

GREGÓRIO MURILO DE OLIVEIRA JÚNIOR

**RELAÇÕES TRIPTOFANO E TREONINA DIGESTÍVEIS COM LISINA  
DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA LEITÕES PÓS-DESMAME CRIADOS EM  
AMBIENTES COM E SEM DESAFIO SANITÁRIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2012

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

O48r  
2012

Oliveira Júnior, Gregório Murilo de, 1980-  
Relações triptofano e treonina digestíveis com lisina  
digestível em dietas para leitões pós-desmame criados em  
ambientes com e se desafio sanitário / Gregório Murilo de  
Oliveira Júnior. – Viçosa, MG, 2012.  
viii, 99f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Aloízio Soares Ferreira  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Suíno - Alimentação e rações. 2. Aminoácidos na  
nutrição animal. 3. Sistema imunológico. 4. Nutrição animal.  
5. Citocinas. 6. Suíno – Registros de desempenho. 7. Diarréia.  
8. Órgãos (Anatomia). 9. Nitrogênio na nutrição animal.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 636.40855

GREGÓRIO MURILO DE OLIVEIRA JÚNIOR

**RELAÇÕES TRIPTOFANO E TREONINA DIGESTÍVEIS COM LISINA  
DIGESTÍVEL EM DIETAS PARA LEITÕES PÓS-DESMAME CRIADOS EM  
AMBIENTES COM E SEM DESAFIO SANITÁRIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 09 de maio de 2012.

---

Juarez Lopes Donzele

---

Márcio Gilberto Zangeronimo

---

Francisco Carlos de Oliveira Silva

---

Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele

---

Prof. Aloízio Soares Ferreira  
(Orientador)

À Deus, por sua misericórdia e por estar presente em todos os momentos.  
Aos meus pais “Puri e Dona Inêz” pelo imenso amor intransponível.  
Às minhas irmãs, Aline, Liliane, Luciane e Zozó, pela amizade e confiança.  
Aos meus sobrinhos e familiares.  
Ao meu orientador e amigo Aloízio.  
Aos meus coorientadores.  
Aos membros da banca.  
Aos amigos e companheiros de trabalho e estrada.  
Aos meus estimáveis amigos.

Deixo-lhes aqui ainda uma passagem da bíblia que eu mais gosto

### 1 Coríntios 13. *A suprema excelência da caridade*

*“Ainda que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos, e não tivesse amor, seria como o metal que soa ou como o sino que retine.*

*E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria.*

*E ainda que distribuísse todos os meus bens para sustento dos pobres, e ainda que entregasse o meu corpo para ser queimado, e não tivesse amor, nada disso me aproveitaria.*

*O amor é sofredor, é benigno; o amor não é invejoso; o amor não se vangloria, não se ensoberbece, não se porta inconvenientemente, não busca os seus próprios interesses, não se irrita, não suspeita mal; não se regozija com a injustiça, mas se regozija com a verdade; tudo sofre, tudo crê, tudo espera, tudo suporta.*

*O amor jamais acaba; mas havendo profecias, serão aniquiladas; havendo línguas, cessarão; havendo ciência, desaparecerá; porque, em parte conhecemos, e em parte profetizamos; mas, quando vier o que é perfeito, então o que é em parte será aniquilado.*

*Quando eu era menino, pensava como menino; mas, logo que cheguei a ser homem, acabei com as coisas de menino.*

*Porque agora vemos como por espelho, em enigma, mas então veremos face a face; agora conheço em parte, mas então conhecerei plenamente, como também sou plenamente conhecido.*

*Agora, pois, permanecem a fé, a esperança, o amor, estes três; mas o maior destes é o amor.”*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do Curso e acolhimento durante o doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro ao experimento.

Ao professor Aloízio Soares Ferreira, pelo apoio, pela amizade, pela confiança, pelos ensinamentos transmitidos e pela orientação durante o curso de Pós-Graduação e a execução deste trabalho.

Aos professores conselheiros Francisco Carlos de Oliveira Silva e Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele pelas críticas e sugestões para o enriquecimento deste trabalho.

Aos membros da Banca Examinadora e amigos, Professor Dr. Juarez Lopes Donzele e Professor Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo, pelas sugestões.

Àqueles que me ajudaram durante o decorrer do experimento, aos funcionários do setor de suinocultura, em especial ao Dedeco e os demais estagiários do setor pela grande ajuda.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da UFV, Alessandro, Chico, Dedeco, Marreco, Raimundo, Tãozinho, Vítor e Valdeir, pela ajuda indispensável.

Aos amigos Ana Paula Gomide, Anderson, Gabriel, Humberto, Marcos, Priscila, Sandra, Valéria e tio Wilams pela amizade, ajuda, tolerância e pelo companheirismo em minha caminhada.

Aos meus pais Puri e Inêz, minhas irmãs Aline, Liliane, Luciane e Zozó, pelo incentivo, amor, apoio nas horas difíceis e, acima de tudo, pelos ensinamentos e entendimento de meu trabalho e pelo exemplo de vida, os quais sem eles se tornaria impossível a realização deste sonho.

Ao meu companheiro de casa e inestimável amigo Humberto pela convivência, pelo apoio e por compartilhar os sonhos nestes anos de doutorado.

Aos meus poucos e verdadeiros amigos, pelo incentivo, determinação e convivência; além dos conselhos e amor em mim depositado.

Às pessoas que fizeram parte de minha vida nesses anos, trazendo alegria, superação e por permitir acreditar mais nos sentimentos do coração.

## **BIOGRAFIA**

GREGÓRIO MURILO DE OLIVEIRA JÚNIOR, filho de Gregório Murilo de Oliveira e Inêz Paixão de Oliveira, nasceu em Itabira – Minas Gerais, aos 10 dias do mês de novembro de 1980.

Em agosto de 2002, iniciou na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) o curso de graduação em Zootecnia, transferindo-se para a Universidade Federal de Lavras (UFLA) em agosto de 2003 e concluindo-o em março de 2007.

Em março de 2007, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de mestrado em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástrico da Universidade Federal de Viçosa (UFV), concluindo-o em 16 de fevereiro de 2009. Ainda em 2009, ingressou neste mesmo Programa de Pós-Graduação, em nível de doutorado em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástrico, submetendo-se à defesa de tese em 09 de maio de 2012.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b><i>CAPÍTULO I .....</i></b>	<b>1</b>
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Desmame versus idade de desmame .....	3
2.2. Formulação de dietas de acordo com o conceito da Proteína Ideal.....	4
2.3. Condições sanitárias das instalações e desempenho animal.....	5
2.4. Importância do triptofano para leitões.....	8
2.5. Importância da treonina para o organismo de leitões.....	10
2.6. Exigências nutricionais de treonina e triptofano .....	12
2.7. Haptoglobina como indicador de status sanitário na suinocultura .....	13
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
<b><i>CAPÍTULO II.....</i></b>	<b>22</b>
Relações triptofano:lisina digestíveis para leitões pós-desmame aos 26 dias de idade .....	22
<b><i>Capítulo III.....</i></b>	<b>44</b>
Relações triptofano e lisina digestíveis para leitões desmamados aos 27 dias e criados em condições de desafio sanitário .....	44
<b><i>Capítulo IV .....</i></b>	<b>72</b>
Relações entre treonina e lisina digestíveis para leitões desmamados aos 27 dias e criados sob condições de desafio sanitário.....	72
<b><i>CONCLUSÕES GERAIS.....</i></b>	<b>99</b>

## RESUMO

OLIVEIRA JÚNIOR, Gregório Murilo, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2012. **Relações triptofano e treonina digestíveis com lisina digestível em dietas para leitões pós-desmame criados em ambientes com e sem desafio sanitário.** Orientador: Aloízio Soares Ferreira.

