelos de regressão logística múltipla do comportamento de interagir (y) de suínos em função dos níveis de triptofano (Trp) e lisina (Lys) nas rações, em cada período e horário do dia (horas).....	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Biossíntese de lisina a partir do glutamato (Adaptado de Nelson e Cox, 2014).....	6
Figura 2. Estrutura do triptofano, constituinte do grupo R aromáticos (Adaptado de Nelson e Cox, 2014)	8
Figura 3. O triptofano como precursor da serotonina. Os anéis aromáticos do triptofano originam a serotonina (Adaptado de Nelson e Cox, 2014).....	8
Figura 4. Regulação alostérica da glutamina-sintetase pelo Trp e outros produtos finais (Adaptado de Nelson e Cox, 2014).....	9
Figura 5. Síntese de α -cetoadipato a partir de Trp e Lys (Adaptado de Nelson e Cox, 2014).....	10
Figura 6. Estimativa de GPD por meio da equação $GPD=1,099-0,2395/Trp$; $R^2=24,65\%$, em função dos níveis de Trp DIE; Estimativa de PCF por meio da equação $PCF=54,05-6,345/Trp$; $R^2= 20,68\%$, em função dos níveis de Trp DIE.	33
Figura 7. Estimativa de ALB por meio da equação $ALB=4,71-2,66/Trp$, $R^2=72,28\%$, em função dos níveis de Trp DIE; Estimativa de NUP por meio da equação $NUP=11,84-1,795Trp$, $R^2=75,92\%$ em função dos níveis de Trp DIE.	35
Figura 8. Estimativa de ALT por meio da equação $ALT= -47,86-72,51Trp+183,68Trp^{0,5}$, $R^2=49,36\%$, em função dos níveis de Trp DIE; Estimativa de FA por meio da equação $FA= 4882,85+454,78Lys-2925,65Lys^{0,5}$, $R^2=97,47\%$, em função dos níveis de Lys DIE.....	35
Figura 9. Gráficos de Superfície de Resposta da probabilidade da ocorrência dos comportamentos em pé (a), dormir (b) e interagir (d) no período total (24h) e comer (c) no período da tarde (12h00-18h00) para suínos machos inteiros de 25 a 50 kg alimentados com diferentes níveis de Trp e Lys digestíveis ileais estandardizados (DIE).	38

Capítulo I – Considerações gerais

Resumo

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar os níveis ótimos e a relação Trp:Lys digestíveis ileais standardizados (DIE) para suínos machos inteiros dos 25 aos 50 kg de peso corporal. Foram utilizados 64 suínos machos inteiros, de alto potencial genético e desempenho superior, com peso corporal médio inicial de 25,0 kg ($\pm 0,3$). Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, com 16 tratamentos e 4 repetições, em esquema fatorial 4x4, quatro níveis de Trp DIE (1,35, 1,75, 2,15 e 2,55 g/kg) e quatro níveis de Lys DIE (8,0, 9,5, 11,0 e 12,5 g/kg), sendo um animal por unidade experimental. O desempenho foi avaliado por meio do peso corporal final (PCF), ganho de peso diário (GPD), consumo diário de ração (CDR) e eficiência alimentar (EA). Foram avaliadas também as variáveis plasmáticas: albumina (ALB), proteínas totais (PT), nitrogênio uréico plasmático (NUP), creatinina quinase (CK), fosfatase alcalina (FA), glicose (GLI), alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST). Adicionalmente, foi avaliado o comportamento dos animais. Não houve interação Trp:Lys DIE ($P > 0,05$) para as variáveis de desempenho e plasmáticas. Houve efeito de Trp sobre o GPD ($P = 0,0004$) e o PCF ($P = 0,0003$) quando o nível de Trp DIE aumentou. A ALB apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$) conforme o nível de Trp DIE aumentou. A concentração de NUP diminuiu linearmente ($P = 0,0317$) à medida que o Trp DIE aumentou. Considerando o modelo raiz quadrada, o nível de Trp e Lys DIE foi estimado em 1,60 e 10,34 para ALT ($P < 0,001$) e FA ($P = 0,012$), respectivamente. Houve efeito de interação Trp:Lys para o comportamento total (24h00) de ficar em pé ($P = 0,0051$), dormir ($P < 0,001$) e interagir ($P < 0,001$) e no período da tarde para o comportamento comer ($P = 0,050$). Com base nas variáveis de desempenho, plasmáticas e comportamentais, o melhor nível de Trp DIE foi de 2,55 g/kg, para suínos machos inteiros, dos 25 aos 50 kg, alimentados com dietas contendo 140,4 g/kg de proteína bruta.

Palavras-chave: Aminoácidos, baixa proteína bruta, crescimento, desempenho, variáveis plasmáticas.

Abstract

This research was developed with the objective of determining the optimal levels and the standardized ileal digestible Trp:Lys ratio (SID) for whole male pigs from 25 to 50 kg body weight. Sixty-four whole male pigs of high genetic potential and superior performance, with an average initial body weight of 25.0 kg (± 0.3), were used. The animals were distributed in a randomized block experimental design, with 16 treatments and 4 repetitions, in a 4x4 factorial scheme, four levels of Trp SID (1.35, 1.75, 2.15 and 2.55 g/kg) and four levels of Lys SID (8.0, 9.5, 11.0 and 12.5 g/kg), with one animal per experimental unit. Performance was evaluated by final body weight (FBW), daily weight gain (DWG), daily feed intake (DFI) and feed efficiency (FE). Plasma variables were also evaluated: albumin (ALB), total protein (TP), plasma urea nitrogen (PUN), creatine kinase (CK), alkaline phosphatase (ALP), glucose (GLU), alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST). Additionally, the behavior of the animals was evaluated. There was no Trp:Lys SID interaction ($P > 0.05$) for performance and plasma variables. There was an effect of Trp on DWG ($P = 0.0004$) and FBW ($P = 0.0003$) when Trp SID level increased. ALB showed linear increasing effect ($P < 0.05$) as Trp SID level increased. PUN concentration decreased linearly ($P = 0.0317$) as Trp SID increased. Considering the square root model, the Trp and Lys SID level was estimated to be 1.60 and 10.34 for ALT ($P < 0.001$) and ALP ($P = 0.012$), respectively. There was Trp:Lys interaction effect for the total (24:00) behavior of standing ($P = 0.0051$), sleeping ($P < 0.001$) and interacting ($P < 0.001$) and in the afternoon period for eating behavior ($P = 0.050$). Based on performance, plasma and behavioral variables, the best Trp SID level was 2.55 g/kg for whole male pigs from 25 to 50 kg fed diets containing 140.4 g/kg crude protein.

Keywords: Amino acids, low crude protein, growth, performance, plasma variables.

1. Introdução

A alimentação adequada é essencial para o desenvolvimento de suínos em crescimento. Muitos fatores podem afetar a formulação de dietas, especialmente aquelas com baixo teor de proteína (WANG *et al.*, 2019). Nesse sentido, a adição de aminoácidos (AA) industriais à dieta pode ser uma opção interessante, especialmente os aminoácidos essenciais (AAE), como a lisina (Lys) e o triptofano (Trp).

A Lys atua diretamente na eficiência alimentar, promovendo ganho muscular na carcaça (KELLNER *et al.*, 2017). O Trp, além de ser um AA limitante em dietas para suínos, é precursor da serotonina, que está relacionada diretamente com o apetite (HENRY *et al.*, 1992).

Poucos trabalhos relataram o estudo simultâneo de níveis digestíveis ileais padronizados (DIE) de Trp e Lys (GONÇALVES *et al.*, 2018; KELLNER *et al.*, 2017a; LIU *et al.*, 2019), principalmente para suínos machos inteiros alimentados com dietas com proteína bruta baixa. Suínos machos inteiros apresentam desempenho superior aos suínos castrados (SILVA *et al.*, 2011; FERNANDES *et al.*, 2017), principalmente por conta dos níveis mais altos de testosterona.

Diferentes relações Trp:Lys DIE foram estimadas por meio do uso de diferentes modelos (JAYARAMAN *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2017; PASQUETTI *et al.*, 2014).

Com base no exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar simultaneamente os níveis de Trp e Lys digestíveis ileais padronizados para suínos machos inteiros, dos 25 aos 50 kg de peso corporal.

2. Revisão de Literatura

2.1. Suínos machos inteiros: uma realidade na produção nacional

O bem-estar animal é um tema de crescente importância na produção animal, principalmente na produção suína e pode ter um impacto significativo na saúde, bem como na qualidade e segurança dos produtos de origem animal destinados ao consumo humano (BAHELKA *et al.*, 2022).

Até 2020, era proibido no Brasil o abate de suínos machos inteiros, conforme o Art. 104 do Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA. Essa proibição foi estabelecida com o objetivo de evitar que a carne suína com odor e sabor indesejáveis chegasse à mesa do consumidor. No entanto, em 2020, o Decreto nº 10.468 revogou esse artigo, permitindo o abate de animais não castrados (ZOOTECNIA BRASIL, 2022).

Em relação à carne suína, a castração cirúrgica é uma técnica utilizada para tornar a carne mais saborosa e reduzir o odor desagradável, além de diminuir o comportamento agressivo dos machos inteiros causado pela testosterona (THUN *et al.*, 2006).

Além de ser um método invasivo e que causa desconforto ao animal (LUNDSTRÖM; ZAMARATSKAIA, 2006), a castração cirúrgica possui outro efeito negativo em relação ao desempenho do animal, pois a eliminação da síntese de hormônios esteroides ocorre ao remover os testículos (SILVA *et al.*, 2011).

O escatol e a androsterona são subprodutos da degradação do Trp pelas bactérias intestinais presentes nos testículos, sendo eliminados nas fezes e na urina e são responsáveis pelo odor característico dos machos inteiros (SANTOS *et al.*, 2011). Já a androsterona, um composto que possui aroma semelhante à urina ou suor, é perceptível por cerca de dois terços da população humana e pode apresentar variações em relação ao seu odor, dependendo do país ou região em que é produzida. Acredita-se que a deposição de androsterona no tecido adiposo é uma característica fortemente influenciada pela genética, com estimativas de herdabilidade variando entre 0,55 e 0,88 (BAHELKA *et al.*, 2022).

Com isso, novas técnicas têm sido adotadas na produção nacional, como a imunocastração, que permite que o animal seja inteiro durante um período relativamente longo de produção, aproveitando ao máximo o ganho por conta do esteroide, visto que suínos machos inteiros tendem a apresentar maior síntese proteica do que suínos castrados na mesma fase (HOU *et al.*, 2015; WANG *et al.*, 2014).

Houve diferença no consumo entre os animais inteiros e os castrados cirurgicamente com 145 a 150 dias de idade, conforme estudo realizado por Silva *et al.* (2011). Nesse período, os animais imunocastrados consumiram menor

quantidade de ração e apresentaram melhor eficiência alimentar. Foi relatado pelos autores menor apetite desses animais entre 25 a 55 kg e após a aplicação da segunda dose da vacina de imunocastração é crucial para estabelecer um perfil nutricional adequado. Deste modo, os autores sugerem que a aplicação da primeira dose da vacina seja retardada o máximo possível, a fim de maximizar a conversão alimentar.

Um estudo realizado com suínos machos verificou que a não castração cirúrgica dos animais resultou em melhora no ganho de peso, redução da espessura de toucinho e manutenção das características qualitativas da carcaça (FERNANDES *et al.*, 2017).

2.2. Utilização dos AA e sua relação com a proteína

Na produção suína, é possível reduzir o teor de proteína bruta da dieta (PB) quando as exigências de AA e nitrogênio total são atendidas (GLOAGUEN *et al.*, 2014). Os AA são fundamentais na nutrição dos suínos, sendo que a retenção de nitrogênio é um processo metabólico crucial para os suínos em crescimento, visto que o nitrogênio retido é posteriormente depositado na carcaça (SAKOMURA *et al.*, 2014).

Na alimentação de suínos, muitos fatores podem influenciar a aplicação de dietas com baixa proteína, como o ambiente e a fase de crescimento dos animais (WANG *et al.*, 2019). Assim, ao formular essas dietas, é fundamental balancear a proporção de aminoácidos essenciais digestíveis ileais standardizados (DIE) (WANG *et al.*, 2018).

Os AA limitantes na dieta de suínos podem variar conforme as exigências nutricionais dos animais e os ingredientes utilizados na formulação da dieta (NRC, 2012; ROSTAGNO *et al.*, 2017). Os quatro primeiros AA limitantes para suínos são lisina, treonina, metionina e triptofano (KERR *et al.*, 2003), enquanto a valina e a isoleucina são considerados o quinto e sexto AA limitantes para suínos em fase de crescimento e terminação (MAVROMICHALIS *et al.*, 1998).

A necessidade de aminoácidos essenciais digestíveis ileais standardizados (DIE) pode aumentar em dietas com baixa proteína devido à diminuição do suprimento de aminoácidos não essenciais (AANE). Isso ocorre

porque a síntese endógena de AANE depende de N proveniente da catalisação de AAE ou AANE (GLOAGUEN *et al.*, 2014). Portanto, a formulação de dietas com baixa proteína deve levar em consideração o equilíbrio adequado de AAE e AANE para evitar efeitos negativos na qualidade da carne. A utilização de dietas com baixa proteína pode levar ao aumento da espessura de toucinho, devido ao aumento da energia dietética disponível, que pode resultar em maior deposição de gordura (KERR *et al.*, 2003; PALMA-GRANADOS *et al.*, 2017).

Os requisitos de AAE em dietas para suínos em crescimento são geralmente baseados nas recomendações do NRC (2012). No entanto, estudos nacionais seguem as recomendações propostas por Rostagno *et al.* (2017).

A formulação de dietas com baixo teor de proteína tem sido estudada como uma estratégia para reduzir os custos de alimentação e minimizar a excreção de nitrogênio pelos suínos, além de potencialmente promover a saúde intestinal desses animais (WANG *et al.*, 2018).

Além disso, a utilização de dietas com baixa PB e adição de AA industriais é uma estratégia eficaz na redução da ocorrência de diarreia em suínos e na diminuição da emissão de amônia nos galpões. É importante ressaltar que os níveis ótimos de AA podem ser influenciados de acordo com o ambiente em que os suínos estão alojados (MONTORO *et al.*, 2022).

Por outro lado, dietas com alto teor de proteína podem levar a uma alta concentração de AAE, resultando em uma maior excreção de nitrogênio nas fezes e urina, o que pode reduzir a eficiência de utilização do nitrogênio (WANG *et al.*, 2018).

O crescimento e digestibilidade animal são os dois principais sistemas de avaliação para determinar a biodisponibilidade de AA em alimentos para suínos (MOSENTHIN; RADEMACHER, 2003). A digestibilidade da proteína pode ser medida como a porcentagem do conteúdo proteico que é hidrolisada a partir de enzimas digestivas e, em seguida, absorvida pelo organismo formando AA ou algum composto nitrogenado (SGARBIERI, 1987).

Assim, durante o processo digestivo, quando certas ligações peptídicas não são hidrolisadas, uma parte da proteína não é aproveitada e pode ser eliminada pelas fezes ou transformada em outros produtos pelos microrganismos presentes no intestino grosso.

A biodisponibilidade de AA pode ser definida como a proporção de AA na dieta não associada a compostos que possam interferir na digestão, absorção ou utilização para manutenção ou ganho de tecido (ARC, 1981).

A adição de AA na alimentação de animais pode trazer vantagens além do aprimoramento do desempenho animal, como a diminuição da excreção de nitrogênio pelos resíduos, o que é relevante para a preservação ambiental (MARIN *et al.*, 2017).

Além disso, o nitrogênio proveniente dos AA não utilizados no organismo tem um custo energético para o animal, sendo necessário o gasto de três moléculas de ATP para cada molécula de nitrogênio excretada (SAVAGE, 1977).

2.3. Metabolismo da Lisina (Lys) e seus efeitos em suínos

Dos 20 AA que servem como blocos de construção para a biossíntese de proteínas, a Lys é responsável pela maior parte do ganho de proteína corporal de suínos em crescimento e terminação (NRC, 2012). Na prática, a Lys é o primeiro AA limitante em suínos, atuando como material promotor de hipertrofia das fibras musculares e, deste modo, aumenta a síntese proteica no músculo esquelético em vertebrados (ISHIDA *et al.*, 2011; YIN *et al.*, 2018). Além disso, a Lys melhora a eficiência alimentar, favorecendo o ganho muscular na carcaça (KELLNER *et al.*, 2017), razão pela qual é considerada um AAE que pode ser obtido através da dieta ou de fontes de AA industriais, como a L-lisina HCL (NRC, 1998).

A Lys desempenha diversas funções fisiológicas em animais monogástricos. Pode influenciar o metabolismo de outros nutrientes, a produção hormonal e a imunidade. Portanto, compreender essas funções fisiológicas da Lys dentro do corpo animal é crucial para que os pesquisadores e produtores possam utilizar a Lys de forma mais efetiva na manutenção da saúde e produção animal (LIAO *et al.*, 2015).

No entanto, os mecanismos moleculares pelos quais a Lys dietética regula direta ou indiretamente o aumento da proteína muscular e a deposição de gordura em suínos ainda não são claros (WANG *et al.*, 2017). A Lys e a leucina são os únicos AA exclusivamente cetogênicos, em que a acetoacetil-CoA é convertida em acetoacetato e, posteriormente, em acetona e β -hidroxibutirato

(NELSON; COX, 2014). Ela pode ser sintetizada a partir de piruvato e oxaloacetato por transaminação do glutamato (Figura 1).