Três experimentos foram realizados para avaliar diferentes relações triptofano:lisina digestíveis (Trip:Lis) para leitões na fase inicial de crescimento com ou sem desafio sanitário e diferentes relações treonina:lisina digestíveis (Treo:Lis) para leitões criados em condições de desafio sanitário. Foi utilizado delineamento em blocos casualizados com oito repetições de quatro animais cada (parcela experimental) no experimento um e sete repetições de três animais nos experimentos dois e três. O peso inicial utilizado como critério para constituição dos blocos. As relações Trip:Lis estudadas no experimento um foram 0,15; 0,17; 0,19; 0,21 e 0,23 e no experimento dois de 0,155; 0,175; 0,200; 0,225 e 0,250. No experimento três, as relações Treo:Lis foram 0,56; 0,63; 0,70; 0,77 e 0,84. Os parâmetros avaliados foram submetidos às análises de variância utilizando-se o programa de análises estatísticas SAEG. As relações entre os aminoácidos foram avaliadas utilizando-se os modelos lineares ou quadráticos conforme o melhor ajuste dos parâmetros. No experimento um, as relações Trip:Lis aumentaram linearmente ( $P \leq 0,01$ ) os pesos finais, em jejum e o ganho de peso e reduziu a conversão alimentar. No experimento dois, os pesos, o ganho de peso, o consumo de ração dos leitões e as taxas de deposições protéicas na Fase II foram aumentados ( $P=0,05$ ), e a conversão alimentar dos leitões foi reduzida ( $P=0,05$ ). No experimento três, as relações Treo:Lis aumentaram ( $P \leq 0,10$ ) o consumo de treonina, as taxas de deposições protéicas, a relação proteína/gordura e os pesos absolutos e relativos dos fígados e rins, bem como reduziu a deposição de gordura e o conteúdo de haptoglobina no soro. Conclui-se que a relação triptofano com lisina digestíveis para leitões na fase inicial de crescimento é de 0,22, enquanto que para leitões alojados em condições de desafio sanitário é de 0,20. A relação de treonina e lisina digestíveis que proporcionou melhor resultado para leitões na fase inicial de crescimento criados em condições de desafio sanitário foi de 0,65.

## ABSTRACT

OLIVEIRA JÚNIOR, Gregório Murilo, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2012. **Digestibles tryptophan and threonine ratios in diets for piglets post-weaning housed in environments with or without sanitary challenge.** Adviser: Aloízio Soares Ferreira.

Three experiments were realized to evaluate different digestibles tryptophan:lysine ratios (Trp:Lys) for piglets in the initial phase of growth with or without sanitary challenge and different digestibles threonine:lysine ratios (Thr:Lys) for piglets reared in conditions of sanitary challenge. Was used a randomized block design with eight replicates of four animals each (trial plot) in experiment one and seven replicates of three animals in experiments two and three. The body weight (BW) was used as criterion to form blocks. The Trp:Lys ratios studied in experiment one were 0.15; 0.17; 0.19; 0.21 e 0.23 and in experiment two were 0.155; 0.175; 0.200; 0.225 e 0.250. In the experiment three, the Thr:Lys ratios were 0.56; 0.63; 0.70; 0.77 e 0.84. The parameters evaluated were subjected to variance analysis using the program of Statistical Analysis SAEG. The ratios between amino acids were evaluated using quadratic or linear models according to the best parameters adjustment to level of 5% probability. In the one experiment, Trp:Lys ratios increased linearly ( $P < 0.01$ ) the BW, BW in fasting and weight gain (ADG), gain-to-feed ratio (G:F) in Phase I and II. In the second experiment, BW, ADG, feed intake (ADFI) of piglets, protein deposition rates and G:F in Phase II were increased ( $P = 0.05$ ). In third experiment, the Thr:Lys ratios increased ( $P < 0.10$ ) the feed intake of threonine, protein deposition rates, protein/fat ratio and the absolute and relative weights of liver and kidneys, and reduced fat deposition and the content of haptoglobin in serum. It is concluded that the digestibles tryptophan to lysine for piglets in the initial phase is 0.22, while for piglets housed in conditions of sanitary challenge is 0.20. The ratio of digestibles threonine to lysine that provided best result for piglets in initial phase of growth housed on conditions sanitary challenge was 0.65.

## *CAPÍTULO I*

### **1. INTRODUÇÃO GERAL**

A idade de desmame dos leitões foi reduzida de 60 para 21 dias de idade. Entretanto, o sistema digestivo e imunológico dos leitões, nesta idade, ainda permanece imaturo, ou seja, com menor capacidade de digestão de alimentos de origem vegetal, além de aumentar a susceptibilidade a microrganismos patogênicos.

Na tentativa de assegurar o desenvolvimento dos leitões, as dietas pós-desmame têm sido formuladas com alimentos de alta digestibilidade, melhor palatabilidade e de acordo com o conceito da proteína ideal a fim de melhorar o perfil aminoacídico das dietas, maximizarem a utilização de nutrientes e, manter, assim, o desempenho dos leitões.

A treonina e o triptofano apresentam funções essenciais no metabolismo, no sistema imunológico e no controle do apetite. O triptofano é um dos principais aminoácidos relacionados ao controle do apetite, pois é precursor de serotonina, além de participar da síntese protéica. Em casos de deficiência, baixa ingestão de triptofano pode levar a produção insuficiente de serotonina e, por isso, podem levar à menor consumo de ração e afetar o desempenho dos leitões. Além disso, leitões desmamados após os 26 dias de idade podem apresentar menor estresse e assim, alterar as demandas por este aminoácido.

A treonina possui baixa disponibilidade no farelo de soja. Entretanto, apresenta importante papel na manutenção da saúde dos leitões devido à sua participação no muco intestinal, aumentando a imunidade dos leitões frente às bactérias patogênicas. Ela também participa da síntese protéica, do leite e de outras funções fisiológicas importantes.

Também foi constatado que animais alojados em condições ambientais e sanitárias adequadas responderam positivamente ao aumento da concentração de alguns aminoácidos nas dietas, a exemplo da lisina. Contudo, em casos de desafio sanitário, maiores teores de triptofano e treonina podem ser necessários para produção de proteínas de fase aguda e outras funções no trato gastrointestinal.

Assim, os experimentos tiveram o objetivo de determinar as relações entre treonina e triptofano digestíveis com lisina digestível para leitões desmamados à partir dos 26 dias de idade e alojados em ambientes com e sem desafio sanitário.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Desmame versus idade de desmame**

A produção de leite das porcas é um dos fatores que influenciam no desenvolvimento dos leitões durante a lactação e em seu crescimento pós-desmame. Assim, a capacidade produtiva das porcas assume papel importante na primeira fase de vida dos leitões. Entretanto, devido às mudanças no sistema produtivo, não só aspectos relacionados às matrizes têm sido avaliados, como também a nutrição pós-desmame dos leitões.

A redução nos dias de lactação para aumentar a taxa de desmamados por porca ano foi umas das mudanças que ocorreram nos sistemas produtivos após a década de 1990. Segundo Rodrigues et al. (2001a), a idade de desmame diminuiu de 60 dias por volta do ano de 1960 para em torno dos 17 a 24 dias de idade no ano de 2000, para tal, foi necessário o uso de dietas complexas com proteína de melhor qualidade, digestibilidade e composição em aminoácidos; o que melhorou o consumo voluntário e, conseqüentemente, a taxa de crescimento dos animais.

Contudo, o desmame precoce com menos de 24 dias de idade, segundo Pedroso (2002), pode consistir em momento crítico para os leitões em razão de vários fatores causadores de estresse, como separação da mãe, mudança de ambiente, alterações na temperatura ambiental, dificuldade de adaptação a comedouros e bebedouros, mistura de leitegadas e, principalmente pela troca de uma dieta líquida constituída à base de proteína animal para outra sólida constituída à base de proteína vegetal. Esses estresses somados à redução do consumo voluntário de alimento propiciam a queda da imunidade e redução do consumo favorecendo a manifestação de doenças oportunistas e, conseqüentemente, propiciam redução na taxa de crescimento.

Contudo, tem sido demonstrado que leitões desmamados com 26 dias de idade ou mais sofrem menos estresse e consomem mais dieta que animais desmamados aos 21 dias ou menos (Campos et al., 2008; Ferreira et al., 2008 e Oliveira Júnior et al., 2008) e, por isso, podem ter ultrapassado a pior etapa de regulação de seu sistema neuro-comportamental e, por conseguinte, alterar as necessidades de triptofano bem como de treonina.

## **2.2. Formulação de dietas de acordo com o conceito da Proteína Ideal**

Na tentativa de minimizar os problemas relacionados ao desmame precoce, dietas melhor elaboradas com menor teor de proteína e melhor qualidade dos nutrientes passaram a ser cada vez mais utilizadas, o que pressionou os nutricionistas à manipulação de dietas com base no conceito da proteína ideal (Bisinoto et al., 2007). Assim, o conceito da proteína ideal foi assimilado rapidamente de tal forma que melhorias nas taxas de crescimento associadas à redução do poder poluente das dietas devido ao menor teor protéico com a adição aminoácidos industriais foram obtidas.

O conceito da proteína ideal requer melhor determinação das exigências aminoacídicas e de suas relações com outros aminoácidos, essenciais e não-essenciais, de modo que eles sejam fornecidos em quantidades adequadas às demandas dos animais nas diferentes fases de crescimento (Rodrigues et al., 2001a e Zangeronimo, 2006).

Dentre os aminoácidos limitantes para suínos a lisina tem sido relacionada como o primeiro aminoácido limitante, seguido da metionina + cistina, treonina e triptofano para animais alimentados com dietas constituídas à base de milho e farelo de soja (NRC, 1988). Dentre estes aminoácidos, a treonina e o triptofano se alternam

como terceiro ou quarto limitantes quando se utiliza estes cereais nas dietas para os leitões, os quais têm funções essenciais no metabolismo, no sistema imunológico e no controle do apetite.

### **2.3. Condições sanitárias das instalações e desempenho animal**

Com a intensificação da produção suinícola houve aumento na carga bacteriana e na virulência nos sítios de produção. Isso promoveu alterações no desempenho dos animais e aumentou a demanda por novas pesquisas relacionadas aos mecanismos envolvidos nos sistemas imunológico e fisiológico dos suínos.

Nesse sentido, o desenvolvimento da suinocultura moderna vem sendo caracterizado pela intensificação dos processos de criação, pelo aumento nos volumes de produção e pela demanda de maximização da eficiência técnico-econômica do investimento (Machado & Fontes, 2005). Contudo, faz-se necessário o desenvolvimento e a aplicação de técnicas que combatam com eficácia o crescente desafio sanitário que, invariavelmente, acompanha os modelos de produção animal intensiva.

Este maior desafio sanitário promove uma resposta ao agente extracelular. Esta ativação imunológica desencadeia uma série de mecanismos metabólicos, neuroendócrinos e comportamentais que tem por objetivo primário levar o animal de volta a homeostasia (Johnson, 1997). Este estímulo imunológico resulta em maior produção de proteínas de fase aguda, de citocinas inflamatórias e outras substâncias importantes para o sistema imune que ativam os componentes humorais (anticorpos) e celulares (células fagocíticas) da resposta imune, além de alterar diversos processos endócrinos no organismo animal (Stahly, 1998).

As principais citocinas envolvidas neste processo são o fator de necrose tumoral- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), a interleucina-1 (IL-1) e a interleucina-6 (IL-6) (Creutzberg, et al., 2000; Debigaré et al., 2003). O TNF- $\alpha$  e a IL-1 $\beta$  são citocinas pró-inflamatórias que provocam a perda de massa muscular e podem levar a resistência ao IGF-1 em mioblastos dificultando a regeneração muscular (Strle et al., 2004). A IL-1 atua no sistema nervoso central promovendo anorexia, febre e letargia neuroendócrina. São atuantes sobre as estruturas nervosas centrais envolvidas na regulação do apetite e saciedade, especialmente no hipotálamo. Ela também induz a expressão de interferon- $\gamma$  (IFN- $\gamma$ ) por linfócitos-T, que é uma citocina importante envolvida no controle de arginina e catabolismo do triptofano (Melchior et al., 2004). A IL-6 induz a síntese da proteína ligada à lipoproteína pelo redirecionamento dos aminoácidos (Ala, Gln, Glu e Asn) do músculo para o fígado e promove aumento da resposta inflamatória induzindo a síntese hepática desta proteína e proteína C reativa, auxiliando o desequilíbrio protéico e perda de massa muscular.

Nos tecidos periféricos, a IL-6 e o TNF- $\alpha$  atua promovendo lipólise, proteólise e aumento da proteína da fase aguda; dentre outros efeitos (Xavier et al., 2006). De acordo com Pupa et al. (2004) as citocinas podem levar a diminuição do consumo de alimento, aumento da degradação muscular, redução na deposição protéica no músculo esquelético, aumento da síntese protéica hepática, letargia, febre e mudança no comportamento social dos animais. Os principais efeitos destas citocinas sobre o metabolismo de nitrogênio podem ser visualizados na Figura 1.

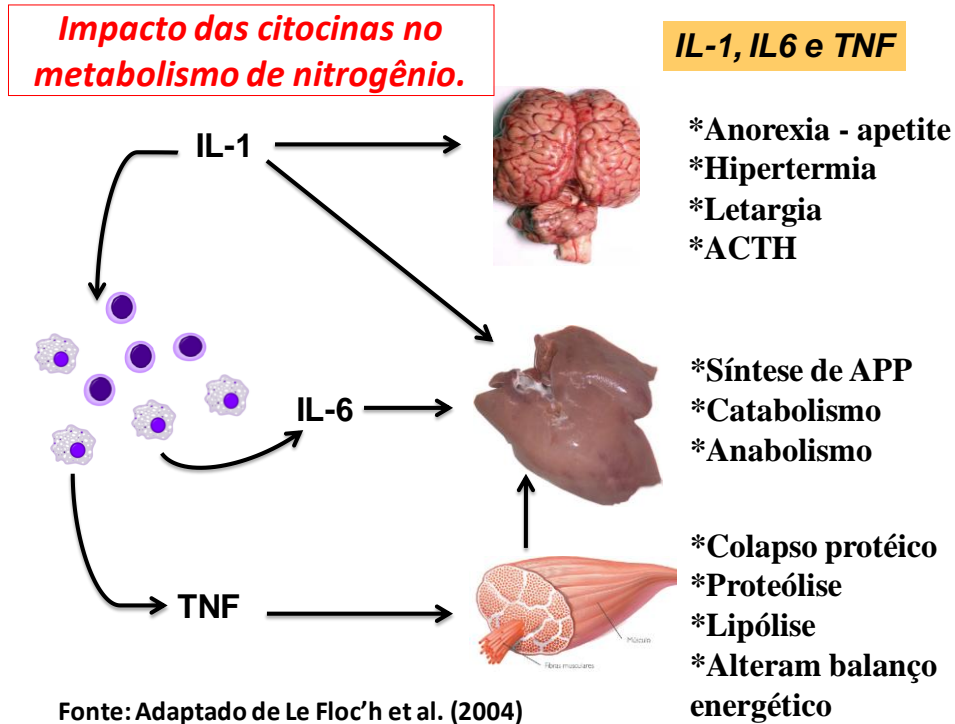


Figura 1. Impacto das citocinas no metabolismo de nitrogênio.

A IL-1, a IL-6 e o TNF- $\alpha$  apresentam diversos efeitos sobre os hormônios; entre eles, a redução na síntese de hormônios anabólicos tais como a *somatotropina* (GH) e o “*Insulin-like Growth Factor-I*” (IGF-I), e também provoca aumento na secreção de hormônios catabólicos no eixo hipotalâmico-hipofisário e, concomitantemente, aumento na liberação do *hormônio liberador de corticotropina* (CRH) promovendo aumento na síntese periférica dos *glucocorticóides* que são imunossupressores (Kelley et al., 1994; Sauber et al., 1999; Machado & Fontes, 2005). No fígado estes glicocorticóides atuam de forma anabólica e incrementam a síntese protéica, enquanto que no tecido muscular e no tecido adiposo sua função é catabólica, permitindo a proteólise e a lipólise, respectivamente.

Neste contexto, o status sanitário das instalações tem grande importância em relação à ativação do sistema imune e sobre o desempenho dos animais alojados nestas instalações. Tem sido constatado que, em condições de baixo desafio sanitário, os animais respondem positivamente a maiores níveis de lisina na dieta

(Willians et al. 1997a,b) e, em decorrência disto, há que se pressupor que as necessidades dos outros aminoácidos também sejam elevadas. Entretanto, em casos de maior desafio sanitário, foi constatado menor ganho de peso e consumo de ração e, piora na eficiência de utilização de nutrientes (Le Floc'h et al., 2009). Assim, os animais podem ter exigências diferenciadas para a síntese de proteínas do tecido muscular e para as outras funções fisiológicas como a manutenção da ativação do sistema de defesa do organismo (Ajinomoto, 2003).

#### **2.4. Importância do triptofano para leitões**

O triptofano tem sido considerado como o terceiro ou quarto aminoácido limitante para os leitões quando se utiliza o milho e o farelo de soja nas dietas. Ele é um dos principais aminoácidos relacionados ao controle do apetite e ainda é precursor de outras substâncias importantes. Também se destaca porque, além de participar da síntese protéica é precursor de serotonina, que está relacionada ao estímulo da ingestão de alimento (Henry et al., 1992), à diminuição do estresse (Pereira et al., 2008) na sensibilidade a dor e na agressividade dos leitões (Meunier-Salaün et al., 1991). Segundo Pereira et al. (2008), no caso da deficiência deste aminoácido, pode ocorrer competição entre este nutriente com outros aminoácidos neutros de cadeia longa e, com isto, diminuir ainda mais as quantidades de triptofano disponíveis para serem metabolizados em serotonina e, conseqüentemente, provocar a redução na ingestão de alimento.