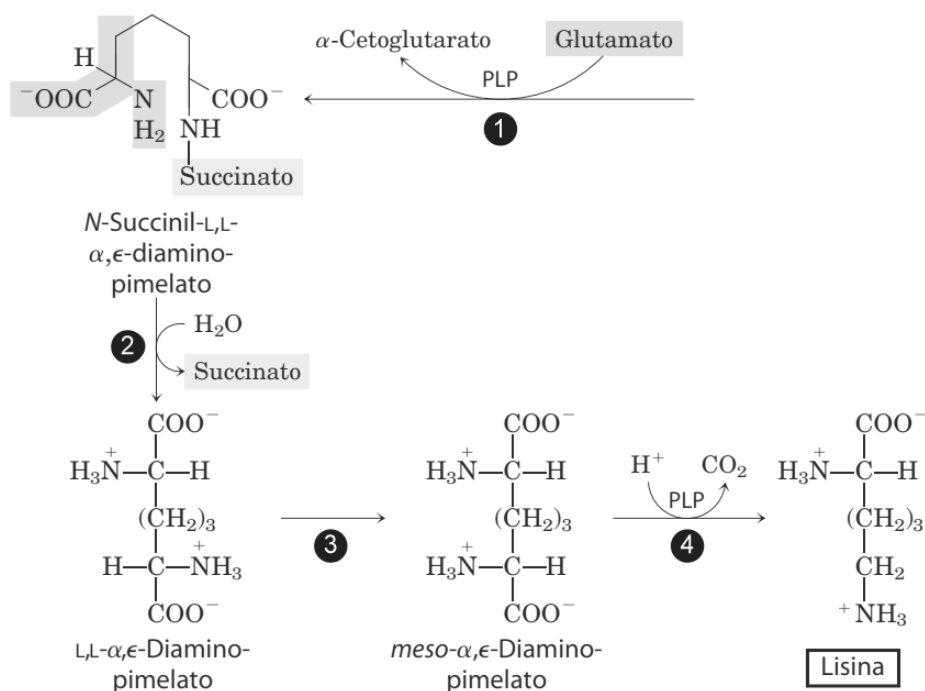


Figura 1. Biossíntese de lisina a partir do glutamato (Adaptado de Nelson e Cox, 2014).

Uma das propriedades da Lys é sua baixa toxicidade, atribuída principalmente à sua absorção lenta na corrente sanguínea, eliminação eficiente pela urina e maior tempo de liberação da circulação para o músculo durante o armazenamento e metabolismo hepático (MARÍN-GARCÍA; LLOBAT, 2021).

A deficiência de Lys pode limitar a síntese de proteínas, visto que a Lys compartilha os mesmos sistemas de transporte da arginina e, assim, a quantidade de Lys disponível na dieta pode afetar o metabolismo da arginina (WU *et al.*, 2000). Dietas com baixo teor de Lys reduzem a expressão de alguns genes, incluindo aqueles que codificam transportadores de AA e proteínas envolvidas no crescimento muscular, como a miosina (MARÍN-GARCÍA; LLOBAT, 2021).

A Lys pode afetar a expressão gênica quando a exigência nutricional é suprida na dieta (MORALES *et al.*, 2015). Segundo os autores, as características da carcaça relacionadas ao músculo foram melhoradas e a expressão da cadeia pesada da miosina IIb (MyHC IIb) no músculo semitendinoso foi maior em suínos alimentados com uma dieta adequada em Lys em comparação aos suínos com deficiência de Lys. Isso sugere que a Lys pode aumentar a taxa de crescimento

muscular, não apenas como um material de construção de proteínas, mas também por influenciar potencialmente o processo de síntese proteica.

A concentração de Lys na dieta tem um impacto significativo no custo da dieta. Embora a exigência biológica de Lys para maximizar a taxa de crescimento possa não corresponder aos requisitos econômicos em diferentes cenários, é essencial garantir níveis adequados de Lys na dieta para maximizar a lucratividade e, ao mesmo tempo, minimizar os impactos ambientais (SONG *et al.*, 2022). Neste sentido, é importante otimizar os níveis de Lys na dieta para alcançar benefícios econômicos e ambientais ideais.

2.4. Metabolismo de triptofano (Trp) e seus metabólitos

O Trp é comumente considerado como o quarto AA limitante em dietas para suínos em produção (JANSMAN *et al.*, 2007). Trp é um aminoácido de cadeia ramificada (AACR) que contém uma cadeia lateral aromática e é relativamente apolar, podendo, ainda, interagir hidrofobicamente com outros AA, como a fenilalanina e a tirosina. Devido à estrutura semelhante, os AACR competem pela absorção, transporte e degradação (REN *et al.*, 2014).

A suplementação dietética de AACR melhora o desempenho de crescimento em suínos alimentados com dietas ligeiramente deficientes em proteínas, provavelmente através da melhoria do perfil metabólico no fígado e no músculo, da capacidade oxidativa do músculo e da concentração plasmática de AACR (SPRING *et al.*, 2020).

A síntese de Trp ocorre a partir do chiquimato, que é então convertido à corismato com a adição de mais três carbonos de outra molécula de fosfoenolpiruvato. Deste modo, o corismato é o primeiro ponto de ramificação da via, em que uma ramificação leva ao triptofano (Figura 2) e outra para a fenilalanina e à tirosina (NELSON; COX, 2014).

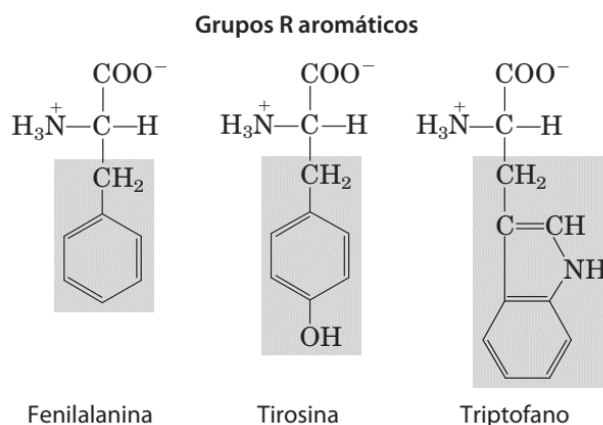


Figura 2. Estrutura do triptofano, constituinte do grupo R aromáticos (Adaptado de Nelson e Cox, 2014)

O Trp juntamente com outros seis AA que são totalmente ou parcialmente degradados em acetoacetil-CoA ou acetil-CoA podem produzir corpos cetônicos no fígado, sendo então denominados como AA cetogênicos, mas podem ainda atuar como glicogênicos, pois ao serem degradados em piruvato, α -cetoglutarato, succinil-CoA, fumarato e oxaloacetato podem ser convertidos em glicose e glicogênio (NELSON; COX, 2014). A degradação do Trp é a mais complexa de todas as vias do catabolismo de AA em tecidos animais, sendo o precursor para a síntese de outras biomoléculas incluindo o nicotinato (um precursor do NAD⁺ NADP⁺ nos animais) (NELSON; COX, 2014).

Além de ser um AA limitante em dietas para suínos, é um precursor que age no neurotransmissor da serotonina (Figura 3), que está relacionada diretamente com o consumo (HENRY *et al.*, 1992).

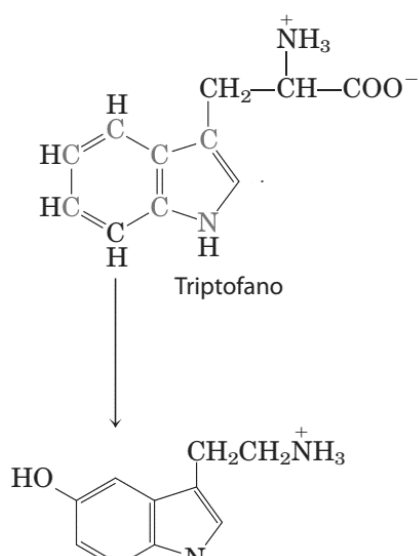


Figura 3. O triptofano como precursor da serotonina. Os anéis aromáticos do triptofano originam a serotonina (Adaptado de Nelson e Cox, 2014)

Além disso, o Trp desempenha importante papel nas respostas imunológicas por meio de produtos do seu catabolismo como a melatonina e N-acetilserotonina que podem inibir a produção de superóxido, eliminar radicais livres e modular a síntese de óxido nítrico (KIM *et al.*, 2006).

A inclusão de Trp na formulação é benéfica para os animais, pois atua diretamente no sistema imunológico e, além disso, seus metabólitos resultam em produtos relacionados

ao consumo e estresse (HENRY et al., 1992). Outra particularidade do Trp, segundo os autores, está relacionada à participação na síntese de serotonina (5-HT), relacionada diretamente ao estímulo da ingestão de alimentos. Alguns estudos relatam que dietas com pouca proteína bruta e altos níveis de Trp podem melhorar a síntese de 5-HT (LE FLOC'H et al., 2010; LE FLOC'H; SEVE, 2007).

Segundo Matte et al. (2011) a vitamina B6 é utilizada como cofator para melatonina, cinurina, ácido quinurênico, ácido xanturênico, ácido quinolínico e niacina para a metabolização de Trp em serotonina.

Desta forma, quando ocorre deficiência de Trp na dieta a ingestão voluntária é afetada de forma negativa, impactando no desempenho e crescimento de suínos, principalmente na fase de terminação em que o transporte de Trp pelas membranas celulares compete com o transporte dos AA neutros de cadeia longa. Essa competição resulta em menor quantidade de Trp metabolizado em 5-HT acarretando em menor ingestão (HENRY et al., 1992).

O comportamento é um fator relevante à produção animal, desempenhando papel significativo. Com isto, os animais, de forma geral, tendem a utilizar da agressão para se defender com base em neurotransmissores específicos. Leathwood (1987) relatou em estudo que a ingestão de Trp pode aumentar a taxa da síntese de 5-HT no cérebro, e que quando combinado com alguns carboidratos apresenta efeito sedativo, reduzindo a agressividade.

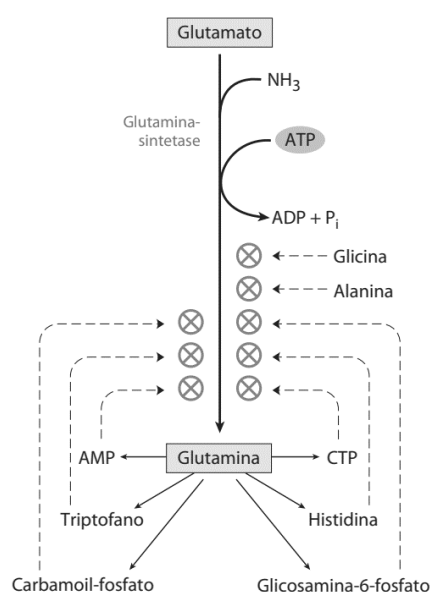


Figura 4. Regulação alostérica da glutamina-sintetase pelo Trp e outros produtos finais (Adaptado de Nelson e Cox, 2014).

A atividade da glutamina-sintetase é um ponto crucial na regulação do metabolismo de nitrogênio. O Trp pode agir como inibidor da glutamina-sintetase (Figura 4) juntamente com pelo menos sete produtos finais da glutamina e esta ação em conjunto pode desativar a enzima por completo à medida que as necessidades metabólicas das células são satisfeitas (NELSON; COX, 2014).

O glutamato funciona ainda como doador de grupos amino para vias

biossintéticas ou para vias de excreção, que levam à eliminação de produtos de excreção nitrogenados.

2.5. Efeitos de Trp e Lys em suínos

Alguns AA podem produzir metabólitos por meio de suas vias. Lys e Trp apresentam sinergismo, produzindo um metabólito comum: o ácido α -cetoadípico. O sinergismo entre estes AA pode permitir a utilização da Lys para a produção de ácido α -cetoadípico (Figura 5) enquanto o Trp pode ser poupado e, assim, mais Trp pode ser utilizado para outras vias metabólicas (AUGSPURGER; BAKER, 2007).

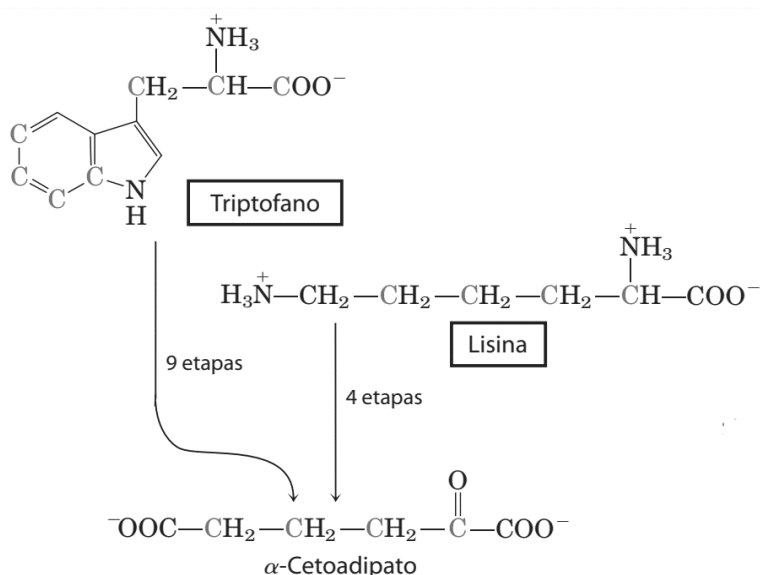


Figura 5. Síntese de α -cetoadipato a partir de Trp e Lys (Adaptado de Nelson e Cox, 2014)

A maioria dos trabalhos relatam os efeitos isolados destes AA, sem levar em consideração os efeitos sinérgicos que podem exercer em nível metabólico.

O consumo de Trp digestível em rações para suínos machos de alto potencial genético dos 60 aos 95 kg foi avaliado por Haese et al. (2006). Os resultados indicaram que o consumo de Trp digestível aumentou de forma linear em função dos níveis de Trp na ração. Por isso, os autores determinaram que o nível de 1,28 g/kg de Trp digestível obteve melhor resultado.

Em outro estudo Pereira et al. (2008) avaliaram níveis de Trp digestível na alimentação de suínos machos castrados, dos 97 aos 125 kg. Os autores

relataram que houve melhora no ganho de peso, em que o nível de 1,44 g/kg obteve os melhores resultados. No mesmo estudo, não houve efeito dos níveis de Trp digestível sobre o consumo de ração, conversão alimentar, espessura de toucinho e rendimento de carne, no entanto, o consumo de Trp digestível aumentou linearmente.

Ao trabalhar com suínos machos castrados de alto potencial genético dos 30 aos 60 kg, Abreu et al. (2006) avaliaram níveis de Lys digestível na ração. Os tratamentos (0,80, 0,90, 1,00 e 1,10% de Lys digestível) não influenciaram as porcentagens de água, proteína e deposição de gordura na carcaça dos animais. O nível de 1,10% de Lys digestível foi o que melhor apresentou resultados de desempenho, correspondendo ao consumo de 21,94 g/dia de Lys digestível.

Foi conduzido um experimento para determinar a concentração ideal de Lys na dieta para a taxa ideal de crescimento de marrãs (SUPAKORN et al., 2018). Os autores relataram que as fêmeas jovens requerem concentrações mais altas de Lys na dieta para maximizar a taxa de crescimento e que a dieta com alto teor de Lys pode ser útil para melhorar as características de crescimento para porcas de 142 a 200 kg.

A relação ideal entre Trp e Lys em dietas para suínos de diferentes faixas de peso foi avaliada por Liu et al. (2019), os quais reportaram valores de 17,1:100, 18,3:100 e 18,4:100 para suínos de 20 a 50 kg, 50 a 80 kg e 80 a 110 kg, respectivamente. Por sua vez, Kellner et al. (2017) estabeleceram uma relação Trp:Lys de 17:100 para leitões recém-desmamados. Já Oliveira et al. (2017) determinaram que a relação ótima de Trp:Lys digestível para leitões de 26 a 47 dias de idade é de 22:100.

O estudo conduzido por Castilha et al. (2018) avaliaram níveis de Trp e vitamina B6 em marrãs de 70 a 100 kg, simultaneamente, sobre as características de carcaça, peso de órgãos, gordura abdominal e qualidade da carne. Os autores relataram que a suplementação de vitamina B6 melhorou a qualidade da carne, enquanto o Trp aumentou a produção de carne magra.

No estudo realizado por Orlando et al. (2006), foram avaliados os níveis de proteína bruta e a suplementação de AA em rações para leitoas mantidas em ambiente termoneutro, de 60 a 100 kg. Os autores constataram que a proteína bruta pode ser reduzida para até 12,1% na dieta sem prejudicar o desempenho.

Apesar de avaliar a redução dos níveis proteicos na ração para maximizar o desempenho, ambos trabalharam com níveis fixos de AA essenciais.

2.6. Variáveis plasmáticas como indicadores de desempenho

Existem várias formas de monitorar o desempenho dos animais de produção e uma delas é por meio de análises sanguíneas que permitem detectar possíveis alterações ocasionadas pelo estresse (BERTOLONI et al., 2006). Os indicadores sanguíneos são atributos importantes para avaliar o bem-estar animal, pois revelam o nível de estresse dos animais. No que se refere aos níveis de fósforo, é preciso ter cuidado ao fornecê-lo nas dietas, uma vez que é o mineral que possui o maior número de funções no organismo animal. Por isso, é essencial estabelecer níveis adequados que atendam às exigências. Para isso, é possível medir a atividade da fosfatase alcalina no soro sanguíneo por meio de kits (FÀBREGA et al., 2002).

Condições estressantes, geralmente, estão associadas a altos níveis de cortisol e, simultaneamente, outras enzimas também estão envolvidas como é o caso da creatina fosfoquinase, componente envolvida em processo metabólico para a obtenção de energia (BERTOLONI et al., 2006).

A albumina no soro está relacionada com a síntese proteica e o estado nutricional. O nitrogênio uréico plasmático (NUP) é um produto final do metabolismo de proteínas e AA, e sua concentração foi correlacionada negativamente com a utilização de proteínas e AA (COMA et al., 1995).

Os níveis de ureia no sangue refletem diretamente no consumo de dietas desequilibradas em relação aos AA ou quando a dieta é composta em sua formulação por proteína de baixa qualidade. Sabendo-se disto, quando o animal consome proteína em quantidade e qualidade adequadas à sua exigência, espera-se baixa excreção de nitrogênio e, desta forma, é benéfico em reduzir os custos de produção com menor desperdício e menor poluição ambiental proveniente dos dejetos (FIALHO et al., 2004).

A concentração de ureia é inversamente relacionada com a eficiência em que a proteína é utilizada e, deste modo, sua concentração no plasma sanguíneo pode ser um importante indicador para avaliar a qualidade da proteína, as exigências, tanto das proteínas, quanto dos AA (BROWN; CLINE, 1974).

A creatinina quinase (CK) é um importante parâmetro plasmático pois sua concentração torna-se mais elevada à medida que o organismo necessita de maior aporte de adenosina trifosfato, principalmente depois de intensa atividade física e pode ainda indicar estresse prolongado, dano no tecido muscular em decorrência dessa atividade intensa, tendo sua maior concentração após 6 horas e depois retorna à sua normalidade (FAUCITANO; LAMBOOIJ, 2019).

As fosfatases alcalinas (FA) são um grupo de enzimas que hidrolisam monoésteres de fostato em pH alcalino (SUSSMAN et al., 1989) e atuam suprimindo as respostas inflamatórias do hospedeiro (VAISHNAVA; HOOPER, 2007) e podem se apresentar em menores níveis de expressão em decorrência de alterações causadas pela redução do consumo de ração e alterações morfológicas e fisiológicas intestinais (LACKEYRAM et al., 2010).

Alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST) são enzimas indicadoras de lesões hepáticas. A ALT é específica do fígado, localizada no citosol celular do fígado e é ativa participante do metabolismo dos AA. A elevação de seus níveis pode indicar lesão hepatocelular (MEYER; HARVEY, 2004). Entretanto, alterações da ALT no sangue não refletem diretamente para a condição física do animal, mas devem ser consideradas em casos de aumento de sua concentração em período relativamente muito curto (ANCKEN; TORRI, 2016).

O AST pode ser encontrado em hemácias e células musculares esqueléticas e cardíacas de praticamente todos os animais, sendo encontrado em maior quantidade no citosol e em menor quantidade no interior da mitocôndria dos hepatócitos. Assim como a ALT, sua maior concentração pode indicar lesões hepáticas e, também, doenças crônicas em todos os animais domésticos, principalmente de médio e pequeno porte (THRALL et al., 2015).

2.7. Efeitos do triptofano da dieta sobre o comportamento de suínos

Como resultado dos avanços na suinocultura, muitas práticas têm sido modificadas ao longo dos anos visando a manutenção do bem-estar animal. Vários estudos têm demonstrado uma tendência em reduzir o nível de proteína nas dietas (GLOAGUEN et al., 2014; HE et al., 2016a; MAVROMICHALIS et al., 1998; WANG et al., 2018). No entanto, dietas com baixo teor de proteína podem

aumentar a incidência de comportamentos agonísticos, como mordidas na orelha e na cauda (MEER et al., 2017). À medida que as feridas se agravam, esse comportamento pode aumentar, visto que suínos alimentados com dietas com baixo teor de proteína podem ser ainda mais atraídos pelo sangue (FRASER; BERNON; BALL, 1991).

Normalmente, os níveis de agressão devem ser baixos em um grupo estável. Entretanto, defeitos na concepção do projeto, no sistema ou repetidas mudanças na composição do grupo podem acarretar em agressão constante, resultando em lesões físicas e estresse agudo (STRAW et al., 2006).

Neste sentido, métodos para proporcionar e melhorar o bem-estar animal são imprescindíveis na produção e, desta forma, o Trp pode ser benéfico para diminuir agressões e manter um ambiente menos hostil (LAY et al., 2021).

Apesar de ser um AA limitante em dietas para suínos, é um precursor que age no neurotransmissor da serotonina (HENRY et al., 1992). A serotonina regula os processos comportamentais e fisiológicos, apetite, imunidade, secreção do hormônio do estresse e ainda reduz o comportamento agressivo (BACQUÉ-CAZENAVE et al., 2020).

Os resultados do estudo conduzido por Stracke et al. (2017) indicaram que a suplementação de Trp em dietas para suínos após oito semanas de idade, na dose recomendada (2,5 g/kg) e na dose enriquecida (10,2 g/kg), não promoveu mudanças comportamentais significativas e não melhorou o estado afetivo e o bem-estar desses animais.

A prole não apresentou alterações comportamentais significativas em resposta à inclusão de altas concentrações de Trp na dieta materna durante um curto período no início da gestação, de acordo com um estudo realizado por Lay et al. (2021). As dietas testadas continham concentrações de Trp de 14,0, 28,0 e 42,0 g/kg.

Avaliando a atividade comportamental e a agressividade de marrãs em crescimento e terminação alimentados com dieta contendo Trp (16,0 e 46,0; 11,0 e 33,0 g/kg) em curto prazo, Poletto et al. (2010) relataram que as dietas com maior nível de Trp aumentaram a concentração no sangue em 180,7% e 85,2% para crescimento e terminação, respectivamente. A dieta rica em Trp reduziu o número de interações agonísticas e agressividade para as fêmeas em

crescimento. Além disso, reduziu a atividade comportamental e o tempo gasto em pé, enquanto aumentou o comportamento deitado.

No estudo de avaliação do efeito da suplementação de L-Trp em leitões sob estresse da mistura de lotes e alimentados com dietas variando concentrações de AANCL, foi observado que a redução de AANCL aumentou os efeitos do L-Trp, diminuindo a concentração de cortisol salivar (Shen et al. 2012). Os autores relataram que a suplementação de L-Trp e a redução de AANCL, no entanto, não afetaram o comportamento agressivo de leitões.

3. Objetivos

3.1. Objetivo geral

Determinar os níveis ideais de Trp e Lys DIE e a melhor relação entre estes AA para suínos machos inteiros, dos 25 aos 50 kg de peso corporal.

3.2 Objetivos específicos

Avaliar níveis de Trp e Lys digestíveis ileais estandardizados sobre o desempenho.

Avaliar níveis de Trp e Lys sob as variáveis plasmáticas (albumina, proteínas totais, nitrogênio uréico plasmático, creatinina quinase, fosfatase alcalina, glicose, alanina aminotransferase e aspartato aminotransferase) e comportamento de suínos machos inteiros dos 25 aos 50 kg de peso corporal.

4. Referências Bibliográficas

- ABREU, M. L. T. de; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. de; OLIVEIRA, A. L. S. de; HAESE, D.; PEREIRA, A. A. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético, dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, fev. 2007.
- ABREU, M. L. T. de; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. de; OLIVEIRA, A. L. S. de; SILVA, F. C. de O.; MOITA, A. M. S. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3 suppl, p. 1039–1046, jun. 2006.
- ANCKEN, A. C. B. v; TORRI, A. R. Homeopatia no Tratamento de Doenças Hepáticas e Vesiculares em Cães e Gatos. **Revista Conselho Federal de Medicina Veterinária -CFMV**, p. 42–46, 2016.
- AUGSPURGER, N. R.; BAKER, D. H. Excess Dietary Lysine Increases Growth of Chicks Fed Niacin-Deficient Diets, but Dietary Quinolinic Acid Has No Niacin-Sparing Activity. **Poultry Science**, v. 86, n. 2, fev. 2007.
- BACQUÉ-CAZENAVE, J.; BHARATIYA, R.; BARRIÈRE, G.; DELBECQUE, J.-P.; BOUGUIYOD, N.; DI GIOVANNI, G.; CATTART, D.; DE DEURWAERDÈRE, P. Serotonin in Animal Cognition and Behavior. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 5, 28 fev. 2020.
- BERTOLONI, W.; SILVEIRA, E. T. F.; COSTA, M. de R.; LUDTKE, C. B. Avaliação de diferentes híbridos suínos submetidos à insensibilização elétrica e gasosa (CO₂). Parte 3: mensurações visuais de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 555–563, 2006.
- BEZERRA, B. M. O.; OLIVEIRA, A. M. A. de; SILVA, C. V. O.; ANDRADE, T. S.; GUEDES, R. F. de M.; LEMOS, J. C.; EVANGELISTA, J. N. B.; NUNES-PINHEIRO, D. C. S. **Fatores inerentes às fases de creche, crescimento e terminação influenciam marcadores da atividade muscular, do metabolismo proteico e do estresse oxidativo em suínos** Rev. Bras. Med. Vet. [s.l: s.n.].
- BROWN, J. A.; CLINE, T. R. Urea Excretion in the Pig: an Indicator of Protein Quality and Amino Acid Requirements. **The Journal of Nutrition**, v. 104, n. 5, 1 maio 1974.
- CAI, Y.; ZIMMERMAN, D. R.; EWAN, R. C. Diurnal Variation in Concentrations of Plasma Urea Nitrogen and Amino Acids in Pigs Given Free Access to Feed or Fed Twice Daily. **The Journal of Nutrition**, v. 124, n. 7, 1 jul. 1994.
- CASTILHA, L. D.; SANGALI, C. P.; ESTEVES, L. A. C.; MUNIZ, C. F.; FURLAN, A. C.; VASCONCELLOS, R. S.; POZZA, P. C. Day-night behaviour and performance of barrows and gilts (70–100kg) fed low protein diets with

- different levels of tryptophan and B6 vitamin. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 180, p. 35–42, jul. 2016.
- COMA, J.; ZIMMERMAN, D. R.; CARRION, D. Relationship of rate of lean tissue growth and other factors to concentration of urea in plasma of pigs. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 12, 1995.
- D'EATH, R. B.; ORMANDY, E.; LAWRENCE, A. B.; SUMNER, B. E. H.; MEDDLE, S. L. Resident-Intruder Trait Aggression is Associated with Differences in Lysine Vasopressin and Serotonin Receptor 1A (5-HT1A) mRNA Expression in the Brain of Pre-Pubertal Female Domestic Pigs (*Sus scrofa*). **Journal of Neuroendocrinology**, v. 17, n. 10, p. 679–686, out. 2005.
- FAUCITANO, L.; LAMBOOIJ, E. Transport of pigs. *Em: Livestock handling and transport*. Wallingford: CABI, 2019.
- FERNANDES, A. R.; PENA, M. S. de; CARMO, M. A. do; COUTINHO, G. de A.; BENEVENUTO JUNIOR, A. A. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos sob castração cirúrgica ou imunológica. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, n. 2, p. 303–312, jun. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-99402017000200303&lng=pt&tlng=pt>.
- FIALHO, E. T.; SILVA, H. O.; LIMA, J. A. de F.; LARA, L. B.; SILVA, L. F. Efeito da fitase sobre o desempenho e teor de uréia no plasma de suínos na fase de crescimento. **NNR**, 2004.
- FRIESEN, K. G.; NELSEN, J. L.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D.; UNRUH, J. A.; KROPF, D. H.; KERR, B. J. The effect of dietary lysine on growth, carcass composition, and lipid metabolism in high-lean growth gilts fed from 72 to 136 kilograms. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 11, p. 3392–3401, 1 nov. 1995. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/73/11/3392-3401/4718801>>.
- GLOAGUEN, M.; LE FLOC'H, N.; CORRENT, E.; PRIMOT, Y.; VAN MILGEN, J. The use of free amino acids allows formulating very low crude protein diets for piglets1. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 2, 1 fev. 2014.
- GONÇALVES, M. A. D.; TOKACH, M. D.; BELLO, N. M.; TOUCHETTE, K. J.; GOODBAND, R. D.; DEROUHEY, J. M.; WOODWORTH, J. C.; DRITZ, S. S. Dose-response evaluation of the standardized ileal digestible tryptophan: Lysine ratio to maximize growth performance of growing-finishing gilts under commercial conditions. **Animal**, v. 12, n. 7, p. 1380–1387, 1 jul. 2018.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. v. 10973-undefined p.
- HE, L.; WU, L.; XU, Z.; LI, T.; YAO, K.; CUI, Z.; YIN, Y.; WU, G. Low-protein diets affect ileal amino acid digestibility and gene expression of digestive

- enzymes in growing and finishing pigs. **Amino Acids**, v. 48, n. 1, 26 jan. 2016.
- HENRY, M.; FRIENDSHIP, R.; SHOVELLER, A.; TUCKER, A. PSI-15 Effect of L-tryptophan on aggression, aberrant behaviour and growth in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. suppl_3, p. 64–64, 7 dez. 2018.
- HENRY, Y.; SÈVE, B.; COLLÉAUX, Y.; GANIER, P.; SALIGAUT, C.; JÉGO, P. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin1. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 6, p. 1873–1887, 1 jun. 1992. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/70/6/1873-1887/4631996>>.
- ISHIDA, A.; KYOYA, T.; NAKASHIMA, K.; KATSUMATA, M. Muscle Protein Metabolism during Compensatory Growth with Changing Dietary Lysine Levels from Deficient to Sufficient in Growing Rats. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, v. 57, n. 6, p. 401–408, 2011. Disponível em: <<http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.JSTAGE/jnsv/57.401?from=CrossRef>>.
- JAYARAMAN, B.; HTOO, J. K.; NYACHOTI, C. M. Effects of different dietary tryptophan : lysine ratios and sanitary conditions on growth performance, plasma urea nitrogen, serum haptoglobin and ileal histomorphology of weaned pigs. **Animal Science Journal**, v. 88, n. 5, maio 2017.
- KELLNER, T.; GOLD, S. A.; KOEHLER, D.; COURTNEY, L.; GESING, L.; PATIENCE, J. F. **Determination of SID Tryptophan to Lysine Ratio in Nursery Pigs**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://lib.dr.iastate.edu/ans_air/vol663/iss1/62/>.
- KELLNER, T.; GOLD, S. A.; KOEHLER, D.; COURTNEY, L.; GESING, L.; PATIENCE, J. F. **Determination of SID Tryptophan to Lysine Ratio in Nursery Pigs**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://lib.dr.iastate.edu/ans_air/vol663/iss1/62/>.
- KIM, S. W.; MATEO, R. D.; YIN, Y.-L.; WU, G. Functional Amino Acids and Fatty Acids for Enhancing Production Performance of Sows and Piglets. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 20, n. 2, 27 nov. 2006.
- LACKEYRAM, D.; YANG, C.; ARCHBOLD, T.; SWANSON, K. C.; FAN, M. Z. Early Weaning Reduces Small Intestinal Alkaline Phosphatase Expression in Pigs. **The Journal of Nutrition**, v. 140, n. 3, 1 mar. 2010.
- LAY, D. C.; ENNEKING, S. A.; ANDERSON, N. C.; RICHERT, B. T.; SAPKOTA, A. Effect of short-term high tryptophan diet fed to sows on their subsequent piglet behavior. **Translational Animal Science**, v. 5, n. 3, 1 jul. 2021.
- LE FLOC'H, N.; MATTE, J. J.; MELCHIOR, D.; VAN MILGEN, J.; SÈVE, B. A moderate inflammation caused by the deterioration of housing conditions modifies Trp metabolism but not Trp requirement for growth of post-weaned piglets. **animal**, v. 4, n. 11, p. 1891–1898, 2 nov. 2010.

- LE FLOC'H, N.; SEVE, B. Biological roles of tryptophan and its metabolism: Potential implications for pig feeding. **Livestock Science**, v. 112, n. 1–2, p. 23–32, out. 2007. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871141307004167>>.
- LEATHWOOD, P. D. Tryptophan Availability and Serotonin Synthesis. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 46, n. 1, p. 143–156, 28 fev. 1987.
- LIU, J. B.; YAN, H. L.; CAO, S. C.; LIU, J.; LI, Z. X.; ZHANG, H. F. The response of performance in grower and finisher pigs to diets formulated to different tryptophan to lysine ratios. **Livestock Science**, v. 222, p. 25–30, abr. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871141319301234>>.
- MAGNAGO, J. G. P.; HAESE, D.; KILL, J. L.; SOBREIRO, R. P.; PUPPO, D. del; SANT'ANNA, D.; SARAIVA, A.; LORENZONI, L. L.; PIMENTEL, R. B. Níveis de fitase sobre o desempenho, parâmetros ósseos e bioquímicos de suínos alimentados com ração de origem vegetal sem inclusão de fosfato bicálcico. **Ciência Rural**, v. 45, n. 7, p. 1286–1291, 22 maio 2015.
- MATTE, J. J.; LEFLOC'H, N.; PRIMOT, Y.; LESSARD, M. Interaction between dietary tryptophan and pyridoxine on tryptophan metabolism, immune responses and growth performance in post-weaning pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 170, n. 3–4, p. 256–264, dez. 2011.
- MCINTYRE, J.; EDWARDS, S. A. An investigation into the effect of tryptophan on tail chewing behaviour of growing pigs. **Proceedings of the British Society of Animal Science**, v. 2002, p. 34–34, 20 nov. 2002.
- MEYER, D. J.; HARVEY, J. W. **Veterinary Laboratory Medicine: Interpretation & Diagnosis**. 3. ed. [s.l.] Saunders, 2004. 351 p.
- MILLET, S.; GIELKENS, K.; DE BRABANDER, D.; JANSSENS, GeertP. J. Considerations on the performance of immunocastrated male pigs. **Animal**, v. 5, n. 7, 2011.
- MONTEIRO, A. N. T. R.; HUEPA, L. M. D.; CASTILHA, L. D.; POZZA, P. C. Síntese proteica em suínos: como fêmeas, machos não castrados e castrados respondem a este processo? **Pubvet**, v. 12, n. 1, p. 1–10, jan. 2018. Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br/artigo/4354/siacutentese-proteica-em-suiacutenos-como-fecircmeas-machos-natildeo-castrados-e-castrados-respondem-a-este-processo>>.
- MORALES, J. I.; SERRANO, M. P.; CÁMARA, L.; BERROCOSO, J. D.; LÓPEZ, J. P.; MATEOS, G. G. Growth performance and carcass quality of immunocastrated and surgically castrated pigs from crossbreds from Duroc and Pietrain sires¹. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 8, 1 ago. 2013.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger principles of biochemistry**. 6. ed. São Paulo: Artmed, 2014.

- NEWMAN, D. J. Renal function and nitrogen metabolites. **Tietz textbook of clinical chemistry**, p. 1204–1270, 1999.
- NRC. **Nutrient Requirements of Swine**. Washington, D.C.: National Academies Press, 2012.
- OLIVEIRA, G. M.; FERREIRA, A. S.; CAMPOS, P. F.; RODRIGUES, V. v.; SILVA, F. C. O.; SANTOS, W. G.; LIMA, A. L.; RODRIGUES, P. G.; LOPES, C. C. Digestible tryptophan to lysine ratios for weaned piglets at 26 days of age. **Animal Production Science**, v. 57, n. 10, p. 2027, 2017. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/?paper=AN15504>>.
- PASQUETTI, T. J.; ESTEVES, L. A. C.; DE PAULA, V. R. C.; BONAGÚRIO, L. P.; TANAMATI, W.; FACHINELLO, M. R.; OLIVEIRA, N. T. E.; POZZA, P. C. Standardized ileal digestible tryptophan and lysine for 15–30 kg gilts. **The Journal of Agricultural Science**, v. 158, n. 7, 9 set. 2020.
- PASQUETTI, T. J., POZZA, P. C., MOREIRA, I. **TRÍPTOFANO PARA LEITÕES E SUA RELAÇÃO COM A LISINA NA FASE INICIAL**. 2014. 2014. Disponível em: <<http://sites.uem.br/ppz/trabalhos-de-conclusao/teses/2014/tiago-junior-pasquetti.pdf>>.
- PEREIRA, A. A.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. de; ABREU, M. L. T. de; SILVA, F. C. de O.; MARTINS, M. dos S. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético na fase dos 97 aos 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 1984–1989, nov. 2008.
- POLETO, R.; KRETZER, F. C.; HÖTZEL, M. J. Minimizing aggression during mixing of gestating sows with supplementation of a tryptophan-enriched diet. **Physiology & Behavior**, v. 132, p. 36–43, jun. 2014.
- POLETO, R.; MEISEL, R. L.; RICHERT, B. T.; CHENG, H.-W.; MARCHANT-FORDE, J. N. Aggression in replacement grower and finisher gilts fed a short-term high-tryptophan diet and the effect of long-term human–animal interaction. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 122, n. 2–4, jan. 2010.
- PULS, C. L.; ELLIS, M.; MCKEITH, F. K.; GAINES, A. M.; SCHROEDER, A. L. Effects of ractopamine on growth performance and carcass characteristics of immunologically and physically castrated barrows and gilts. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 10, 1 out. 2014.
- REGMI, N.; WANG, T.; CRENSHAW, M. A.; RUDE, B. J.; LIAO, S. F. Effects of dietary lysine levels on the concentrations of selected nutrient metabolites in blood plasma of late-stage finishing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 102, n. 2, p. 403–409, 1 abr. 2018.
- REN, M.; LIU, C.; ZENG, X.; YUE, L.; MAO, X.; QIAO, S.; WANG, J. Amino acids modulates the intestinal proteome associated with immune and stress response in weaning pig. **Molecular Biology Reports**, v. 41, n. 6, 9 jun. 2014.

- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. v; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488 p.
- RUIZ-ASCACIBAR, I.; STOLL, P.; KREUZER, M.; BEE, G. Dietary CP and amino acid restriction has a different impact on the dynamics of protein, amino acid and fat deposition in entire male, castrated and female pigs. **Animal**, v. 13, n. 1, 2019.
- SHEN, Y. bin; VOILQUÉ, G.; ODLE, J.; KIM, S. W. Dietary L-Tryptophan Supplementation with Reduced Large Neutral Amino Acids Enhances Feed Efficiency and Decreases Stress Hormone Secretion in Nursery Pigs under Social-Mixing Stress. **The Journal of Nutrition**, v. 142, n. 8, p. 1540–1546, 1 ago. 2012.
- SHEN, Y. B.; COFFEY, M. T.; KIM, S. W. Effects of short term supplementation of l-tryptophan and reducing large neutral amino acid along with l-tryptophan supplementation on growth and stress response in pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 207, p. 245–252, set. 2015.
- SILVA, M. A.; BARBARINO JUNIOR, P. E.; GUASTALE, S. R. Recomendações nutricionais para machos inteiros submetidos à imunocastração. Em: 3rd International Symposium on Nutritional Requirements of Poultry and Swine, 2011, Viçosa. [...]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. p. 353–375.
- SOTO, J.; TOKACH, M. D.; TOUCHETTE, K. J.; DRITZ, S. S.; WOODWORTH, J. C.; DEROUCHÉY, J. M.; GOODBAND, R. D. Evaluation of Standardized Ileal Digestible Tryptophan:Lysine Ratio on Growth Performance and Carcass Characteristics of Finishing Pigs Fed with or without Ractopamine HCl. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, v. 3, n. 7, 1 jan. 2017. Disponível em: <<https://newprairiepress.org/kaesrr/vol3/iss7/35>>.
- STERNDALÉ, S. O.; MILLER, D. W.; MANSFIELD, J. P.; KIM, J. C.; PLUSKE, J. R. Increasing dietary tryptophan in conjunction with decreasing other large neutral amino acids increases weight gain and feed intake in weaner pigs regardless of experimental infection with enterotoxigenic Escherichia coli. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 8, 1 ago. 2020.
- STRACKE, J.; OTTEN, W.; TUCHSCHERER, A.; WITTHAHN, M.; METGES, C. C.; PUPPE, B.; DÜPJAN, S. Dietary tryptophan supplementation and affective state in pigs. **Journal of Veterinary Behavior**, v. 20, jul. 2017.
- STRAW, B. E.; ZIMMERMAN, J. J.; D'ALLAIRE, S.; TAYLOR, D. J. **Diseases of Swine**. 9. ed. [s.l.] Wiley-Blackwell, 2006. 1153 p.

- SUPAKORN, C.; LENTS, C.; STOCK, J. D.; VALLET, J. L.; PRINCE, T. J.; PHILLIPS, C. E.; BOYD, R. D.; DEDECKER, A. E.; STALDER, K. **Effect of Ad libitum Feeding of Gilt Developer Diets Differing in Standard Ileal Digestive Lysine Concentrations on Growth Traits**. [s.l: s.n.].
- SUSSMAN, N. L.; ELIAKIM, R.; RUBIN, D.; PERLMUTTER, D. H.; DESCHRYVER-KECSKEMETI, K.; ALPERS, D. H. Intestinal alkaline phosphatase is secreted bidirectionally from villous enterocytes. **American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology**, v. 257, n. 1, 1 jul. 1989.
- THRALL, M. A.; WEISER, G.; ALISSON, R. W.; CAMPBELL, T. W. **Hematologia e Bioquímica clínica veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015. 1590 p.
- VAISHNAVA, S.; HOOPER, L. v. Alkaline Phosphatase: Keeping the Peace at the Gut Epithelial Surface. **Cell Host & Microbe**, v. 2, n. 6, dez. 2007.
- WAN, X.; WANG, S.; XU, J.; ZHUANG, L.; XING, K.; ZHANG, M.; ZHU, X.; WANG, L.; GAO, P.; XI, Q.; SUN, J.; ZHANG, Y.; LI, T.; SHU, G.; JIANG, Q. Dietary protein-induced hepatic IGF-1 secretion mediated by PPAR γ activation. **PLOS ONE**, v. 12, n. 3, 3 mar. 2017.
- WANG, Y. M.; YU, H. T.; ZHOU, J. Y.; ZENG, X. F.; WANG, G.; CAI, S.; HUANG, S.; ZHU, Z. P.; TAN, J. J.; JOHNSTON, L. J.; LEVESQUE, C. L.; QIAO, S. Y. Effects of feeding growing-finishing pigs with low crude protein diets on growth performance, carcass characteristics, meat quality and nutrient digestibility in different areas of China. **Animal Feed Science and Technology**, v. 256, set. 2019.
- WANG, Y.; ZHOU, J.; WANG, G.; CAI, S.; ZENG, X.; QIAO, S. Advances in low-protein diets for swine. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 9, n. 1, 19 dez. 2018.
- YIN, J.; LI, Y.; HAN, H.; LIU, Z.; ZENG, X.; LI, T.; YIN, Y. Long-term effects of lysine concentration on growth performance, intestinal microbiome, and metabolic profiles in a pig model. **Food & Function**, v. 9, n. 8, p. 4153–4163, 2018. Disponível em: <<http://xlink.rsc.org/?DOI=C8FO00973B>>.

Capítulo 2. Níveis de triptofano e lisina para suínos machos inteiros de 25 a 50 kg

Artigo redigido conforme as normas da revista “The Journal of Agricultural Science (AGS)”

K. N. M. Pereira^{1*}, P. L. O. Carvalho, L. B. Azevedo, N. T. E. Oliveira, e T. J. Pasquetti¹

¹Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana, Rodovia Graziela Maciel Barroso Km 12, 79200-000, Aquidauana, MS, Brasil.

***Autor para correspondência:** K. N. M. Pereira, E-mail: kevynnapoleao@outlook.com

Resumo

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar os níveis ótimos e a relação Trp:Lys digestíveis ileais padronizados (DIE) para suínos machos inteiros dos 25 aos 50 kg de peso corporal. Foram utilizados 64 suínos machos inteiros, de alto potencial genético e desempenho superior, com peso corporal médio inicial de 25,0 kg ($\pm 0,3$). Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, com 16 tratamentos e 4 repetições, em esquema fatorial 4x4, quatro níveis de Trp DIE (1,35, 1,75, 2,15 e 2,55 g/kg) e quatro níveis de Lys DIE (8,0, 9,5, 11,0 e 12,5 g/kg), sendo um animal por unidade experimental. O desempenho foi avaliado por meio do peso corporal final (PCF), ganho de peso diário (GPD), consumo diário de ração (CDR) e eficiência alimentar (EA). Foram avaliadas também as variáveis plasmáticas: albumina (ALB), proteínas totais (PT), nitrogênio uréico plasmático (NUP), creatinina quinase (CK), fosfatase alcalina (FA), glicose (GLI), alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST). Adicionalmente, foi avaliado o comportamento dos animais. Não houve interação Trp:Lys DIE ($P > 0,05$) para as variáveis de desempenho e plasmáticas. Houve efeito de Trp sobre o GPD ($P = 0,0004$) e o PCF ($P = 0,0003$) quando o nível de Trp DIE aumentou. A ALB apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$) conforme o nível de Trp DIE aumentou. A concentração de NUP diminuiu linearmente ($P = 0,0317$) à medida que o Trp DIE aumentou. Considerando o modelo raiz quadrada, o nível de Trp e Lys DIE foi estimado em 1,60 e 10,34 para ALT ($P < 0,001$) e FA ($P = 0,012$), respectivamente. Houve efeito de interação Trp:Lys para o comportamento total (24h00) de ficar em pé ($P = 0,0051$), dormir ($P < 0,001$) e interagir ($P < 0,001$) e no período da tarde para o comportamento comer ($P = 0,050$). Com base nas variáveis de desempenho, plasmáticas e comportamentais, o melhor nível de Trp DIE foi de 2,55 g/kg, para suínos machos inteiros, dos 25 aos 50 kg, alimentados com dietas contendo 140,4 g/kg de proteína bruta.

Palavras-chave: Aminoácidos, baixa proteína bruta, crescimento, desempenho, variáveis plasmáticas.

Abstract

This research was developed with the objective of determining the optimal levels and the standardized ileal digestible Trp:Lys ratio (SID) for whole male pigs from 25 to 50 kg body weight. Sixty-four whole male pigs of high genetic potential and superior performance, with an average initial body weight of 25.0 kg (± 0.3), were used. The animals were distributed in a randomized block experimental design, with 16 treatments and 4 repetitions, in a 4x4 factorial scheme, four levels of Trp SID (1.35, 1.75, 2.15 and 2.55 g/kg) and four levels of Lys SID (8.0, 9.5, 11.0 and 12.5 g/kg), with one animal per experimental unit. Performance was evaluated by final body weight (FBW), daily weight gain (DWG), daily feed intake (DFI) and feed efficiency (FE). Plasma variables were also evaluated: albumin (ALB), total protein (TP), plasma urea nitrogen (PUN), creatine kinase (CK), alkaline phosphatase (ALP), glucose (GLU), alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST). Additionally, the behavior of the animals was evaluated. There was no Trp:Lys SID interaction ($P > 0.05$) for performance and plasma variables. There was an effect of Trp on DWG ($P = 0.0004$) and FBW ($P = 0.0003$) when Trp SID level increased. ALB showed linear increasing effect ($P < 0.05$) as Trp SID level increased. PUN concentration decreased linearly ($P = 0.0317$) as Trp SID increased. Considering the square root model, the Trp and Lys SID level was estimated to be 1.60 and 10.34 for ALT ($P < 0.001$) and ALP ($P = 0.012$), respectively. There was Trp:Lys interaction effect for the total (24:00) behavior of standing ($P = 0.0051$), sleeping ($P < 0.001$) and interacting ($P < 0.001$) and in the afternoon period for eating behavior ($P = 0.050$). Based on performance, plasma and behavioral variables, the best Trp SID level was 2.55 g/kg for whole male pigs from 25 to 50 kg fed diets containing 140.4 g/kg crude protein.

Keywords: Amino acids, low crude protein, growth, performance, plasma variables.

Introdução

O aumento do uso de aminoácidos (AA) para reduzir as fontes de proteína em dietas para suínos levou à necessidade de determinar os níveis ideais. No entanto, a maioria dos estudos anteriores não considerou os efeitos que podem ocorrer quando mais de um AA é determinado simultaneamente. Além disso, poucos estudos relataram o estudo conjunto dos níveis de triptofano (Trp) e lisina (Lys) digestíveis ileais standardizados (DIE), especialmente para suínos machos inteiros.

A Lys é o primeiro AA limitante para suínos em crescimento, atuando como material promotor de hipertrofia das fibras musculares (Ishida *et al.*, 2011; Yin *et al.*, 2018) enquanto o Trp é o quarto (Jansman *et al.*, 2007). Por sua capacidade em atuar

diretamente na eficiência alimentar, a Lys promove ganho muscular na carcaça (Kellner *et al.*, 2017), sendo então considerado o AA mais importante para suínos em fase de crescimento. O Trp, no entanto, além de ser um AA limitante em dietas para suínos, é um precursor da serotonina (5-HT), um neurotransmissor que tem sido associado ao apetite (Henry *et al.*, 1992).

É de suma importância determinar a relação ideal entre Lys e Trp para suínos machos inteiros. Em pesquisas anteriores, foi relatado que suínos machos inteiros apresentam melhor desempenho quando comparados aos machos castrados cirurgicamente (Silva *et al.*, 2011; Fernandes *et al.*, 2017).

A relação Trp:Lys DIE para suínos de 20 a 50, 50 a 80 e 80 a 110 kg, relatada por Liu *et al.* (2019), com base no ganho de peso diário e eficiência alimentar, estimada por meio do modelo “*broken-line*” foi de 17,1:100, 18,3:100 e 18,4:100, e de 19,2:100, 19,5:100 e 17,4:100, respectivamente.

Diferentes relações Trp:Lys DIE são relatadas por questões de modelos e variáveis respostas utilizadas (Jayaraman *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2017; Pasquetti *et al.*, 2020).

Esse estudo foi conduzido para avaliar, simultaneamente, níveis de Trp e Lys digestíveis ileais estandardizados para suínos machos inteiros entre 25 e 50 kg, sobre o desempenho, variáveis plasmáticas e comportamento.

Material e métodos

Local, animais, delineamento experimental e dietas

O experimento foi conduzido no setor de Suinocultura da Fazenda Experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa (Linha Guará), da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, localizada no município de Marechal Cândido Rondon/PR, (24°33'22" S, 54°03'24" W e altitude de 420 m).

A temperatura do ambiente e umidade relativa do ar foram registradas utilizando um *datalogger*, instalado no interior do galpão e posicionado no meio da instalação à altura do lombo dos animais. Os valores médios de temperatura e umidade foram de 24,57 °C (mínima de 13,0°C; máxima de 30,3°C) e 74,76% (mínima de 51,8%; máxima de 86,0%).

Os animais foram distribuídos em delineamento de blocos casualizados, com 16 tratamentos e quatro repetições, em esquema fatorial 4x4 com quatro níveis de Trp digestível ileal estandardizado (DIE) (1,35, 1,75, 2,15 e 2,55 g/kg da dieta), e quatro níveis de Lys DIE (8,0, 9,5, 11,0 e 12,5 g/kg da dieta) que proporcionou relações Trp:Lys DIE variando de 10,8 a 31,9:100. Os blocos foram constituídos no tempo, correspondendo a diferentes lotes de animais, perfazendo 02 repetições por bloco.

Foram utilizados 64 suínos machos inteiros, de alto potencial genético e desempenho superior, com peso inicial de aproximadamente, 25,0 (0,3) kg. Os suínos foram alojados em barracão de alvenaria, coberto com telhas de barro, contendo 32 baias (de piso compacto), com comedouro na parte frontal e um bebedouro do tipo chupeta na parte posterior. A baia, contendo um animal, foi considerada a unidade experimental.

Foi determinada a composição química e o aminograma do milho e do farelo de soja. De posse destes valores, foram aplicados os coeficientes de digestibilidade dos AA propostos por Rostagno *et al.* (2017), procedendo-se então com a formulação das dietas (Tabela 1).

Tabela 1. Composição centesimal, química e energética das dietas experimentais para suínos machos inteiros de 25 a 50 kg de peso corporal.

Relação Trp:Lys (Trp: 100)	16,9	14,2	12,3	10,8	21,9	18,4	15,9	14,0	26,9	22,6	19,5	17,2	31,9	26,8	23,3	20,4
Trp DIE (g/kg)	1,35 Trp				1,75 Trp				2,15 Trp				2,55 Trp			
Lys DIE (g/kg)	8,0	9,5	11,0	12,5	8,0	9,5	11,0	12,5	8,0	9,5	11,0	12,5	8,0	9,5	11,0	12,5
Ingredientes (g/kg)																
Milho	786,5	786,5	786,5	786,5	786,5	786,5	786,5	786,5	786,5	786,5	786,5	786,5	786,5	786,5	786,5	786,5
Farelo de Soja	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0
Fosfato bicalcico	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
Calcário	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
Óleo de Soja	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9
Premix ^b	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Bicarbonato de Na	1,4	2,3	3,2	3,3	1,4	2,3	3,2	3,3	1,4	2,3	3,2	3,3	1,4	2,3	3,2	3,3
Caulim	7,2	7,8	8,4	8,6	7,8	8,3	8,9	8,8	7,9	8,4	9,0	8,9	8,1	8,6	9,2	9,1
Sal comum	1,3	0,7	0,1	0,0	1,3	0,7	0,1	0,0	1,3	0,7	0,1	0,0	1,3	0,7	0,1	0,0
Ácido glutâmico	10,3	7,4	4,6	1,7	9,3	6,5	3,6	1,2	8,8	6,0	3,2	0,6	8,2	5,4	2,6	0,0
L-Lys HCl (78,4%)	3,5	5,4	7,4	9,3	3,5	5,4	7,4	9,3	3,5	5,4	7,4	9,3	3,5	5,4	7,4	9,3
L-Thr (98,0%)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
DL-Met (99,0%)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
L-Trp (98%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	1,3	1,3	1,3	1,3
L-Val	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
L-Ile	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Antioxidante ^c	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Carbonato de K	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,7
Doxiciclina ^d	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Tiamulina ^e	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Composição calculada																
EM (kcal/kg)	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300
PB	140,4	140,4	140,4	140,4	140,4	140,4	140,4	140,4	140,4	140,4	140,4	140,4	140,4	140,4	140,4	140,4
Ca	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60
P disponível	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
Na	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fibra bruta	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76
Lys DIE	8,00	9,50	11,00	12,50	8,00	9,50	11,00	12,50	8,00	9,50	11,00	12,50	8,00	9,50	11,00	12,50
Thr DIE	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90
Met + Cys DIE	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
Trp DIE	1,35	1,35	1,35	1,35	1,75	1,75	1,75	1,75	2,15	2,15	2,15	2,15	2,55	2,55	2,55	2,55
Val DIE	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40
Ile DIE	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10
Leu DIE	11,61	11,61	11,61	11,61	11,61	11,61	11,61	11,61	11,61	11,61	11,61	11,61	11,61	11,61	11,61	11,61
Arg DIE	7,51	7,51	7,51	7,51	7,51	7,51	7,51	7,51	7,51	7,51	7,51	7,51	7,51	7,51	7,51	7,51
NEdig ^f	0,822	0,843	0,863	0,884	0,828	0,848	0,869	0,889	0,833	0,854	0,874	0,895	0,839	0,859	0,880	0,900
Relação Trp:AANCL (%)	4,29	4,29	4,29	4,29	5,56	5,56	5,56	5,56	7,15	7,15	7,15	7,15	8,11	8,11	8,11	8,11
BED (mEq/kg)	113,17	113,17	113,17	113,17	113,17	113,17	113,17	113,17	113,17	113,17	113,17	113,17	113,17	113,17	113,17	113,17

^aDIE = digestivo ileal estandardizado; EM = energia metabolizável; e BED = balanço eletrolítico da dieta, PB = proteína bruta, ^b Fornecido por quilograma da dieta: Vitamina A 900.000 UI/kg, vitamina D3 180.000 UI/kg, vitamina E 2.400 UI/kg, vitamina K3 270mg/kg, vitamina B1 120mg/kg, vitamina B2 570mg/kg, vitamina B6 120mg/kg, vitamina B12 2.100mcg/kg, niacina 3.000mg/kg, ácido pantotênico 1.200mg/kg, ácido fólico 75mg/kg, manganês 5.400mg/kg, zinco 13,50g/kg, ferro 10,50g/kg, cobre 2.100mg/kg, iodo 150mg/kg, selênio 90mg/kg, bacitracina de zinco 13,33g/kg, ^cAntioxidante (BHT): Butylated hydroxytoluene, ^d Doxivet 750 (Fornecido por Sauvet, Campinas, Brasil), e Maximulin 80 (Fornecido por Sauvet, Campinas, Brasil). ^eNitrogênio Essencial Digestível.

O ácido glutâmico foi utilizado nas dietas experimentais para mantê-las isoproteicas. Para atender os níveis de Lys e Trp digestível foram utilizados a L-Lys e o L-Trp às custas do inerte (caulim).

Os animais foram pesados no início e no final do experimento. Diariamente as sobras de ração eram coletadas e armazenadas em sacos plásticos para posterior pesagem. A ração e a água foram fornecidas *ad libitum* aos animais durante todo o período experimental. Com base nesses dados foram determinados o peso corporal final (PCF, kg/dia), ganho de peso diário (GPD, kg/dia), consumo diário de ração (CDR, kg/dia) e eficiência alimentar (EA, kg/kg). O término do experimento deu-se quando os animais atingiram o peso médio de 50 kg.

Colheita e processamento de amostra plasmática

A colheita do sangue foi realizada ao final do estudo, após 08 horas de jejum, para a obtenção de 6 ml por meio de punção na veia jugular, conforme a metodologia descrita por Cai *et al.* (1994) para analisar: albumina (ALB), proteínas totais (PT), nitrogênio uréico plasmático (NUP), creatinina quinase (CK), fosfatase alcalina (FA), glicose (GLI), alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST). A ureia plasmática foi multiplicada por 0,467, o que representa a quantidade de N em uma molécula de ureia (Newman, 1999).

O sangue foi acondicionado em tubos de vidro do tipo *vacutainer*, contendo anticoagulante (EDTA). Após este procedimento, o sangue foi destinado ao laboratório, onde as amostras foram centrifugadas à 3000 rpm, por um período de 15 minutos, para a obtenção do plasma que foi recolhido com auxílio de pipeta do tipo *pasteur* e, após, acondicionado em tubos *eppendorf*® para o prosseguimento das análises. Foram utilizados kits comerciais (Gold Analisa Diagnostica Ltda., Belo Horizonte, MG, Brasil)

para analisar as variáveis plasmáticas e a absorbância dos testes foi medida usando um espectrofotômetro (Biospectro; SP 22, Tecnal, PR, Brasil).

Comportamento

O comportamento de cada animal foi registrado e continuamente monitorado, pelo período de 24 horas, em um total de 03 dias de observação, após o início do experimento, por meio de circuito fechado de câmeras, instaladas na parte superior do barracão e conectadas a um DVR (*Standalone*). Um observador previamente treinado assistiu a todos os vídeos gravados. Os dados foram analisados classificando o comportamento em ficar em pé, comer, dormir e o comportamento social de interagir (interagindo com companheiro da baia, explorando a baia). Os vídeos foram armazenados e, posteriormente, avaliados utilizando-se um intervalo amostral de 10 minutos, conforme descrito por Martin e Bateson (1986), para determinar a frequência com que cada animal explorou determinado comportamento. Foram realizadas 432 observações por animal (27.648 observações totais).

Análise estatística

Desempenho

Para a detecção de *outliers* multivariados foi calculada a distância de Mahalanobis de cada unidade experimental em relação à média de todas as linhas para todas as variáveis. Depois, estas distâncias foram ordenadas, foi feita uma plotagem das distâncias ordenadas em função dos quantis da distribuição.

Foi calculado um valor de quantil da distribuição qui-quadrado como um ponto de corte considerando o índice de confiança de 99%. Todos os valores que foram superiores

ao ponto de corte adotado foram considerados *outliers* multivariados. Foram ajustados 08 modelos sendo: 02 fixos e 06 mistos, para a escolha do efeito aleatório dos modelos em questão pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML), utilizando o índice AICc. A parte aleatória do modelo de menor AICc foi escolhida para teste dos efeitos fixos.

Após a escolha da parte aleatória, foram comparados os efeitos fixos de 06 modelos. Para critério de escolha do modelo que melhor se ajusta aos dados, foi utilizado o menor valor de AICc em conjunto com o teste F entre modelos para a comparação de modelos em que a diferença foi não significativa ($P > 0,05$). O melhor ajuste foi atribuído ao modelo com menor número de parâmetros.

Com a seleção do modelo final, a normalidade e a homogeneidade dos resíduos foram avaliadas utilizando o teste de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Foi realizada a verificação de *outliers* univariados utilizando-se de boxplot dos resíduos (R Core Team, 2021).

Os efeitos de Trp e Lys foram avaliados por meio de ajuste de modelos de regressão linear. Cinco modelos foram ajustados: modelo linear de primeiro grau, modelo quadrático, modelo logarítmico, modelo raiz quadrada e modelo recíproco. O critério de seleção dos modelos foi baseado na significância dos parâmetros e no valor do coeficiente de determinação (R^2).

O nível de significância adotado em todos os testes de hipótese foi de 0,05. As análises foram realizadas utilizando-se o *software* R® (2021).

Comportamento

As análises estatísticas das variáveis comportamentais relacionadas a valores binários de sucesso e fracasso foram mensuradas observando-se as variáveis comportamentais e realizadas com base na teoria dos modelos lineares generalizados (MLG), em que os dados observados podem ser analisados a partir de distribuições pertencentes à família exponencial com um parâmetro (Nelder e Wedderburn, 1972).

O MLG é composto por um componente aleatório associado à distribuição da variável resposta, um componente sistemático linear nos parâmetros, denominado de preditor linear e uma função de ligação, que liga o componente aleatório ao sistemático, ou seja, que relacionava a média ao preditor linear (McCullagh e Nelder, 1989). A função de ligação logit foi representada por $g(\mu) = \ln(\pi/1 - \pi)$, pois a probabilidade de sucesso de um suíno apresentar um determinado comportamento apresentava melhor aderência quando modulada pela distribuição de Bernoulli, um caso particular da distribuição binomial. Para a unidade experimental (UE) em que a observação foi realizada a cada 10 minutos, a probabilidade de uma variável aleatória comportamental assumir o sucesso (valor 1) na unidade experimental (baia) seguiu a distribuição binomial, $Y \sim \text{Bin}(\mu)$, $\mu > 0$.

A estimação dos parâmetros dos modelos foi obtida utilizando-se do método da máxima verossimilhança, por meio de equações de estimação generalizadas (GEE), em que se considerou a correlação entre as observações mensuradas no decorrer dos tempos, em horas, hierarquizadas (dentro) nos tempos em minutos, pois foram medidas repetidas nas unidades experimentais. Os efeitos de lisina, triptofano e interação foram verificados na análise do tipo III e considerando a Scale deviance se apresentou próximo de 1. Quando os efeitos dos níveis dos fatores foram significativos ($P < 0,05$), foram geradas

equações de modelos múltiplos de regressão logística. Foi adotado o nível de 5% de significância. As análises foram realizadas utilizando-se o Programa Statistical Analysis System (SAS, 2009).

Resultados

Desempenho

Não houve efeito de interação ($P>0,05$) entre Trp e Lys DIE sobre as variáveis de desempenho zootécnico (Tabela 2).

Tabela 2. Desempenho zootécnico de suínos machos inteiros, de 25 a 50 kg alimentados com níveis de triptofano e lisina digestíveis ileais standardizados (DIE)

Tratamentos			PI (kg)	CDR (kg/dia)	GPD (kg/dia)	PCF (kg)	EA (kg/kg)
Trp DIE (g/kg)	Lys DIE (g/kg)	Trp:Lys					
1,35	8,0	0,169	25,07	1,52	0,80	48,00	0,53
	9,5	0,142	25,10	1,71	0,96	53,00	0,57
	11,0	0,123	25,08	1,59	0,86	50,00	0,56
	12,0	0,108	25,02	1,69	0,83	49,33	0,49
1,75	8,0	0,219	25,09	1,56	0,76	47,00	0,49
	9,5	0,184	25,06	1,79	1,00	54,12	0,56
	11,0	0,159	25,07	1,50	0,79	48,12	0,54
	12,0	0,140	25,09	1,78	1,01	54,12	0,58
2,15	8,0	0,269	25,03	1,56	0,81	48,83	0,53
	9,5	0,226	25,08	1,72	0,98	53,25	0,57
	11,0	0,195	25,00	1,51	0,83	49,12	0,56
	12,0	0,172	25,06	1,49	0,94	51,67	0,66
2,55	8,0	0,319	25,07	1,54	0,85	49,75	0,57
	9,5	0,268	25,01	1,64	0,92	51,75	0,57
	11,0	0,232	25,03	1,57	0,88	50,38	0,57
	12,0	0,204	25,01	1,64	0,89	50,88	0,55
média/DP			25,05 (0,03)	1,61 (0,10)	0,88 (0,08)	50,58 (2,22)	0,56 (0,04)
EPM			0,008	0,025	0,020	0,56	0,010
Valor-P			-	0,059	0,0004	0,0003	0,1354
Trp DIE							
Linear			-	0,399	0,053	0,101	-
Quadrático			-	0,567	0,106	0,113	-
Raiz quadrada			-	0,516	0,105	0,105	-
Logarítmico			-	0,363	0,037	0,072	-
Recíproco			-	0,323	0,025	0,050	-

GPD=0,763+0,0600Trp, $R^2=18,00\%$;

GPD=0,8016+0,2818log10Trp, $R^2=21,10\%$;

GPD=1,099-0,2395/Trp, $R^2=24,65\%$;

PCF=48,56+7,37log10Trp, $R^2=17,26\%$;

PCF=54,05-6,345/Trp, $R^2=20,68\%$

PI: peso inicial; CDR: consumo diário de ração; GPD: ganho de peso diário; PCF: peso corporal final; TCA: taxa de conversão alimentar; DP: desvio padrão; EPM: erro padrão da média.

Não houve efeito significativo para CDR ($P>0,05$). Entretanto, efeitos de Trp foram observados para GPD ($P=0,0004$) e PCF ($P=0,0003$). Considerando o modelo recíproco houve efeito de Trp sobre o GPD ($GPD=1,099-0,2395/Trp$, $R^2=24,65$) ($P=0,025$) e PCF ($PCF=54,05-6,345/Trp$, $R^2=20,68$) ($P=0,050$) (Figura 6).

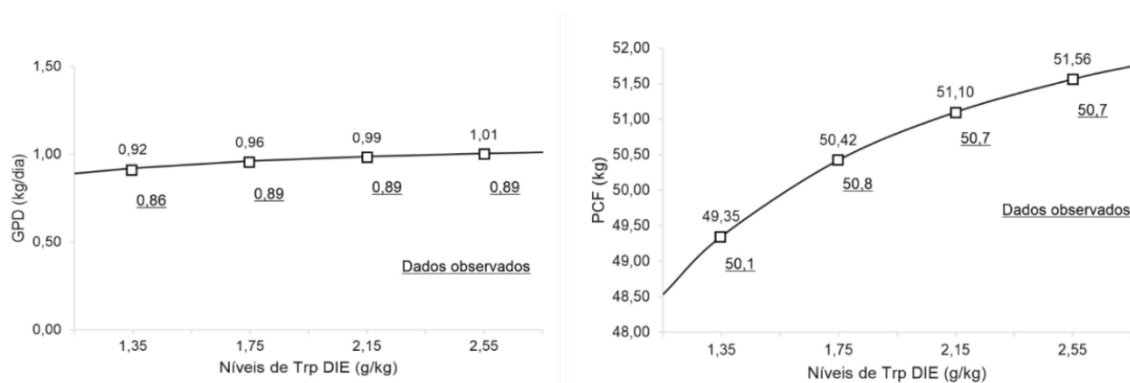


Figura 6. Estimativa de GPD por meio da equação $GPD=1,099-0,2395/Trp$; $R^2=24,65\%$, em função dos níveis de Trp DIE; Estimativa de PCF por meio da equação $PCF=54,05-6,345/Trp$; $R^2=20,68\%$, em função dos níveis de Trp DIE.

Por meio da análise de regressão polinomial, foi observado aumento linear para GPD ($GPD=0,763+0,0600Trp$, $R^2=18,00$) ($P=0,053$) à medida que aumentaram os níveis de Trp DIE nas dietas. Além disso, foi observado efeito de Trp DIE segundo o modelo logarítmico para GPD ($GPD=0,8016+0,2818\log_{10}Trp$, $R^2=21,10\%$) ($P=0,037$). Para a EA não foi observado efeito ($P>0,05$).

Variáveis plasmáticas

Não houve interação entre os AA para as variáveis plasmáticas ($P < 0,05$). No entanto, efeitos de Trp DIE foram observados sobre as variáveis plasmáticas NUP ($P = 0,032$) e ALB ($P = 0,064$) (Tabela 3).

Tabela 3. Variáveis plasmáticas de suínos machos inteiros (25 a 50 kg) alimentados com diferentes níveis de triptofano e lisina digestível ileal estandardizados (DIE).

Tratamentos			ALB	PT	NUP	CK	FA	GLI	ALT	AST
Trp DIE (g/kg)	Lys DIE (g/kg)	Trp:Lys	(g/dL)	(g/dL)	(mg/dL)	(U/L)	(U/L)	(mg/dL)	(U/L)	(U/L)
1,35	8,0	0,169	2,99	6,21	9,03	2268,5	212,38	93,07	77,6	58,71
	9,5	0,142	2,81	6,33	11,23	1436,2	339,14	86,59	55,32	67,44
	11,0	0,123	3,74	6,40	8,49	1166,2	232,55	76,34	44,72	44,58
	12,5	0,108	3,51	6,19	7,84	888,43	230,12	98,48	89,6	73,53
1,75	8,0	0,219	2,79	6,64	10,43	2396	172,07	87,05	62,24	78,07
	9,5	0,184	3,49	5,66	8,40	1493,4	172,68	85,28	77,74	90,02
	11,0	0,159	3,35	5,96	5,59	1137,8	175,84	99,41	66,03	62,03
	12,5	0,140	3,73	6,35	5,07	1120,2	207,26	85,53	51,16	51,62
2,15	8,0	0,269	3,14	6,08	9,25	1153,2	198,76	82,95	42,18	53,03
	9,5	0,226	3,52	6,20	10,08	1473,8	182,28	78,53	90,25	56,11
	11,0	0,195	4,78	5,89	7,32	1948,6	152,55	74,17	56,57	85,04
	12,5	0,172	3,42	6,33	7,79	1078,8	209,15	97,83	39,58	81,63
2,55	8,0	0,319	1,56	6,22	7,71	2640,1	243,32	85,72	60,25	51,29
	9,5	0,268	3,18	6,26	7,56	1884,8	174,92	84,88	52,3	57,71
	11,0	0,232	3,55	6,31	8,17	1449,3	189,03	76,95	40,63	76,42
	12,5	0,204	2,95	5,67	9,07	2097,1	279,81	85,42	63,62	68,47
média/ (DP)			3,28 (0,66)	6,17 (0,26)	8,31 (1,60)	1602,02 (535,31)	210,74 (47,22)	86,14 (7,79)	60,61 (16,29)	65,98 (13,63)
EPM			0,165	0,066	0,400	133,83	11,805	1,947	4,072	3,409
Valor-P			0,064*	0,853	0,031*	0,015	0,037**	0,6439	<0,001*	0,2185
Linear			0,032	-	0,009	-	0,422	-	-	-
Quadrático			0,063	-	0,947	-	0,011	-	<0,001	-
Raíz quadrada			0,128	-	0,766	-	0,012	-	<0,001	-
Logarítmico			0,023	-	0,010	-	0,330	-	-	-
Recíproco			0,018	-	0,012	-	0,255	-	-	-
ALB ^{lin} = 1,91+0,6975Trp, $R^2=57,96$;			FA ^{quad} = 1406,97-235,13Lys+11,24Lys ² , $R^2=95,78\%$							
ALB ^{log} = 2,38+3,22log ₁₀ Trp, $R^2=65,78$;			FA ^{raiz} = 4882,85+454,78Lys-2925,65Lys ^{0,5} , $R^2=97,47\%$							
ALB ^{recip} = 4,71-2,66/Trp, $R^2=72,28$			ALT ^{raiz} = -47,86-72,51Trp+183,68Trp ^{0,5} , $R^2=49,36\%$							
NUP ^{recip} = 11,84-1,795Trp, $R^2=75,92$;			ALT ^{quad} = 50,59+22,82Trp-7,39Trp ² , $R^2=46,34$							
NUP ^{log} = 10,48-7,70log ₁₀ Trp, $R^2=74,16$;										
NUP ^{recip} = 5,13+5,90/Trp, $R^2=70,53$.										

*Efeito apenas de Trp. **Efeito apenas de Lys. ALB: albumina; PT: proteínas totais; NUP: nitrogênio ureico plasmático; CK: creatinina quinase; FA: fosfatase alcalina; GLI: glicose; ALT: alanina aminotransferase; AST: aspartato aminotransferase; DP: desvio padrão; EPM: Erro padrão da média.