A função de controlador do apetite se torna uma das funções mais importantes nos animais, visto que em leitões pós-desmamados em idades precoces, a melhoria do consumo alimentar pode se refletir por toda a sua vida. Como o consumo de triptofano pode afetar a ingestão alimentar, o ganho de peso pode ser

diretamente afetado. Por isso, é possível que as necessidades de triptofano sejam alteradas em função da idade de desmame dos leitões, pois tem sido demonstrado que animais desmamados com 28 dias de idade ou mais sofrem menos estresse e consomem mais dieta que animais desmamados aos 21 dias ou menos (Campos et al., 2008; Ferreira et al., 2008 e Oliveira Júnior et al., 2008). Isso pode ocorrer porque a oxidação do triptofano pode levar à produção de serotonina que regula o sistema neuro-comportamental (Ajinomoto, 2001), Neste contexto, animais desmamados aos 26 dias ou mais, podem ter ultrapassado a pior etapa de regulação de seu sistema neuro-comportamental e, por conseguinte, terem menores necessidades de triptofano bem como de treonina.

Segundo Le Floch et al. (2009), a diminuição da concentração plasmática de triptofano durante uma resposta inflamatória pode indicar que a disponibilidade deste aminoácido para o crescimento pode estar comprometida. Os leitões podem não apresentarem sintomas de doenças clínicas, mas expressarem uma resposta inflamatória de baixo grau e apresentarem menor crescimento quando comparados a leitões alojados em boas condições sanitárias (Le Floch et al., 2006).

Melchior et al. (2002) observaram que a concentração plasmática de triptofano é reduzida em casos de doenças ou em estados inflamatórios e permanece reduzida por dias. De acordo com Le Floch et al. (2004), as citocinas inflamatórias ativam a enzima indolamina 2,3-dioxigenase (IDO) que converte o triptofano em kineurina; reduzindo a biodisponibilidade de triptofano para a síntese de serotonina (Figura 2). Além disso, essa redução pode estar relacionado a utilização do triptofano por meio de outras vias como a síntese de serotonina, melatonina e atuando também na retirada de radicais livres e como antioxidante (Melchior et al., 2004).

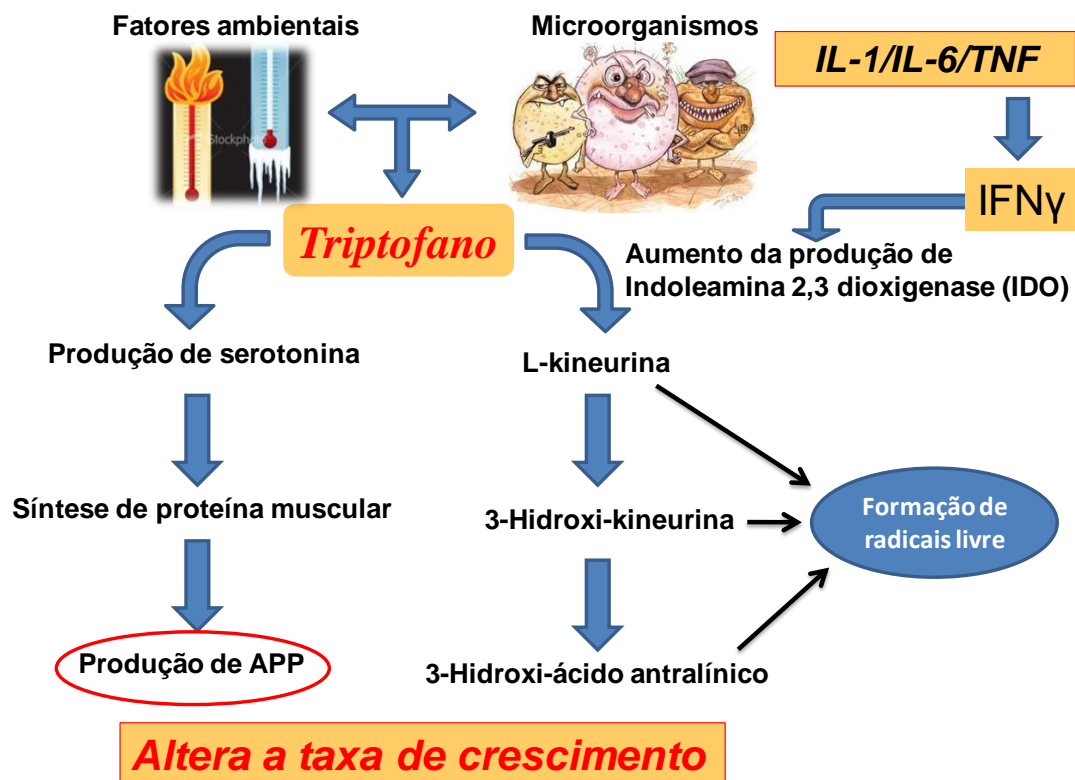


Figura 2. Metabolismo do triptofano para síntese de serotonina, tecido muscular, produção de proteínas de fase aguda (APP) e via da kineurina através da ativação do sistema imune.

Fonte: Adaptado de Le Floc'h et al. (2004)

Vários metabólitos do triptofano, produzidos não só ao longo da rota metabólica da kineurina, mas também ao longo da via de biossíntese de melatonina agem como radicais livres, apresentando, portanto, propriedades antioxidantes (Goda et al, 1999; Le Floc'h et al., 2004).

## 2.5. Importância da treonina para o organismo de leitões

A treonina é um aminoácido que se apresenta em pequenas quantidades em muitos cereais (Lewis, 1991) e, como agravante, há o fato de que a sua disponibilidade em relação aos demais aminoácidos tem sido baixa até mesmo no farelo de soja (Kovar et al., 1993; Adeola et al., 1994). Ela tem importante papel na manutenção da saúde dos suínos em especial dos leitões mais jovens, pois é

responsável pela produção de muco intestinal aumentando a imunidade dos leitões quanto às bactérias patogênicas.

Segundo Ball et al. (1999), esta produção de muco intestinal é importante para a manutenção da integridade de defesas inespecíficas da parede intestinal e, por isso, a treonina é fundamental, pois ela é responsável pela produção de mucinas. A produção de muco no organismo tem grande importância na prevenção contra os microorganismos patogênicos. A microbiota autóctone por meio de seu metabolismo produz substâncias antibacterianas e, em conjunto com o muco intestinal, imobiliza e facilita a eliminação desses patógenos, diminuindo a chance de adesão por esses microorganismos patogênicos; mantendo a integridade da barreira intestinal e evitando que patógenos presentes no lúmen invadam o tecido intestinal e que estes cheguem a corrente sanguínea (Roth, 2005).

O muco intestinal é composto principalmente de água (95,0%) e mucinas (5,0%) que são ricas em treonina. Semelhante às mucinas, os anticorpos contêm alto nível de treonina, sendo provavelmente este o primeiro aminoácido limitante para a produção de imunoglobulinas G (Ajinomoto, 2003). Há grande quantidade de treonina nas imunoproteínas e, por esta razão, em animais criados em ambientes com maior desafio sanitário, a treonina pode se tornar o primeiro aminoácido limitante quanto à imunidade, alterando as necessidades de treonina para o máximo crescimento dos animais (Rodrigues et al; 2001b). Neste contexto, há que se pressupor que os requerimentos para suínos desafiados podem ser superiores ao necessário para máximo crescimento.

Foram observados efeitos positivos da utilização de níveis de treonina acima da exigência para máximo desempenho. Contudo, poucas pesquisas foram relatadas sobre os efeitos da treonina em nível acima do exigido sobre melhorias no sistema

imune (Le Floc'h et al., 2004); sendo que sua exigência está fortemente associada com o metabolismo intestinal, como aqueles descritos por Ball et al. (1999).

## **2.6. Exigências nutricionais de treonina e triptofano**

Poucos têm sido os trabalhos com triptofano em especial com leitões recém desmamados e embora tenha aumentado o interesse na determinação deste aminoácido são escassos resultados que assegurem confiabilidade sobre a exigência deste aminoácido nos animais. Recentemente, até o início do século XXI, a falta de triptofano e treonina industriais dificultavam a realização de pesquisa com estes aminoácidos, mas atualmente com a produção em escala comercial destes, tornou-se não só viável o uso deles em pesquisas para determinação de exigências para suínos e aves, bem como na formulação de dietas práticas para estas espécies nas diversas fases de seus ciclos de produção.