De acordo com o modelo recíproco, houve efeito de Trp DIE para ALB (ALB = 4,71-2,66/Trp, $R^2=72,28\%$) ($P=0,018$) e NUP (NUP = 5,13+5,90/Trp, $R^2=70,53$) ($P=0,012$) conforme aumento nos níveis de Trp DIE (Figura 7).

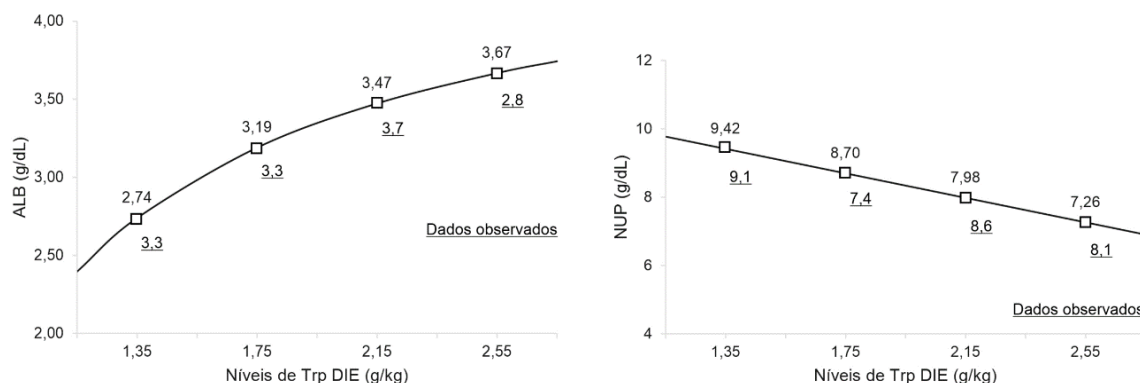


Figura 7. Estimativa de ALB por meio da equação $ALB=4,71-2,66/Trp$, $R^2=72,28\%$, em função dos níveis de Trp DIE; Estimativa de NUP por meio da equação $NUP=11,84-1,795Trp$, $R^2=75,92\%$ em função dos níveis de Trp DIE.

Houve efeito de Trp DIE pelo modelo logarítmico para ALB ($ALB=2,38+3,22\log_{10}Trp$, $R^2=65,78$) ($P=0,023$) e NUP ($NUP=10,48-7,70\log_{10}Trp$, $R^2=74,16$) ($P=0,010$). Além disso, o nível de NUP diminuiu linearmente ($NUP=11,84-1,795Trp$, $R^2=75,92$) ($P=0,009$) à medida que os níveis de Trp DIE aumentaram.

Considerando o modelo raiz quadrada houve efeito de Trp DIE para ALT ($ALT=-47,86-72,51Trp+183,68Trp^{0,5}$, $R^2=49,36\%$) ($P<0,001$), e de Lys DIE sobre a FA ($4882,85+454,78Lys-2925,65Lys^{0,5}$, $R^2=97,47\%$) ($P=0,012$) (Figura 8) em que os níveis ótimos foram estimados em 1,604 g/kg Trp DIE (68,46 U/L) e 10,34 g/kg de Lys DIE (177,60 U/L), respectivamente.

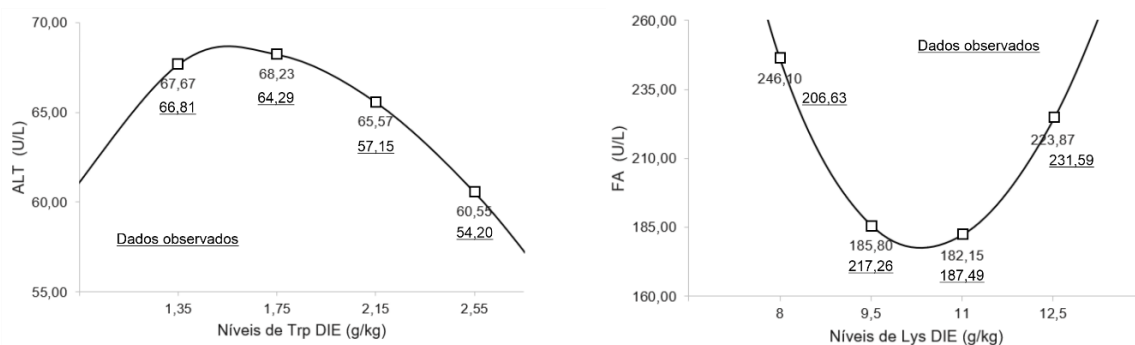


Figura 8. Estimativa de ALT por meio da equação $ALT=-47,86-72,51Trp+183,68Trp^{0,5}$, $R^2=49,36\%$, em função dos níveis de Trp DIE; Estimativa de FA por meio da equação $FA=4882,85+454,78Lys-2925,65Lys^{0,5}$, $R^2=97,47\%$, em função dos níveis de Lys DIE.

Por meio da regressão polinomial, foi observado efeito quadrático de Trp DIE para ALT ($ALT=50,59+22,82Trp-7,39Trp^2$, $R^2=46,34$) ($P<0,001$) e de Lys DIE para FA ($FA=$

1406,97-235,13Lys+11,24Lys², $R^2=95,78\%$) ($P=0,011$) em que os níveis ótimos foram estimados em 1,54 g/kg de Trp DIE (68,20 U/L) e de 10,46 g/kg de Lys DIE (177,29 U/L), respectivamente. Não houve efeito de Trp e Lys DIE sobre a PT ($P>0,05$).

Comportamento

Foi observado efeito da interação Trp:Lys DIE sobre o comportamento de ficar em pé dos suínos, no período das 12h00 até 18h00. Considerando o período total, houve efeito da interação Trp:Lys DIE sobre o comportamento de ficar em pé (figura 4), o qual aumentou em função dos níveis de ambos os AA (Tabela 4).

Tabela 4. Modelos de regressão logística múltipla do comportamento de ficar em pé (y) de suínos em função dos níveis de triptofano (Trp) e lisina (Lys) nas rações, em cada período e horário do dia (horas).

Período	Horário do dia	Modelos	Valor-P
Madrugada	0h00 até 6h00	$y = 4,1866$	0,2198*
Manhã	6h00 até 12h00	$y = 1,8393$	0,2744*
Tarde	12h00 até 18h00	$y = 0,6607 + 0,0104x\text{Trp} * \text{Lys}$	0,0254**
Noite	18h00 até 0h00	$y = 0,6379 + 2,401\text{Trp} - 0,6402\text{Trp}^2$	0,5857*
Total	24h00	$y = 1,5426 + 0,0083x\text{Trp} * \text{Lys}$	0,0051**

* Não houve efeito da inclusão de triptofano e lisina no período; **Efeito da interação Trp:Lys no período.

Para o comportamento de dormir, houve efeito da interação Trp:Lys DIE nos períodos da madrugada, manhã e no período total, em que o comportamento de dormir reduziu em função dos níveis destes AA. No período da noite houve efeito quadrático de Trp DIE, em que o comportamento de dormir reduziu até o nível de 2,06 g/kg de Trp DIE e, posteriormente, aumentou. Houve efeito da interação no período total (Tabela 5), em que o comportamento de dormir reduziu em função dos níveis de Trp e Lys DIE.

Tabela 5. Modelos de regressão logística múltipla do comportamento de dormir (y) de suínos em função dos níveis de triptofano (Trp) e lisina (Lys) nas rações, em cada período e horário do dia (horas).

Período	Horário do dia	Modelos	Valor-P
Madrugada	0h00 até 6h00	$y = -2,3838 - 0,0341x\text{Trp} * \text{Lys}$	0,0013**
Manhã	6h00 até 12h00	$y = -0,7427 - 0,0135x\text{Trp} * \text{Lys}$	0,0051**
Tarde	12h00 até 18h00	$y = -0,1683 - 0,0165x\text{Trp} * \text{Lys}$	0,0002
Noite	18h00 até 0h00	$y = 0,4784 - 3,1845\text{Trp} + 0,7937\text{Trp}^2$	0,0066
Total	24h00	$y = -1,1624 - 0,0143x\text{Trp} * \text{Lys}$	<0,0001**

* Não houve efeito da inclusão de triptofano e lisina no período; **Efeito da interação Trp:Lys no período.

Houve efeito da interação Trp:Lys DIE sobre o comportamento de comer dos suínos no período da tarde (P=0,050) (Figura 9). Considerando o período total, houve efeito quadrático de Trp DIE (P=0,0253) sobre o comportamento de comer em que o nível ótimo estimado foi de 1,93 g/k de Trp DIE (Tabela 6).

Tabela 6. Modelos de regressão logística múltipla do comportamento de comer (y) de suínos em função dos níveis de triptofano (Trp) e lisina (Lys) nas rações, em cada período e horário do dia (horas).

Período	Horário do dia	Modelos	Valor-P
Madrugada	0h00 até 6h00	$y = 2,9597$	0,4679*
Manhã	6h00 até 12h00	$y = 2,9715$	0,1742*
Tarde	12h00 até 18h00	$y = 1,6458 - 0,0628\text{Trp}^2 + 0,0195x\text{Trp} * \text{Lys}$	0,0500**
Noite	18h00 até 0h00	$y = 0,2817$	0,9368*
Total	24h00	$y = 1,3457 + 1,1979\text{Trp} - 0,3100\text{Trp}^2$	0,0253

* Não houve efeito da inclusão de triptofano e lisina no período; **Efeito da interação Trp:Lys no período.

Para o comportamento interagir, houve efeito da interação Trp:Lys DIE nos períodos da manhã, tarde e no período total (Figura 9), em que o comportamento de interagir aumentou em função dos níveis dos dois AA (Tabela 7).

Tabela 7. Modelos de regressão logística múltipla do comportamento de interagir (y) de suínos em função dos níveis de triptofano (Trp) e lisina (Lys) nas rações, em cada período e horário do dia (horas).

Período	Horário do dia	Modelos	Valor-P
Madrugada	0h00 até 6h00	$y = 4,7594$	0,3561*
Manhã	6h00 até 12h00	$y = 1,5047 + 0,0153x\text{Trp} * \text{Lys}$	0,0131**
Tarde	12h00 até 18h00	$y = 1,0614 + 0,0132x\text{Trp} * \text{Lys}$	0,0116
Noite	18h00 até 0h00	$y = -0,8638 + 4,2023\text{Trp} - 0,9853\text{Trp}^2$	0,0208
Total	24h00	$y = 1,8815 + 0,0158x\text{Trp} * \text{Lys}$	<,0001

* Não houve efeito da inclusão de triptofano e lisina no período; **Efeito da interação Trp:Lys no período.

No período da noite houve efeito quadrático ($P=0,0208$) em que o nível estimado foi de 2,13 g/k de Trp DIE.

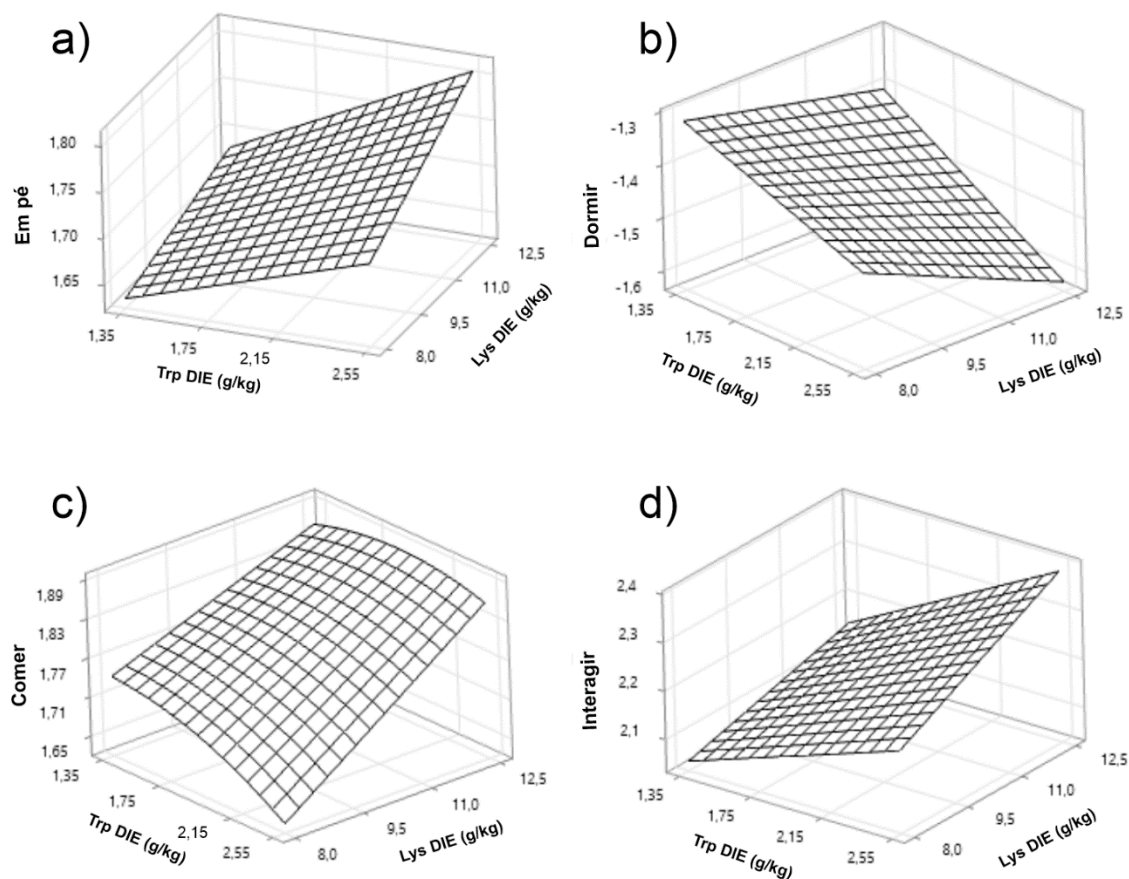


Figura 9. Gráficos de Superfície de Resposta da probabilidade da ocorrência dos comportamentos em pé (a), dormir (b) e interagir (d) no período total (24h) e comer (c) no período da tarde (12h00-18h00) para suínos machos inteiros de 25 a 50 kg alimentados com diferentes níveis de Trp e Lys digestíveis ileais estandarizados (DIE).

Discussão

Desempenho

O ganho de peso diário aumentou em função dos níveis de Trp DIE nas dietas. O modelo proposto e, conseqüentemente, a equação ajustada, apresenta R^2 relativamente baixo para uma variável de desempenho. Ao comparar as médias dos dados observados para cada nível de Trp DIE (0,86; 0,89; 0,89 e 0,89 kg/dia) com os dados ajustados, de acordo com a equação $GPD=1,099-0,2395/Trp$, observa-se a diferença (0,92, 0,96, 0,99 e 1,01 kg/dia) para GPD.

A média de GPD estimada dos tratamentos foi superior ao relatado por Liu *et al.* (2019) que trabalharam com a relação Trp:Lys DIE (15,0 a 22,5:100) para suínos castrados de 20 a 50 kg que foi de 0,70 kg/dia. Resultados inferiores foram encontrados por Gonçalves *et al.* (2018), que trabalharam com Trp (2,2 g/kg) e Lys (9,3 g/kg) para suínos em crescimento com GPD de 0,88 kg/dia.

Ao comparar as médias dos dados observados para cada nível de Trp DIE para PCF (50,1; 50,8; 50,7; 50,7 kg) com os dados ajustados, de acordo com a equação $PCF=54,05-6,345/Trp$, observa-se a diferença (49,35, 50,42, 51,10, 51,56 kg) para PCF. No entanto, o modelo proposto apresentou R^2 relativamente baixo para a variável. Quanto maior o potencial genético para deposição de músculo na carcaça, maior será a exigência de Lys para consumo diário de ração (Friesen *et al.*, 1995).

Trabalhando com níveis de Lys digestível (8,0, 9,0, 10,0, e 11,0 g/kg) com 18,08% de PB para suínos machos castrados (30 a 60 kg), Abreu *et al.* (2007) não encontraram efeito da Lys sobre o PCF.

A testosterona apresenta grande efeito na musculatura em que machos inteiros apresentam maior deposição proteica muscular do que machos castrados e desta forma, aumenta a exigência de Lys digestível (Millet *et al.*, 2011).

Neste sentido, pode-se supor que, para machos inteiros, a amplitude dos níveis de Lys utilizados em nosso estudo não foi adequada para que os animais pudessem expressar uma resposta, embora níveis acima e abaixo das exigências preconizadas pelas tabelas brasileiras (Rostagno *et al.*, 2017) e internacionais (NRC, 2012) tenham sido utilizados. No entanto, é importante ressaltar que o nível proteico utilizado nas dietas foi de 140,4 g/kg, enquanto que o nível proposto por Rostagno *et al.* (2017), para suínos machos inteiros (30 a 60 kg), e NRC (2012), para suínos machos e fêmeas em crescimento (25 a 50 kg), é de 184,1 e 131,9 g/kg da dieta, respectivamente.

Alguns estudos já demonstraram que, durante a fase de crescimento, os suínos são mais sensíveis aos níveis de PB na dieta do que na fase de terminação (Hinson *et al.*, 2009; Prandini *et al.*, 2013).

Pesquisas anteriores relataram efeitos negativos de dietas com proteína bruta abaixo das exigências na alimentação de suínos. No estudo conduzido por He *et al.* (2016), trabalhando com 12, 15 e 18 g de PB/kg de ração e com os níveis 9,4 e 9,7 g/kg de Lys para suínos de 30 a 60 kg, observaram redução no peso corporal e no ganho diário de peso com as dietas de 12 e 15% de PB. Na fase de terminação, os animais alimentados com 16% de PB apresentaram maior PCF em comparação ao nível de 10% de PB, o que levou os autores a concluírem que a redução de 6% na exigência de PB limita o desempenho de suínos em crescimento e terminação.

Em outro estudo, Gloaguen *et al.* (2014), trabalhando com diferentes níveis de PB na dieta (19,7, 16,8, 14,0 e 12,7%) com 11,5 g/kg de Lys DIE para leitões de 10 a 20 kg constataram que houve redução na retenção de N para animais alimentados com as dietas de 14 e 12,7% de PB. Os autores relataram que a redução de até 4% da exigência de PB com a suplementação de AA não compromete o desempenho. Entretanto, a redução de PB abaixo de 13,5% reduziu a eficiência alimentar, indicando que o fornecimento de N

para a síntese de AANE pode ser um fator limitante para o desempenho de leitões. Em contraste, Wang *et al.* (2018) relataram que reduzir o nível de PB em 3 a 4% e suplementar com lisina, treonina, triptofano, metionina e valina industriais não resulta em efeitos negativos no desempenho animal ou retenção de nitrogênio.

Outra hipótese que pode explicar em parte a ausência do efeito de Lys nas variáveis de desempenho pode estar ligado ao alvo da proteína quinase da rapamicina em mamíferos (*mTOR*), considerada proteína de suma importância na síntese proteica de músculo esquelético, por regular numerosos componentes envolvidos na síntese proteica (Monteiro *et al.*, 2018).

Dietas com níveis de proteína relativamente baixos podem influenciar a regulação do sistema do fator de crescimento da insulina, diminuindo os níveis de IGF-I no fígado pela *mTOR* e do receptor γ ativado pelo proliferador de peroxissoma (PPAR γ) (Wan *et al.*, 2017). Isto pode sugerir que a deposição de proteína concomitantemente a uma possível deficiência de Lys pode ter sido afetada pela mTOR e, desta forma, agravada pelo fato de que suínos machos inteiros tendem a apresentar maior síntese proteica do que suínos castrados na mesma fase (Morales *et al.*, 2013; Puls *et al.*, 2014). Estes achados vão de encontro com o estudo conduzido por Ruiz-Ascacibar *et al.* (2019) que trabalhando com níveis de Lys (10,51 g/kg e 7,54 g/kg) observaram que dietas contendo baixa PB impedem suínos machos inteiros (40 a 140 kg) de expressar todo potencial de crescimento e pode ter impacto negativo pelo fornecimento inadequado de AAE.

Apesar da Lys poder ser sintetizada a partir da transaminação de glutamato (Nelson e Cox, 2014) a quantidade de PB nas dietas em nosso estudo, abaixo das exigências recomendadas, pode ter contribuído para a síntese de outros AA a partir do ácido glutâmico, especialmente nas dietas com menores níveis de Lys.

Estes achados podem sustentar a hipótese de que mais N dos AA industriais são utilizados para a síntese de AANE deficiente do que quando os suínos são alimentados com dietas proteicas normais (Wang *et al.*, 2018).

A ausência de efeito para Lys DIE nos parâmetros de desempenho não permite recomendar um nível ótimo de Lys. Entretanto, o nível de 2,55 Trp DIE foi considerado para suínos machos inteiros em crescimento, considerando o ganho de peso diário e o peso corporal final.

Variáveis plasmáticas

Não houve interação entre os AA para as variáveis plasmáticas. A ALB plasmática predita aumentou linearmente ($P < 0,05$) de acordo com o aumento nos níveis de Trp DIE. A ALB é responsável por 60% das proteínas plasmáticas totais e é um dos principais contribuintes para a manutenção da pressão osmótica plasmática para auxiliar no transporte de lipídios e hormônios esteroides (Matejtschuk *et al.*, 2000; Shen *et al.*, 2004). No presente estudo, à medida que o Trp DIE aumentou, a ALB foi superior, considerando o modelo recíproco.

No estudo conduzido por Soto *et al.*, (2017) foi relatado que animais alimentados com dietas contendo níveis de proteína abaixo do valor de referência tendem a apresentar valores inferiores de ALB. Em nosso estudo, a suplementação de Trp na dieta pode indicar que os suínos utilizaram os AA de modo mais eficiente, o que está relacionado à maior concentração de ALB. Estes achados estão de acordo com a literatura, em que a ALB possui maior afinidade em se ligar com o Trp plasmático (Guyton e Hall, 2002). No estudo conduzido por (Bezerra *et al.*, 2016), os autores trabalharam com suínos em crescimento e relataram valores inferiores de albumina (3,1 g/dL).

Houve efeito linear para NUP ($P = 0,09$) de acordo com o aumento dos níveis de Trp DIE nas dietas. O NUP é um importante indicador pois caracteriza-se por ser resíduo de

AA que são quebrados nas células em excesso (Sterndale *et al.*, 2020). O aumento de Trp na dieta demonstra diminuir o NUP, melhorando a eficiência da utilização de N ou reduzindo a quebra de proteínas (Shen *et al.*, 2012).

De certo modo, este efeito demonstra que os AA da dieta com os maiores níveis de Trp DIE foram aproveitados com maior eficiência, o que vai de encontro aos dados de desempenho, visto que o maior nível de Trp proporcionou melhor GPD e PCF.

Em estudo anterior, foram relatados dados contrastantes por Regmi *et al.*, (2018) que não encontraram efeitos de NUP para suínos em terminação. Os autores relataram que a concentração de NUP no grupo com deficiência de Lys foi maior, pois a Lys foi o primeiro AA limitante, e depois que essa Lys deficiente foi exaurida, todos os outros AA acabaram sobrando e, desta forma, foram catabolizados pelo metabolismo do animal.

No estudo de Liu *et al.* (2019) foi relatado aumento da concentração de NUP para suínos em crescimento e em terminação à medida em que a relação Trp:Lys DIE (0,150, 0,165 0,180, 0,195, 0,210 e 0,225) aumentou. A discrepância entre o presente estudo e o de Liu *et al.* (2019) pode ser devido às diferenças fisiológicas do metabolismo de AA entre suínos castrados e suínos inteiros, visto que, a medida em que a relação Trp:Lys DIE aumentava, mais NUP ficou disponível, indicando que suínos castrados não utilizam eficientemente a proteína dietética.

Considerando o modelo raiz quadrada, houve efeito de FA ($P=0,012$) em que as maiores concentrações foram estimadas por meio de regressão em 177,60 U/L ao nível de 10,34 g/kg de Lys DIE. As fosfatases alcalinas são um grupo de enzimas que hidrolisam monoésteres de fóstato em pH alcalino (Sussman *et al.*, 1989) e atuam suprimindo as respostas inflamatórias do hospedeiro (Vaishnava e Hooper, 2007) e podem se apresentar em menores níveis de expressão em decorrência de alterações causadas pela redução do consumo de ração, alterações morfológicas e fisiológicas

intestinais (Lackeyram *et al.*, 2010). A média de FA do presente estudo foi superior ao relatado por Magnago *et al.* (2015) que, trabalhando com suínos de 23 kg de peso médio corporal alimentados com dietas com 9,4 g/kg de Lys e 1,7 g/kg de Trp, observaram o valor médio de 165,28 U/L.

Considerando o modelo raiz quadrada ($P < 0,001$) após a regressão, foi estimado o valor de 68,46 U/L e 1,604 g/kg de Trp DIE, ao qual reduziu a partir deste nível. A AST pode ser encontrada em hemácias e células musculares esqueléticas e cardíacas de praticamente todos os animais, sendo encontrado em maior quantidade no citosol e em menor quantidade no interior da mitocôndria dos hepatócitos. Sua maior concentração pode indicar lesões hepáticas e doenças crônicas em animais domésticos, principalmente de médio e pequeno porte (Thrall *et al.*, 2015). Neste sentido, a redução da concentração sérica de AST em maiores níveis de Trp em nosso presente estudo sugere que a saúde dos animais pode ter melhorado, visto que o Trp é um potente regulador da resposta imune, participando ainda de efeitos imunossupressores (Pedrosa *et al.* 2007).

No estudo de Sterndale *et al.* (2020) avaliando a suplementação de Trp DIE (2,4 2,5 e 3,4 g/kg) e diferentes relações Trp:AANCL (4,44, 5,21, 6,29 e 7,39 %) para leitões de 6,3 kg de peso médio, observaram que o Trp no plasma foi maior em ambas dietas com alto teor de Trp (6,29 e 7,39% Trp:AANCL) e níveis mais elevados de 5-HT do que a dieta com a relação Trp:AANCL 5,21%. Apesar de não ter sido avaliada a concentração sérica de 5H-T, vale ressaltar que as relações Trp:AANCL foram semelhantes ao do presente estudo. Neste sentido, o aumento de Trp e diminuição de AANCL na dieta pode ter contribuído com o aumento na capacidade do Trp de atravessar a barreira hematoencefálica para aumentar o conteúdo central de 5-HT (Sterndale *et al.*, 2020).

Comportamento

A análise de comportamento realizada nos períodos da tarde (12h00 às 18h00) ($P=0,0254$) e total (24h) ($P=0,0051$) revelou efeito da interação de Trp e Lys DIE sobre o comportamento de ficar em pé que aumentou em ambos os períodos. Da mesma forma, Poletto *et al.* (2014) relataram que porcas alimentadas com Trp foram mais ativas e permaneceram mais tempo em pé. Estes achados vão de encontro com o comportamento de interagir, no presente estudo, pois embora os animais permaneceram mais tempo em pé, à medida que o nível de Trp e Lys aumentou, este tempo foi despendido em maior interação com o animal da baia vizinha, atividade exploratória, farejando e não em comportamento hostil. De certo modo, os níveis utilizados de Trp foram suficientes para a ativação do sistema serotoninérgico e, neste sentido, o comportamento agressivo tende a ser diminuído (D’earth *et al.*, 2005). Em contraste, Shen *et al.* (2012) relataram que o tempo despendido para atividades como comer e ficar em pé não foram afetados pelo Trp dietético.

Para a variável dormir, houve efeito da interação de Trp e Lys DIE nos períodos da madrugada (0h00 às 6h00) ($P=0,0013$), manhã (6h00 até 12h00) ($P=0,0051$) e período total (24h) ($P<0,0001$) que reduziu conforme aumentou os níveis. Resultados semelhantes foram encontrados no estudo conduzido por Castilha *et al.*, (2016) que trabalhando com suínos machos alimentados com dietas contendo Trp (1,3, 1,55, 1,80 e 2,05 g/kg) de 70 a 100 kg, relataram que o comportamento de dormir diminuiu linearmente conforme o conteúdo de Trp nas dietas aumentou e o comportamento alimentar apresentou resposta quadrática. No mesmo estudo, com marrãs de 70 a 100 kg, houve efeito quadrático para o comportamento de dormir no período diurno que reduziu conforme o nível de Trp aumentou. Estes efeitos podem estar relacionados à produção de 5-HT no cérebro, como papel antidepressivo. A falha em aumentar a produção de 5-HT

resultaria na depressão, que se refere como comportamento passivo e quiescente (Shen *et al.*, 2012).

Os resultados obtidos no presente estudo mostraram uma diminuição da frequência de visita aos comedouros (comportamento de comer), durante o período total (24h00) ($P=0,0253$) conforme aumentou o nível de Trp DIE. De certo modo, estes dados são contrastantes com a literatura, pois, espera-se que quanto maior o nível de Trp na dieta, maior será a produção de serotonina que está diretamente relacionada com o aumento do apetite (Henry *et al.*, 1992). No entanto, este achado não foi evidenciado no consumo diário de ração destes animais no presente estudo. Isto pode sugerir que os altos níveis de estresse podem influenciar na ação do Trp, pois quando o animal está neste estado, altos níveis de cortisol podem desencadear alterações metabólicas e, deste modo, podem comprometer o desempenho (Lay e Wilson, 2004).

Resultados semelhantes foram encontrados por Sterndale *et al.* (2020) que avaliando a suplementação de Trp DIE (2,4 2,5 e 3,4 g/kg) e diferentes relações Trp:AANCL (4,44, 5,21, 6,29 e 7,39 %) para leitões de 6,3 kg de peso médio observaram aumento nos níveis circulantes de Trp que, provavelmente, causaram níveis séricos mais altos de 5-HT. Isto sugere que os AANCL podem ter interferido e pode explicar em parte a diminuição da frequência de visitas ao comedouro.

O comportamento de interagir, para os períodos da tarde (12h00 às 18h00) ($P=0,0051$) e período total (24h) ($P=0,0051$), aumentou à medida que os níveis de Trp e Lys DIE aumentaram. Neste sentido, o aumento de Trp concomitantemente com a Lys pode ter contribuído com aumento da atividade destes animais. É provável que a disponibilidade de Trp no cérebro destes animais tenha aumentado, bem como a síntese de 5-HT.

Este resultado é consistente com os achados de Poletto *et al.* (2014) que observaram aumento nos comportamentos exploratórios para porcas alimentadas com dietas enriquecidas com Trp.

Em contraste, os resultados de nosso estudo diferem de McIntyre e Edwards (2002), que, trabalhando com suínos em crescimento de 21,9 kg de peso médio alimentados com dietas contendo Lys (12 g/kg), Trp (1,2 2,2 e 3,2 g/kg) com diferentes relações Trp:AANCL (2,45, 4,41, 4,64, 4,70 e 6,69 %) com uma mistura de amido, relataram que os animais alimentados com dietas com excesso de Trp foram menos ativos e passaram a maior parte do tempo dormindo. Segundos os autores, aumentar o Trp na dieta de suínos pode reduzir a atividade exploratória e possivelmente reduzir a incidência de comportamentos agonísticos como morder a cauda.

Em contraste, Stracke *et al.* (2017) trabalhando com uma dieta controle de Trp (2,5 g/kg) e outra enriquecida (10,2 g/kg), para suínos com 08 semanas de idade, constataram que a suplementação de Trp não influenciou o comportamento e, desta forma, não melhorou o estado afetivo e o bem-estar destes animais. Pesquisas anteriores relataram que alimentação de Trp acima das quantidades necessárias para crescimento ótimo reduziu a atividade comportamental geral, com potencial para reduzir a caminhada e a exploração da baia em marrãs em crescimento (Fernstrom, 1974; Linder *et al.*, 2007).

No estudo conduzido por Li *et al.* (2006) não encontraram efeito para suínos em crescimento/terminação alimentados com dieta enriquecida de Trp à curto prazo sobre a incidência ou frequência de interações agressivas. Por outro lado, observaram que o tempo despendido para lutas foi significativamente reduzido no grupo com suplementação de Trp.

Avaliando o comportamento de suínos em crescimento, alimentados com dietas contendo Trp (1 1,75 2,5 g/kg DIE), Henry *et al.* (2018) relataram que a suplementação

de L-Trp não influenciou o desempenho, comportamento ou agressão de suínos em crescimento.

Um estudo realizado por Henry *et al.* (2022) apresentou resultados divergentes ao presente estudo. Os autores avaliaram o comportamento de suínos em crescimento em relação aos níveis de Trp dietético. No primeiro estudo, foram utilizados os níveis de Trp 1, 1,75 e 2,50%, enquanto que, no segundo estudo, foram utilizados os níveis de Trp 0,8, 1,05 e 1,30%. Contudo, a dieta não demonstrou efeito sobre o comportamento. Segundo os autores, embora o aumento do Trp dietético no primeiro estudo tenha ocasionado aumento do Trp plasmático, não foi observado efeito do tratamento dietético no comportamento de morder a orelha nas condições estudadas.

Em nosso estudo, o conteúdo de proteína bruta da dieta (140,4 g/kg) utilizado foi reduzido em comparação com o NRC (2012) e suplementado com AA industriais. Dietas ricas em proteínas podem aumentar o AANCL plasmático e, posteriormente, diminuir a 5-HT hipotalâmica (Shen *et al.*, 2012).

Na literatura foi relatado que a ação do Trp pode ser influenciada pelo aumento dos AANCL na dieta (McIntyre e Edwards, 2002; Shen *et al.*, 2012; Sterndale *et al.*, 2020) pois, devido à estrutura semelhante, competem entre si pela absorção, transporte e degradação (Ren *et al.*, 2014) e apenas 1% do total de Trp ingerido é convertido em 5-HT (Le Floc'h e Seve, 2007). No estudo conduzido por Shen *et al.* (2015) avaliando os efeitos da suplementação dietética de curto prazo de L-Trp e redução dos AANCL (AANCL; valina, leucina, isoleucina, tirosina e fenilalanina), para suínos em creche e em crescimento, observaram que a redução de AANCL é um método válido para reduzir os níveis de suplementação de Trp necessários para mitigar a resposta ao estresse.

Neste sentido, é válido utilizar da estratégia de reduzir a proteína bruta para regular a disponibilidade relativa de L-Trp para AANCL (Trp:AANCL) que pode dar ao Trp uma vantagem para o acesso ao cérebro, alterando assim a concentração da 5-HT hipotalâmica.

A discrepância entre o presente estudo e os trabalhos descritos na literatura pode ser atribuída às diferenças de fisiologia do metabolismo de AA e ao estágio de crescimento do animal e, principalmente, a relação Trp:AANCL, visto que a regulação do AANCL circulante pode influenciar a disponibilidade de Trp no córtex e a biossíntese de 5-HT (Sterndale *et al.*, 2020).

É importante ressaltar que os suínos utilizados em nosso estudo permaneceram juntos desde a fase de adaptação, anterior ao período experimental, formando um grupo social estável e, deste modo, interações agonísticas não foram evidentes durante as observações.

Conclusões

Considerando as variáveis de desempenho, plasmáticas e comportamentais, o melhor nível de Trp DIE foi de 2,55 g/kg, para suínos machos inteiros, dos 25 aos 50 kg, alimentados com dietas contendo 140,4 g/kg de proteína bruta.

Agradecimentos. Os autores gostariam de agradecer à Universidade Estadual do Oeste (UNIOESTE) por toda infraestrutura, alunos e funcionários prestados.

Apoio financeiro. Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq / Brasil) pelo financiamento do projeto e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES /Brasil), pela bolsa de estudos.