Nas tabelas brasileiras para aves e suínos (Rostagno et al., 2011) verifica-se que as relações do triptofano e treonina digestíveis com lisina digestível devem ser de 100:18 e 100:63, respectivamente para cada um destes aminoácidos para leitões em fase inicial de crescimento. No entanto, vários trabalhos têm indicado valores que vão desde 100:13,5 até 100:18 na relação da lisina com triptofano total (com agravante de não serem indicações de relação de aminoácidos digestíveis) para leitões desmamados aos 21 dias, dos 21 aos 42 dias ou até mesmo aos 56 dias de idade (Borg et al., 1987; Burgoon et al., 1992; Chung e Baker, 1992). Variações também têm sido constatadas quanto às relações da treonina com lisina, tanto digestíveis quanto totais recomendadas como sendo as necessárias para leitões na fase inicial após o desmame (ARC, 1981; NRC, 1988 e NRC, 1998).

Muitos são os fatores que podem explicar as diferenças constatadas e dentre eles podem ser citados o consumo voluntário, as diferenças genéticas entre os animais, o peso inicial ao desmame, a idade de desmame, as condições sanitárias, as temperaturas ambientais, o estresse, etc. Entretanto, devido às diferenças do padrão genético dos leitões verifica-se a necessidade de determinar periodicamente as relações entre treonina e triptofano digestíveis com lisina digestível, considerando-se a taxa de crescimento do leitão e a sua capacidade de deposição de carne na carcaça e com base em parâmetros sanguíneos, de desempenho, de deposição de proteína e de gordura na carcaça, bem como considerando a temperatura ambiental como fator relevante.

## **2.7. Haptoglobina como indicador de status sanitário na suinocultura**

Segundo Tizard (1998), dentre as proteínas hepáticas de fase aguda mais importante estão as *haptoglobinas*, a *AGP* ( $\alpha$ -1- acilglicoproteína) e alguns *fatores de coagulação* (ex. fibrinogênio). Segundo Machado & Fontes (2005), as haptoglobinas, hemopexina e albumina são responsáveis pela união e transporte de metais e componentes ativos; o fibrinogênio e a proteína C-reativa pela coagulação, fibrinólises e reparação tecidual; e por último, a proteína C-reativa, o fibrinogênio e a haptoglobina pela modulação (ativação ou inibição) da resposta imune. Segundo Obled (2004), estas proteínas de fase aguda apresentam incremento na concentração plasmática dependente da proteína e da espécie.

A haptoglobina é uma proteína de fase aguda importante em suínos. Ela é sintetizada no fígado em resposta a ativação por citocinas inflamatórias como IL-1 e IL-6 (Wassell, 2000). Foi utilizada como indicador de inflamação (Eckersall et al., 1996; Melchior et al., 2004; Le Floc'h et al., 2006, 2009) e como indicador de

infecções (Knura-Deszczk et al., 2002), porque em resposta à infecção, a haptoglobina permanece em maiores concentrações no plasma por um longo tempo em comparação a outras proteínas de fase aguda, como a proteína C reativa (Heegaard et al., 1998). Mensurações plasmáticas desta proteína podem demonstrar o status sanitário de uma suinocultura (Harding et al., 1997; Lipperheide et al., 2000).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEOLA, O.; LAWRENCE, B.V. & CLINE, T.R. Availability of amino acids for 10 to 20 kilogram pigs: lysine and threonine in soybean meal. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2061-2067, 1994.
- AJINOMOTO – Boletim Técnico 06. **Suplementação de L-triptofano para otimizar o crescimento de leitões**. 2001. Acessado em 12 de janeiro de 2010. On line. Disponível em: [www.lisina.com.br](http://www.lisina.com.br)
- AJINOMOTO – Boletim Técnico 10. **Exigências de treonina para suínos**. Benefícios da suplementação de L-treonina. 2003. Acessado em 20 de dezembro de 2009. On line. Disponível em: [www.lisina.com.br](http://www.lisina.com.br)
- ARC - AGRICULTURE RESEARCH COUNCIL. **The nutrient requirements of pigs**. London, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1981. 307p.
- BALL, R.O.; LAW, G.; BERTOLO, R.F.P.; et al. Adequate oral threonine is critical for mucin production and mucosal growth by neonatal piglet gut. **In:** Lobley, G.E., White, A., MacRae, J.C. (Eds.), Proceedings of the VIIIth International Symposium on Protein Metabolism and Nutrition. EAAP Publication, v.96, p.31, 1999.
- BISINOTO, K.S; BERTO, D.A; CALDARA, F.R; et al. Relação treonina:lisina para leitões de 6 a 11kg de peso vivo em rações formuladas com base no conceito de proteína ideal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1740-1745, 2007.
- BORG, B.S.; LIBAL, G.W. & WAHLSTROM, R.C. Tryptophan and threonine requirements of young pigs and their effects on serum calcium, phosphorus and zinc concentrations. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.64, p.1070-1078, 1987.

- BURGOON, K.G.; KNABE, D.A. & GREEG, E.J. Digestible tryptophan requirement of starting, growing and finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, p.2493-2500, 1992.
- CAMPOS, P.F.; GRAÑA, G.L.; FERREIRA, A.S.; et al. Plasma sanguíneo para leitões desmamados aos 21 dias recebendo mesmas quantidades de ração. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008.
- CHUNG, T.K. & BAKER, D.H. Ideal aminoacid pattern for 10 kilogram pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, n.10, p.3102-3111, 1992.
- CREUTZBERG EC; SCHOLS AMW; WELING-SCHEEPERS CAPM; et al. Characterization of nonresponse to high caloric oral nutrition therapy in depleted patients with chronic obstructive pulmonary disease. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v.161, p.745-52, 2000.
- DEBIGARÉ R; MARQUIS K; CÔTÉ CH; et al. Catabolic/anabolic balance and muscle wasting in patients with COPD. **Chest**, v.124, p.83-9, 2003.
- ECKERSALL, P. D., P. K. SAINI, & C. MCCOMB. The acute phase response of acid soluble glycoprotein,  $\alpha$ 1-acid glycoprotein, ceruloplasmin, haptoglobin and C-reactive protein, in the pig. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 51:377–385, 1996.
- FERREIRA, A.S.; GRAÑA, G.L.; GATTÁS, G.; et al. Plasma sanguíneo para leitões desmamados aos 35 dias recebendo mesmas quantidades de ração. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008.
- GODA, K.; HAMANE, Y.; KISHIMOTO, R.; et al. Radical scavenging properties of tryptophan metabolites. Estimation of their radical reactivity. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v.467, p.397–402, 1999.

- HARDING, J. C., M. J. BAARSCH, & M. P. MURTAUGH. Association of tumour necrosis factor and acute phase reactant changes with post arrival disease in swine. **Journal Veterinary Medicine**, v.44, p.405–413, 1997.
- HEEGAARD, P.M.H., KLAUSEN, J.; NIELSEN, J.P.; et al. The porcine acute phase response to infection with *Actinobacillus pleuropneumoniae*. Haptoglobin, C-reactive protein, major acute phase protein and serum amyloid A protein are sensitive indicators of infection. **Comp. Biochemistry and Physiology B Biochem. Mol. Biol.** v.119, p.365–373, 1998.
- HENRY, Y.; SÈVE, B.; COLLÉAUX, Y. et al. 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 serotonin. **Journal of Animal Science**, v.70, p.1873-1887, 1992.
- JOHNSON, R. Inhibition of growth by pro-inflammatory cytokines: an integrated view. **Journal Animal Science**, v.75, p.1244-1255, 1997.
- KELLEY, K.W.; JOHNSON, R.W. & DANTZER, R. Immunology discovers physiology. **Veterinary Immunology Immunopathology**, v.43, p.157-165, 1994.
- KNURA-DESZCZK, S.; LIPPERHEIDE, C.; PETTERSEN, C.; et al. Plasma haptoglobin concentration in swine after challenge with *Streptococcus suis*. **Journal Vet. Med. B Infect. Dis. Vet. Public Health**, v.49, p.240–244, 2002.
- KOVAR, J.L., LEWIS, A.J.; RADKE, T.R.; et al. Bioavailability of threonine in soybean meal for young pigs. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2133-2139, 1993.