Referências

- ABREU, M. L. T. de; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. de; OLIVEIRA, A. L. S. de; HAESE, D.; PEREIRA, A. A. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético, dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, fev. 2007.
- ABREU, M. L. T. de; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. de; OLIVEIRA, A. L. S. de; SILVA, F. C. de O.; MOITA, A. M. S. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3 suppl, p. 1039–1046, jun. 2006.
- ANCKEN, A. C. B. v; TORRI, A. R. Homeopatia no Tratamento de Doenças Hepáticas e Vesiculares em Cães e Gatos. **Revista Conselho Federal de Medicina Veterinária -CFMV**, p. 42–46, 2016.
- AUGSPURGER, N. R.; BAKER, D. H. Excess Dietary Lysine Increases Growth of Chicks Fed Niacin-Deficient Diets, but Dietary Quinolinic Acid Has No Niacin-Sparing Activity. **Poultry Science**, v. 86, n. 2, fev. 2007.
- BACQUÉ-CAZENAVE, J.; BHARATIYA, R.; BARRIÈRE, G.; DELBECQUE, J.-P.; BOUGUIYOUN, N.; DI GIOVANNI, G.; CATTART, D.; DE DEURWAERDÈRE, P. Serotonin in Animal Cognition and Behavior. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 5, 28 fev. 2020.
- BERTOLONI, W.; SILVEIRA, E. T. F.; COSTA, M. de R.; LUDTKE, C. B. Avaliação de diferentes híbridos suínos submetidos à insensibilização elétrica e gasosa (CO₂). Parte 3: mensurações visuais de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 555–563, 2006.
- BEZERRA, B. M. O.; OLIVEIRA, A. M. A. de; SILVA, C. V. O.; ANDRADE, T. S.; GUEDES, R. F. de M.; LEMOS, J. C.; EVANGELISTA, J. N. B.; NUNES-PINHEIRO, D. C. S. **Fatores inerentes às fases de creche, crescimento e terminação influenciam marcadores da atividade muscular, do metabolismo proteico e do estresse oxidativo em suínos** *Rev. Bras. Med. Vet.* [s.l: s.n.].
- BROWN, J. A.; CLINE, T. R. Urea Excretion in the Pig: an Indicator of Protein Quality and Amino Acid Requirements. **The Journal of Nutrition**, v. 104, n. 5, 1 maio 1974.
- CAI, Y.; ZIMMERMAN, D. R.; EWAN, R. C. Diurnal Variation in Concentrations of Plasma Urea Nitrogen and Amino Acids in Pigs Given Free Access to Feed or Fed Twice Daily. **The Journal of Nutrition**, v. 124, n. 7, 1 jul. 1994.
- CASTILHA, L. D.; SANGALI, C. P.; ESTEVES, L. A. C.; MUNIZ, C. F.; FURLAN, A. C.; VASCONCELLOS, R. S.; POZZA, P. C. Day-night behaviour and performance of barrows and gilts (70–100kg) fed low protein diets with different levels of

- tryptophan and B6 vitamin. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 180, p. 35–42, jul. 2016.
- COMA, J.; ZIMMERMAN, D. R.; CARRION, D. Relationship of rate of lean tissue growth and other factors to concentration of urea in plasma of pigs. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 12, 1995.
- D'EATH, R. B.; ORMANDY, E.; LAWRENCE, A. B.; SUMNER, B. E. H.; MEDDLE, S. L. Resident-Intruder Trait Aggression is Associated with Differences in Lysine Vasopressin and Serotonin Receptor 1A (5-HT1A) mRNA Expression in the Brain of Pre-Pubertal Female Domestic Pigs (*Sus scrofa*). **Journal of Neuroendocrinology**, v. 17, n. 10, p. 679–686, out. 2005.
- FAUCITANO, L.; LAMBOOIJ, E. Transport of pigs. *Em: Livestock handling and transport*. Wallingford: CABI, 2019.
- FERNANDES, A. R.; PENA, M. S. de; CARMO, M. A. do; COUTINHO, G. de A.; BENEVENUTO JUNIOR, A. A. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos sob castração cirúrgica ou imunológica. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, n. 2, p. 303–312, jun. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-99402017000200303&lng=pt&tlng=pt>.
- FIALHO, E. T.; SILVA, H. O.; LIMA, J. A. de F.; LARA, L. B.; SILVA, L. F. Efeito da fitase sobre o desempenho e teor de uréia no plasma de suínos na fase de crescimento. **NNR**, 2004.
- FRIESEN, K. G.; NELSEN, J. L.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D.; UNRUH, J. A.; KROPF, D. H.; KERR, B. J. The effect of dietary lysine on growth, carcass composition, and lipid metabolism in high-lean growth gilts fed from 72 to 136 kilograms. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 11, p. 3392–3401, 1 nov. 1995. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/73/11/3392-3401/4718801>>.
- GLOAGUEN, M.; LE FLOC'H, N.; CORRENT, E.; PRIMOT, Y.; VAN MILGEN, J. The use of free amino acids allows formulating very low crude protein diets for piglets1. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 2, 1 fev. 2014.
- GONÇALVES, M. A. D.; TOKACH, M. D.; BELLO, N. M.; TOUCHETTE, K. J.; GOODBAND, R. D.; DEROUCHÉY, J. M.; WOODWORTH, J. C.; DRITZ, S. S. Dose-response evaluation of the standardized ileal digestible tryptophan: Lysine ratio to maximize growth performance of growing-finishing gilts under commercial conditions. **Animal**, v. 12, n. 7, p. 1380–1387, 1 jul. 2018.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. v. 10973-undefined p.
- HE, L.; WU, L.; XU, Z.; LI, T.; YAO, K.; CUI, Z.; YIN, Y.; WU, G. Low-protein diets affect ileal amino acid digestibility and gene expression of digestive enzymes in growing and finishing pigs. **Amino Acids**, v. 48, n. 1, 26 jan. 2016.

- HENRY, M.; FRIENDSHIP, R.; SHOVELLER, A.; TUCKER, A. PSI-15 Effect of L-tryptophan on aggression, aberrant behaviour and growth in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. suppl_3, p. 64–64, 7 dez. 2018.
- HENRY, Y.; SÈVE, B.; COLLÉAUX, Y.; GANIER, P.; SALIGAUT, C.; JÉGO, P. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin1. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 6, p. 1873–1887, 1 jun. 1992. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/70/6/1873-1887/4631996>>.
- ISHIDA, A.; KYOYA, T.; NAKASHIMA, K.; KATSUMATA, M. Muscle Protein Metabolism during Compensatory Growth with Changing Dietary Lysine Levels from Deficient to Sufficient in Growing Rats. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, v. 57, n. 6, p. 401–408, 2011. Disponível em: <<http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.JSTAGE/jnsv/57.401?from=CrossRef>>.
- JAYARAMAN, B.; HTOO, J. K.; NYACHOTI, C. M. Effects of different dietary tryptophan : lysine ratios and sanitary conditions on growth performance, plasma urea nitrogen, serum haptoglobin and ileal histomorphology of weaned pigs. **Animal Science Journal**, v. 88, n. 5, maio 2017.
- KELLNER, T.; GOLD, S. A.; KOEHLER, D.; COURTNEY, L.; GESING, L.; PATIENCE, J. F. **Determination of SID Tryptophan to Lysine Ratio in Nursery Pigs**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://lib.dr.iastate.edu/ans_air/vol663/iss1/62/>.
- KELLNER, T.; GOLD, S. A.; KOEHLER, D.; COURTNEY, L.; GESING, L.; PATIENCE, J. F. **Determination of SID Tryptophan to Lysine Ratio in Nursery Pigs**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://lib.dr.iastate.edu/ans_air/vol663/iss1/62/>.
- KIM, S. W.; MATEO, R. D.; YIN, Y.-L.; WU, G. Functional Amino Acids and Fatty Acids for Enhancing Production Performance of Sows and Piglets. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 20, n. 2, 27 nov. 2006.
- LACKEYRAM, D.; YANG, C.; ARCHBOLD, T.; SWANSON, K. C.; FAN, M. Z. Early Weaning Reduces Small Intestinal Alkaline Phosphatase Expression in Pigs. **The Journal of Nutrition**, v. 140, n. 3, 1 mar. 2010.
- LAY, D. C.; ENNEKING, S. A.; ANDERSON, N. C.; RICHERT, B. T.; SAPKOTA, A. Effect of short-term high tryptophan diet fed to sows on their subsequent piglet behavior. **Translational Animal Science**, v. 5, n. 3, 1 jul. 2021.
- LE FLOC'H, N.; MATTE, J. J.; MELCHIOR, D.; VAN MILGEN, J.; SÈVE, B. A moderate inflammation caused by the deterioration of housing conditions modifies Trp metabolism but not Trp requirement for growth of post-weaned piglets. **animal**, v. 4, n. 11, p. 1891–1898, 2 nov. 2010.
- LE FLOC'H, N.; SEVE, B. Biological roles of tryptophan and its metabolism: Potential implications for pig feeding. **Livestock Science**, v. 112, n. 1–2, p. 23–32, out. 2007. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871141307004167>>.

- LEATHWOOD, P. D. Tryptophan Availability and Serotonin Synthesis. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 46, n. 1, p. 143–156, 28 fev. 1987.
- LIU, J. B.; YAN, H. L.; CAO, S. C.; LIU, J.; LI, Z. X.; ZHANG, H. F. The response of performance in grower and finisher pigs to diets formulated to different tryptophan to lysine ratios. **Livestock Science**, v. 222, p. 25–30, abr. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871141319301234>>.
- MAGNAGO, J. G. P.; HAESE, D.; KILL, J. L.; SOBREIRO, R. P.; PUPPO, D. del; SANT'ANNA, D.; SARAIVA, A.; LORENZONI, L. L.; PIMENTEL, R. B. Níveis de fitase sobre o desempenho, parâmetros ósseos e bioquímicos de suínos alimentados com ração de origem vegetal sem inclusão de fosfato bicálcico. **Ciência Rural**, v. 45, n. 7, p. 1286–1291, 22 maio 2015.
- MATTE, J. J.; LEFLOC'H, N.; PRIMOT, Y.; LESSARD, M. Interaction between dietary tryptophan and pyridoxine on tryptophan metabolism, immune responses and growth performance in post-weaning pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 170, n. 3–4, p. 256–264, dez. 2011.
- MCINTYRE, J.; EDWARDS, S. A. An investigation into the effect of tryptophan on tail chewing behaviour of growing pigs. **Proceedings of the British Society of Animal Science**, v. 2002, p. 34–34, 20 nov. 2002.
- MEYER, D. J.; HARVEY, J. W. **Veterinary Laboratory Medicine: Interpretation & Diagnosis**. 3. ed. [s.l.] Saunders, 2004. 351 p.
- MILLET, S.; GIELKENS, K.; DE BRABANDER, D.; JANSSENS, Geert P. J. Considerations on the performance of immunocastrated male pigs. **Animal**, v. 5, n. 7, 2011.
- MONTEIRO, A. N. T. R.; HUEPA, L. M. D.; CASTILHA, L. D.; POZZA, P. C. Síntese proteica em suínos: como fêmeas, machos não castrados e castrados respondem a este processo? **Pubvet**, v. 12, n. 1, p. 1–10, jan. 2018. Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br/artigo/4354/siacutentese-proteica-em-suiacutenos-como-fecircmeas-machos-natildeo-castrados-e-castrados-respondem-a-este-processo>>.
- MORALES, J. I.; SERRANO, M. P.; CÁMARA, L.; BERROCOSO, J. D.; LÓPEZ, J. P.; MATEOS, G. G. Growth performance and carcass quality of immunocastrated and surgically castrated pigs from crossbreds from Duroc and Pietrain sires1. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 8, 1 ago. 2013.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger principles of biochemistry**. 6. ed. São Paulo: Artmed, 2014.
- NEWMAN, D. J. Renal function and nitrogen metabolites. **Tietz textbook of clinical chemistry**, p. 1204–1270, 1999.
- NRC. **Nutrient Requirements of Swine**. Washington, D.C.: National Academies Press, 2012.

- OLIVEIRA, G. M.; FERREIRA, A. S.; CAMPOS, P. F.; RODRIGUES, V. v.; SILVA, F. C. O.; SANTOS, W. G.; LIMA, A. L.; RODRIGUES, P. G.; LOPES, C. C. Digestible tryptophan to lysine ratios for weaned piglets at 26 days of age. **Animal Production Science**, v. 57, n. 10, p. 2027, 2017. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/?paper=AN15504>>.
- PASQUETTI, T. J.; ESTEVES, L. A. C.; DE PAULA, V. R. C.; BONAGÚRIO, L. P.; TANAMATI, W.; FACHINELLO, M. R.; OLIVEIRA, N. T. E.; POZZA, P. C. Standardized ileal digestible tryptophan and lysine for 15–30 kg gilts. **The Journal of Agricultural Science**, v. 158, n. 7, 9 set. 2020.
- PASQUETTI, T. J., POZZA, P. C., MOREIRA, I. **TRIPTOFANO PARA LEITÕES E SUA RELAÇÃO COM A LISINA NA FASE INICIAL**. 2014. 2014. Disponível em: <<http://sites.uem.br/ppz/trabalhos-de-conclusao/teses/2014/tiago-junior-pasquetti.pdf>>.
- PEREIRA, A. A.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. de; ABREU, M. L. T. de; SILVA, F. C. de O.; MARTINS, M. dos S. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético na fase dos 97 aos 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 1984–1989, nov. 2008.
- POLETTI, R.; KRETZER, F. C.; HÖTZEL, M. J. Minimizing aggression during mixing of gestating sows with supplementation of a tryptophan-enriched diet. **Physiology & Behavior**, v. 132, p. 36–43, jun. 2014.
- POLETTI, R.; MEISEL, R. L.; RICHERT, B. T.; CHENG, H.-W.; MARCHANT-FORDE, J. N. Aggression in replacement grower and finisher gilts fed a short-term high-tryptophan diet and the effect of long-term human–animal interaction. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 122, n. 2–4, jan. 2010.
- PULS, C. L.; ELLIS, M.; MCKEITH, F. K.; GAINES, A. M.; SCHROEDER, A. L. Effects of ractopamine on growth performance and carcass characteristics of immunologically and physically castrated barrows and gilts. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 10, 1 out. 2014.
- REGMI, N.; WANG, T.; CRENSHAW, M. A.; RUDE, B. J.; LIAO, S. F. Effects of dietary lysine levels on the concentrations of selected nutrient metabolites in blood plasma of late-stage finishing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 102, n. 2, p. 403–409, 1 abr. 2018.
- REN, M.; LIU, C.; ZENG, X.; YUE, L.; MAO, X.; QIAO, S.; WANG, J. Amino acids modulates the intestinal proteome associated with immune and stress response in weaning pig. **Molecular Biology Reports**, v. 41, n. 6, 9 jun. 2014.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. v.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488 p.

- RUIZ-ASCACIBAR, I.; STOLL, P.; KREUZER, M.; BEE, G. Dietary CP and amino acid restriction has a different impact on the dynamics of protein, amino acid and fat deposition in entire male, castrated and female pigs. **Animal**, v. 13, n. 1, 2019.
- SHEN, Y. bin; VOILQUÉ, G.; ODLE, J.; KIM, S. W. Dietary L-Tryptophan Supplementation with Reduced Large Neutral Amino Acids Enhances Feed Efficiency and Decreases Stress Hormone Secretion in Nursery Pigs under Social-Mixing Stress. **The Journal of Nutrition**, v. 142, n. 8, p. 1540–1546, 1 ago. 2012.
- SHEN, Y. B.; COFFEY, M. T.; KIM, S. W. Effects of short term supplementation of l-tryptophan and reducing large neutral amino acid along with l-tryptophan supplementation on growth and stress response in pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 207, p. 245–252, set. 2015.
- SILVA, M. A.; BARBARINO JUNIOR, P. E.; GUASTALE, S. R. Recomendações nutricionais para machos inteiros submetidos à imunocastração. Em: 3rd International Symposium on Nutritional Requirements of Poultry and Swine, 2011, Viçosa. [...]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. p. 353–375.
- SOTO, J.; TOKACH, M. D.; TOUCHETTE, K. J.; DRITZ, S. S.; WOODWORTH, J. C.; DEROUCHÉY, J. M.; GOODBAND, R. D. Evaluation of Standardized Ileal Digestible Tryptophan:Lysine Ratio on Growth Performance and Carcass Characteristics of Finishing Pigs Fed with or without Ractopamine HCl. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, v. 3, n. 7, 1 jan. 2017. Disponível em: <<https://newprairiepress.org/kaesrr/vol3/iss7/35>>.
- STERNDALÉ, S. O.; MILLER, D. W.; MANSFIELD, J. P.; KIM, J. C.; PLUSKE, J. R. Increasing dietary tryptophan in conjunction with decreasing other large neutral amino acids increases weight gain and feed intake in weaner pigs regardless of experimental infection with enterotoxigenic Escherichia coli. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 8, 1 ago. 2020.
- STRACKE, J.; OTTEN, W.; TUCHSCHERER, A.; WITTHAHN, M.; METGES, C. C.; PUPPE, B.; DÜPJAN, S. Dietary tryptophan supplementation and affective state in pigs. **Journal of Veterinary Behavior**, v. 20, jul. 2017.
- STRAW, B. E.; ZIMMERMAN, J. J.; D'ALLAIRE, S.; TAYLOR, D. J. **Diseases of Swine**. 9. ed. [s.l.] Wiley-Blackwell, 2006. 1153 p.
- SUPAKORN, C.; LENTS, C.; STOCK, J. D.; VALLET, J. L.; PRINCE, T. J.; PHILLIPS, C. E.; BOYD, R. D.; DEDECKER, A. E.; STALDER, K. **Effect of Ad libitum Feeding of Gilt Developer Diets Differing in Standard Ileal Digestive Lysine Concentrations on Growth Traits**. [s.l.: s.n.].
- SUSSMAN, N. L.; ELIAKIM, R.; RUBIN, D.; PERLMUTTER, D. H.; DESCHRYVER-KECSKEMETI, K.; ALPERS, D. H. Intestinal alkaline phosphatase is secreted bidirectionally from villous enterocytes. **American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology**, v. 257, n. 1, 1 jul. 1989.

- THRALL, M. A.; WEISER, G.; ALISSON, R. W.; CAMPBELL, T. W. **Hematologia e Bioquímica clínica veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015. 1590 p.
- VAISHNAVA, S.; HOOPER, L. v. Alkaline Phosphatase: Keeping the Peace at the Gut Epithelial Surface. **Cell Host & Microbe**, v. 2, n. 6, dez. 2007.
- WAN, X.; WANG, S.; XU, J.; ZHUANG, L.; XING, K.; ZHANG, M.; ZHU, X.; WANG, L.; GAO, P.; XI, Q.; SUN, J.; ZHANG, Y.; LI, T.; SHU, G.; JIANG, Q. Dietary protein-induced hepatic IGF-1 secretion mediated by PPAR γ activation. **PLOS ONE**, v. 12, n. 3, 3 mar. 2017.
- WANG, Y. M.; YU, H. T.; ZHOU, J. Y.; ZENG, X. F.; WANG, G.; CAI, S.; HUANG, S.; ZHU, Z. P.; TAN, J. J.; JOHNSTON, L. J.; LEVESQUE, C. L.; QIAO, S. Y. Effects of feeding growing-finishing pigs with low crude protein diets on growth performance, carcass characteristics, meat quality and nutrient digestibility in different areas of China. **Animal Feed Science and Technology**, v. 256, set. 2019.
- WANG, Y.; ZHOU, J.; WANG, G.; CAI, S.; ZENG, X.; QIAO, S. Advances in low-protein diets for swine. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 9, n. 1, 19 dez. 2018.
- YIN, J.; LI, Y.; HAN, H.; LIU, Z.; ZENG, X.; LI, T.; YIN, Y. Long-term effects of lysine concentration on growth performance, intestinal microbiome, and metabolic profiles in a pig model. **Food & Function**, v. 9, n. 8, p. 4153–4163, 2018. Disponível em: <<http://xlink.rsc.org/?DOI=C8FO00973B>>.