- LE FLOC'H, N.; JONDREVILLE, C.; MATTE, J.J.; et al. Importance of sanitary environment for growth performance and plasma nutrient homeostasis during the post-weaning period in piglets. **Archivos Animal Nutrition**, v.60, p.23–34, 2006.
- LE FLOC'H, N.; LE BELLEGO, L.; MATTE, J.J.; et al. The effect of sanitary status degradation and dietary tryptophan content on growth rate and tryptophan metabolism in weaning pigs. **Journal Animal Science**. v.87, p.1686-1694, 2009.
- LE FLOC'H, N.; MELCHIOR, D. & OBLED, C. Modifications of protein and amino acid metabolism during inflammation and immune system activation. **Livestock Production Science**, v.87, p.37-45, 2004.
- LEWIS, A.J. Amino acids in swine nutrition. In: MLLER, E.R. et al. **Swine nutrition**. Stoneham: Butterworth-Heineman, Cap.9, p.147-164, 1991.
- LIPPERHEIDE, C., RABE, M.; KNURA, S.; et al. Effects of farm hygiene on blood chemical variables in fattening pigs. **Tierarzt. Umschau**. v.55, p.30–36, 2000.
- MACHADO, G.S. & FONTES, D.O. Relação entre as exigências nutricionais e o sistema imune em suínos. **In: II Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos**. Viçosa, Minas Gerais, 2005.
- MELCHIOR, D.; SÈVE, B. & LE FLOC'H, N. Consèquences d'une inflammation Chronique sur les concentrations plasmatiques d'acids aminés chez le porcelet: hypoth'eses sur l'implication du tryptophane dans la reponse immunitaire. **Journal Rech. Porcine France**, v.34, p.341-347, 2002.
- MELCHIOR, D.; B. SEVE & N. LE FLOC'H. Chronic lung inflammation affects plasma amino acid concentrations in pigs. **Journal Animal Science**, v.82, p.1091–1099, 2004.

- MEUNIER-SALAÜN, M.C.; MONNIER, M.; COLLÉAUX, Y.; et al. Impact of dietary tryptophan and behavioral type on behavior, plasma cortisol, and brain metabolites of young pigs. **Journal Animal Science**, Savoy, v.69, p.3689-3698, 1991.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Domestic Animals**. 9.ed. Washington : National Academy of Science, 1988, 93p.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10.ed., Washington, D.C.: National Academic of Sciences. 1998, 189p.
- OBLED, C. Necessidades de aminoácidos em estados inflamatórios. **Avances en Tecnologia Porcina**. v.1, p.4-20, 2004.
- OLIVEIRA JÚNIOR, G.M.; FERREIRA, A.S.; GATTÁS, G.; et al. Plasma sanguíneo para leitões desmamados aos 28 dias recebendo mesmas quantidades de ração. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008.
- PEDROSO, S.A. Níveis de lisina e relações treonina:lisina no desempenho e metabolismo de leitões desmamados. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Dissertação em Zootecnia, 2002.
- PEREIRA, A.A.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; et al. 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, 2008.
- PUPA, J.M.R.; HANNAS, M.I.; ALVARENGA & MELO, R.C. **Nutrição, imunidade e reprodução. Revisão apresentada no ENIPEC** – Encontro Internacional dos Negócios Pecuários. Campo Grande, MS, 23p. 2004.

- RODRIGUES, N.E.B; DONZELE, J.L; OLIVEIRA, R.F.M; et al. Níveis de treonina em rações para leitões dos 6 aos 15 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.2033-2038, 2001a.
- RODRIGUES, N.E.B; DONZELE, J.L; OLIVEIRA, R.F.M; et al. Níveis de treonina em rações para leitoas com alto potencial genético para deposição de carne magra dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.2039-2045, 2001b.
- ROSTAGNO, H. S., ALBINO, L. F. T., DONZELE, J. L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos - Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2011. 252p.
- ROTH, J.A. The porcine innate immune system. **Anais: American association of swine veterinarians**, p.467-471, 2005.
- SAUBER, T.E.; STAHLY, T.S. & NONNECKE, B.J. Effect of level of chronic immune system activation on the lactational performance of sows. **Journal Animal Science**, v.77, p.1985-1993, 1999.
- STAHLY, T.S. Impact of immune system activation on growth and optimal dietary regimens of pigs. **The Pig Journal**, v.41, p.65-74, 1998.
- STRLE, K; BROUSSARD, S.R.; MCCUSKER, R.H.; et al. Proinflammatory cytokine impairment of insulin-like growth factor I-induced protein synthesis in skeletal muscle myoblasts requires ceramides. **Endocrinology**, v.145, p.4592-602, 2004.
- TIZARD, I.R., 1998. **Imunologia Veterinária**. 5. ed. São Paulo: Roca.
- WASSELL, J. Haptoglobin: Function and polymorphism. *Clin. Lab.* V.46, p.547–552, 2000.
- WILLIAMS, N.H; STAHLY, T.S.; ZIMMERMAN, D.R. Effect of chronic immune system activation on the rate, efficiency and composition of growth and lysine

needs of pigs fed from 6 to 27kg. **Journal of Animal Science**, v.75, p.2463-2471, 1997a.

WILLIAMS, N.H; STAHLY, T.S.; ZIMMERMAN, D.R. Effect of chronic immune system activation on body nitrogen retention, partial efficiency of lysine utilization, and lysine needs of pigs. **Journal of Animal Science**, v.75, p.2472-2480, 1997b.

XAVIER, E.G.; RUTZ, F. & ROLL, V.F.B. Imunonutrientes na produção de suínos. **In:** I Simpósio UFRGS sobre Produção, Reprodução e Sanidade Suína. Porto Alegre, Rs, p.174–195, 2006.

ZANGERONIMO, M.G. **Níveis de lisina digestível em rações para leitões de 9 a 25 kg.** Universidade Federal de Lavras – Tese em Doutorado em Zootecnia, 2006.

## ***CAPÍTULO II***

### **Relações triptofano:lisina digestíveis para leitões pós-desmame aos 26 dias de idade**

*O artigo será formatado de acordo com as normas do Journal Animal Science – JAS e, posteriormente, encaminhado.*

## **Relações triptofano:lisina digestíveis para leitões pós-desmame aos 26 dias de idade<sup>1</sup>**

Gregório Murilo de Oliveira Júnior<sup>a,\*</sup>, Aloízio Soares Ferreira<sup>a</sup>, Priscila Furtado Campos<sup>a</sup>, Valéria Vânia Rodrigues<sup>a</sup>, Francisco Carlos de Oliveira Silva<sup>b</sup>, Anderson Lazarini Lima<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Zootecnia (DZO), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, MG. 36571-000, Brasil.

<sup>b</sup>Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Viçosa, Minas Gerais, MG. 36571-000, Brasil.

\*Autor correspondente: Endereço de e-mail: gregzootec@yahoo.com.br/ Telefone + 55 31 8812 4887, fax + 55 31 3899 1236

---

<sup>1</sup> FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, MG, Brazil) e ao INCT-CA (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciências Animal, Brazil) pelo aporte financeiro; à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brazil) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brazil) pela concessão de bolsas.

**RESUMO:** Objetivando-se determinar as relações entre triptofano digestível com lisina digestível (Trip:Lis), 160 leitões híbridos desmamados aos 26,3 dias e com peso inicial de  $8,0 \pm 0,360$  kg, foram distribuídos em delineamento com blocos ao acaso em cinco tratamentos, oito repetições e quatro leitões por unidade experimental. Os tratamentos utilizados foram cinco relações Trip:Lis (0,15; 0,17; 0,19; 0,21 e 0,23). O consumo de ração, as taxas de deposição muscular e de gordura, o teor de haptoglobina e uréia no soro, os pesos absolutos e relativos do fígado e rins e o rendimento da carcaça, bem como o escore fecal não foram influenciados pelas relações Trip:Lis ( $P > 0,05$ ). Houve efeitos lineares ( $P \leq 0,01$ ) dos tratamentos sobre os pesos, ganho de peso, peso em jejum e da carcaça e sobre a conversão alimentar dos leitões. Pelo modelo Linear Response Platô a melhor relação Trip:Lis foi de 0,22 ( $P \leq 0,01$ ) para os leitões de 26 a 47 dias de idade. As relações triptofano digestível com lisina digestível para leitões na fase inicial de crescimento (dos 26 aos 47 dias de idade) é de 0,22.

**Palavras chave:** Aminoácido, Citocina, Deposição Muscular, Ganho de Peso, Haptoglobina, Sistema Imune

**ABSTRACT:** With the objective of determining the ratios between digestible tryptophan to lysine ratios in feed (Trp:Lys), 160 hybrid piglets weaned at 26.3 days and with body weight (BW) of  $8 \pm 0.360$  kg were distributed randomly into blocks of five treatments with eight replications and four piglets per experimental unit. The treatments used were five Trp:Lys ratios (0.15, 0.17, 0.19, 0.21 and 0.23). The feed intake, muscle and fat deposition rates, haptoglobina and urea content in serum, absolute and relative weights of liver and kidney, carcass yield and the fecal score were not influenced by Trp:Lys ratios ( $P > 0.05$ ). There were a linear effects ( $P < 0.01$ ) of Trp:Lys ratios for BW, weight gain, fasting and carcass BW and on gain-to-feed ratio of piglets. By the broken line model, the best Trp:Lys ratio ( $P < 0.01$ ) was 0.22 for piglets between 26 and 47 days old. The digestible tryptophan to lysine ratios for piglets in initial phase of growth (from 26-to 47-days-old of piglets) was 0.22.

**Key words:** amino acid, immune system, muscle deposition, pig, weight gain

## 1. INTRODUÇÃO

O desmame aos 21 dias pode levar a reduções no consumo de alimento e este pode ser um dos fatores responsáveis pela redução no crescimento e pela debilidade das condições de saúde dos leitões (Ning & Qian, 2008). Entretanto leitões desmamados acima dos 24 dias de idade podem sofrer menos com estresses pós desmame e consumirem mais dieta que leitões desmamados aos 21 dias ou menos (Ferreira et al., 2008 e Oliveira Júnior et al., 2008) e isto pode afetar as necessidades de aminoácidos dos leitões na creche.

Têm-se constatado que além do consumo de ração, a genética e os fatores ambientais, a energia da dieta, a disponibilidade e digestibilidade dos nutrientes, bem como o teor protéico da dieta podem ter influência sobre a relação entre triptofano e lisina (Burgoon et al., 1992; Susenbeth, 2006).

Em dietas constituídas à base de milho e farelo de soja e com teores reduzidos de proteína, o triptofano pode se tornar limitante não só devido às suas quantidades na dieta, mas também devido a sua biodisponibilidade. Por isso, as determinações das necessidades deste aminoácido e sua relação com lisina são fundamentais para que os leitões expressem o seu potencial genético de crescimento (Guzik et al., 2002; Susenbeth, 2006).

O triptofano, além de participar da síntese protéica, é precursor da síntese de 5-hidroxitriptamina (serotonina), envolvida tanto na diminuição do estresse, na sensibilidade a dor e na agressividade dos leitões, quanto na regulação do consumo alimentar (Rossi & Tirapegui, 2004; Ning & Qian, 2008; Pereira et al., 2008;). Por estas razões, a quantidade de triptofano pode diferir entre leitões desmamados aos 21 e 26 dias de idade.

A relação entre triptofano com lisina digestíveis de 0,18 foi indicada para leitões na fase inicial pós-desmame aos 21 dias de idade (Rostagno et al., 2011), contudo, têm-se registrado resultados variáveis entre 0,14 à 0,23 sem se levar em consideração a questão do desafio sanitário e nem a idade de desmame (Guzik et al., 2002; Bisinoto et al., 2006; Susenbeth, 2006; Ning e Qian, 2008).

A haptoglobina é uma proteína de fase aguda responsável pela modulação da resposta imune (Machado & Fontes, 2005). Ela foi utilizada como indicador de inflamação (Le Floc'h et al., 2009) e de infecções (Knura-Deszczk et al., 2002) por permanecer em maiores concentrações no plasma por um longo tempo (Heegaard et al., 1998). O conteúdo de uréia plasmática também foi avaliado por Coma et al. (1995) e por Bisinoto et al., (2006) como parâmetro adequado de determinação das exigências de aminoácidos em dietas para leitões, por ser indicativo da utilização do nitrogênio da ração pelos animais.

Por estas razões realizou-se um experimento para se determinar as relações entre triptofano e lisina digestíveis para leitões após o desmame aos 26 dias de idade, considerando-se o desempenho, parâmetros sanguíneos, deposição de proteína e de gordura na carcaça.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Localização e Certificação**

O experimento foi conduzido no período de junho a setembro de 2010 no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, cujo município está localizado a uma latitude de 20° 45' 45" sul e longitude de 42° 52' 04" oeste, com altitude de 657 m.

O experimento foi certificado pelo comitê de ética da Universidade Federal de Viçosa e os cuidados e o uso dos leitões foram realizados de acordo as normas para uso de animais em experimentos.

## 2.2. Animais, Instalações, Dietas e Delineamento Experimental

Foram distribuídos 160 leitões híbridos (machos e fêmeas - Landrace x Large White) desmamados em média com  $26,3 \pm 2,0$  dias de idade e peso inicial médio de  $8,0 \pm 0,360$  kg, em um experimento com delineamentos em blocos ao acaso, com cinco tratamentos, oito repetições e quatro leitões por unidade experimental. O peso dos leitões foi considerado como critério para constituição dos blocos.

As instalações foram limpas, desinfetadas e antibiótico foi adicionado nas dietas experimentais.

Os leitões foram alojados do desmame ao término do experimento em baias metálicas suspensas com piso e laterais telados providas de comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta localizados em galpão de alvenaria, com piso de concreto, teto de madeira rebaixado e janelas basculantes nas laterais.

As dietas experimentais foram formuladas para atender as necessidades dos leitões na fase inicial de crescimento, seguindo-se as recomendações contidas em Rostagno et al. (2005), exceto com relação ao aminoácido estudado e lisina (Tabelas 1 e 2). Um nível subótimo de lisina digestível de 1,26% foi utilizado. O inerte foi utilizado em todas as dietas para assegurar a variação na inclusão de aminoácidos.

Os tratamentos consistiram de cinco relações do triptofano digestível com lisina digestível (Trip:Lis) calculadas para serem de 0,15; 0,17; 0,19; 0,21 e 0,23.

Os leitões tiveram livre acesso à água e às rações experimentais atendendo aos princípios de bem estar animal.

**Tabela 1.** Composições percentuais das dietas experimentais

Ingredientes (%)	Relações triptofano:lisina digestível				
	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23
Milho Grão	58,610	58,610	58,610	58,610	58,610
Farelo de Soja (45%)	15,020	15,020	15,020	15,020	15,020
Glúten de milho (60%)	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500
Leite Desnatado Pó	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
Açúcar	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
Óleo de soja vegetal	1,656	1,656	1,656	1,656	1,656
Fosfato Bicálcico	1,453	1,453	1,453	1,453	1,453
Calcário	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622
Sal	0,386	0,386	0,386	0,386	0,386
L-Lisina HCl (78%)	0,442	0,442	0,442	0,442	0,442
DL-Metionina (98%)	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105
L-Triptofano (99%)	-	0,026	0,053	0,079	0,105
L-treonina (99%)	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140
Suplemento Mineral <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento Vitamínico <sup>2</sup>	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
Sulfato de colistina	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Antioxidante <sup>3</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Inerte	0,320	0,295	0,268	0,242	0,216
<i>Total</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1</sup>Fornecendo por tonelada de ração: 7.800.000 UI de vitamina A; 2.150.000 UI de vitamina D3; 25.760 UI de vitamina E; 4.000 mg de vitamina K3; 3.000 mg de tiamina; 7.320 mg de riboflavina; 1.560 mg de piridoxina; 30.000 mcg de vitamina B12; 19.700 mg de pantetonato de cálcio; 35.130 mg de Niacina; 43 mg de Biotina, 765 mg de Ácido Fólico; 5.000 mg de BHT.

<sup>2</sup>Fornecendo por ton de ração: 1.000 mg de Cobalto; 80 g de Ferro; 40 g de Manganês; 100 g de Zinco; 12 g de Cobre; 1.000 mg de Iodo e 0,3mg de Selênio.

<sup>3</sup>Hidroxitoluendo butilado (BHT): 100 g por tonelada de ração.

**Tabela 2.** Composições calculadas das dietas experimentais<sup>1</sup>

Composições calculadas (%)	Relações triptofano:lisina digestível				
	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23
Energia metabolizável (kcal/kg)	3325	3325	3325	3325	3325
Proteína bruta (%)	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80
Lisina digestível (%)	1,264	1,264	1,264	1,264	1,264
Metionina + Cis digestível (%)	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710
Triptofano digestível (%)	0,190	0,215	0,242	0,267	0,292
Relações triptofano digestível	0,150	0,170	0,191	0,211	0,231
Treonina digestível (%)	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Valina digestível (%)	0,893	0,893	0,893	0,893	0,893
Arginina digestível (%)	0,933	0,933	0,933	0,933	0,933
Fósforo disponível (%)	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
Cálcio (%)	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825
Sódio (%)	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230
Lactose (%)	7,650	7,650	7,650	7,650	7,650

<sup>1</sup>Valores calculados de acordo com informações contidas em Rostagno et al. (2005).

### 2.3. Procedimento Experimental

A temperatura no interior das creches foi verificada diariamente às 07:00h usando termômetro de máxima e mínima colocados à 1,5 metros de altura. As umidades relativas do ar foram verificadas às 07:00, 12:00 e 17:00h a partir de informações de temperaturas coletadas em termômetro de bulbo seco e úmido colocado no centro da sala.

Foram avaliados o desempenho dos leitões e as demais características por fases: Fase I – do desmame aos 14 dias de experimento e Fase II – do desmame aos 21 dias de experimento; sendo o período total analisado de 21 dias. Os leitões foram pesados individualmente em três períodos experimentais: no desmame, aos 14 dias e aos 21 dias após o início dos estudos. As dietas foram pesadas sempre que fornecidas, enquanto que as sobras destas coletadas e pesadas sempre que necessário.

No quinto e décimo dia após o início do experimento, foi avaliado o escore fecal dos leitões, realizados de forma visual, onde o escore 1 correspondeu à fezes de consistência normal, o escore 2 à fezes pastosas, o escore 3 à fezes aquosas e o escore 4, fezes sanguinolentas.

### 2.4. Abate e Análises Laboratoriais

Após 14 dias do início dos estudos foram coletadas amostras ( $\pm$  10mL) de sangue por meio de punção na veia jugular de dois leitões por unidade experimental (o mais pesado e o mais leve) em cada uma das seis repetições para análises do teor de uréia e da haptoglobina no soro sanguíneo. As amostras de sangue foram coletadas de forma padronizada de acordo com o seguinte protocolo: os leitões permaneceram em jejum alimentar das 18 horas até as 07 horas do dia seguinte, quando receberam novamente dieta á vontade por um período de duas horas e

novamente foram submetidos a um jejum alimentar de quatro horas. Após este período se realizou a colheita de sangue.

O sangue coletado foi centrifugado durante 20 minutos a 7000 rpm para obtenção do soro ( $\pm 1,5\text{ml}$ ). O soro foi transferido para frascos apropriados e estes foram armazenados em congelador ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

A análise de nitrogênio da uréia no soro foi realizada utilizando a técnica enzimática UV valendo-se de kits comerciais para análise de uréia cinética K 056 (Bioclin®) em conformidade com Bisinoto et al. (2007).

As concentrações sorológicas da haptoglobina foram determinadas por ensaio de nefelometria através do kit comercial N Antisera to Human Transferrin and Haptoglobin (Siemens®), sendo que a sensibilidade foi determinada como 8 mg/dL de haptoglobina.

Após um jejum de 24 horas, oito leitões com peso médio de 8,0 kg foram abatidos no início do experimento, sendo um por repetição. Ao término do experimento, mais doze leitões (o mais leve e o mais pesado de cada uma das seis repetições) foram abatidos. O abate dos leitões e a higienização das carcaças foram realizados seguindo-se as normas de abate humanitário com insensibilização por choque elétrico como descrito na Instrução Normativa Número 3 de janeiro de 2000 do Ministério da Agricultura e Abastecimento.

As carcaças foram divididas longitudinalmente e a metade da carcaça esquerda, incluindo cabeças e pés, sem vísceras e sangue foram usadas para determinação das taxas de deposição de proteína e de gordura. Esta metade da carcaça foi triturada em “cutter” comercial de 30 HP e 1,775 rpm e também preparada para posteriores análises laboratoriais de acordo com as recomendações contidas em Ferreira et al. (2006). Após a retirada dos órgãos, o fígado e os rins

foram limpos e pendurados à sombra para escorrimento do sangue e água por cerca de 20 minutos, e pesados em seguida.

As taxas de deposição de proteína e de gordura foram estimadas conforme técnica descrita por Donzele et al. (1992), exceto com relação a pré-secagem que foi realizada em estufa de ventilação forçada à aproximadamente 60°C por 72 horas e o pré-desengorduramento das amostras que permaneceram no aparelho extrator tipo “Soxhlet” por 4 horas.

As análises de gordura e proteína bruta das amostras da carcaça foram realizadas no Laboratório de Nutrição do Departamento de Zootecnia da UFV segundo técnicas descritas por Silva (1990).

## 2.5. Análises Estatísticas

Os parâmetros foram submetidos às análises de variância utilizando-se o programa Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV, versão 9.1). As relações Trip:Lis foram avaliadas com base nos resultados de desempenho, taxas de deposição de gordura e de proteína, os teores de uréia no soro e de haptoglobina, bem como o escore fecal utilizando-se os modelos lineares ou quadráticos conforme o melhor ajuste dos parâmetros. Os parâmetros que foram significativos na análise de variância também foram analisados por meio de regressão através do modelo *Linear Response Platô* (LRP). Considerou-se  $\alpha = 0,05$ .

### 3. RESULTADOS

Os valores médios das temperaturas máximas observados durante o período experimental foram de  $27,7 \pm 1,7^\circ\text{C}$ , das temperaturas de mínimas foram de  $20,4 \pm 1,8^\circ\text{C}$  e das umidades relativas do ar foram de  $68,5 \pm 9,1\%$ .

Constatou-se diferença linear significativa entre tratamentos ( $P \leq 0,01$ ) com relação aos pesos dos leitões na Fase I e II (Tabela 03). As equações de linearidade foram respectivamente de  $\hat{Y} = 9,366 + 6,673\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,76$ ) na Fase I e de  $\hat{Y} = 10,732 + 16,508\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,98$ ) na Fase II. Entretanto, o modelo LRP foi o que melhor reajustou os dados, o qual estimou a relação Trip:Lis em 0,20 ( $P=0,04$ ) para pesos dos leitões na Fase I e de 0,22 ( $P \leq 0,01$ ) para pesos dos leitões na Fase II. As equações determinadas pela LRP foram de  $\hat{Y} = 8,851 + 9,688\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,93$ ) para peso na Fase I e de  $\hat{Y} = 10,445 + 18,159\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,998$ ) para pesos na Fase II.

**Tabela 03.** Desempenho e deposições de proteína e gordura nas carcaças em função das relações de triptofano e lisina digestíveis

Variáveis	Relações triptofano:lisina digestíveis					RSD <sup>1</sup>	P-valor	
	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23		Linear	LRP
Pesos médios (kg)								
Inicial	8,03	7,99	7,99	7,97	8,00	0,12	-	-
Fase I	10,34	10,48	10,61	10,96	10,77	0,44	0,01	0,04
Fase II	13,15	13,54	13,94	14,26	14,45	0,69	0,01	0,01
Ganhos de pesos médios diários (g/dia)								
Fase I	177,9	192,0	201,2	230,0	213,1	33,10	0,04	0,03
Fase II	256,2	277,9	297,2	314,2	322,3	33,10	0,01	0,01
Consumos de ração médios diários (g/dia)								
Fase I	316,3	349,2	325,6	345,7	359,5	50,80	>0,05	>0,05
Fase II	407,0	445,2	439,3	427,4	472,4	50,80	>0,05	>0,05
Conversões alimentares (g/g)								
Fase I	1,82	1,85	1,64	1,51	1,72	0,23	0,06	0,05
Fase II	1,60	1,61	1,48	1,36	1,47	0,12	0,01	0,04
Deposições de proteína e gordura nas carcaças (g/dia)								
Proteína	25,82	28,48	26,47	22,08	30,37	4,90	>0,05	>0,05
Gordura	16,46	15,20	17,31	11,48	16,93	5,30	>0,05	>0,05

<sup>1</sup>Desvio padrão residual

Houve efeito linear dos tratamentos ( $P \leq 0,01$ ) sobre os ganhos de pesos dos leitões na Fase I e II. As equações de linearidade foram respectivamente de  $\hat{Y} = 0,100 + 0,541\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,76$ ) na Fase I e de  $\hat{Y} = 0,133 + 0,844\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,74$ ) na Fase II. Pelo modelo LRP estimou-se a relação Trip:Lis de 0,20 ( $P=0,03$ ) para ganhos de pesos dos leitões na Fase I e de 0,22 ( $P \leq 0,01$ ) para ganhos de pesos dos leitões na Fase II. As equações determinadas pela LRP foram de  $\hat{Y} = 54,067 + 810,01\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,939$ ) para os ganhos de pesos na Fase I e de  $\hat{Y} = 115,360 + 947,453\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,997$ ) para os ganhos de pesos na Fase II.

Os tratamentos afetaram linearmente ( $P=0,05$ ) a conversão alimentar dos leitões na Fase I e II. As equações de linearidade foram respectivamente de  $\hat{Y} = 2,229 - 2,727\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,38$ ) e de  $\hat{Y} = 1,984 - 2,521\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,61$ ) na Fase I e II, respectivamente. A conversão alimentar pelo modelo LRP apresentou significância com  $P = 0,08$  na Fase I e de  $P = 0,07$  na Fase II.

Não houve efeito das relações Trip:Lis sobre os consumos de ração e as taxas de deposição de proteína e de gordura dos leitões ( $P > 0,05$ ) na Fase I e II.

Houve efeito linear ( $P \leq 0,01$ ) dos tratamentos sobre o peso em jejum dos leitões e da carcaça (Tabela 4). A equação de linearidade foi de  $\hat{Y} = 9,781 + 16,060\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,98$ ) para peso em jejum e a equação determinada pela LRP foi de  $\hat{Y} = 9,702 + 16,500\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,961$ ) estimando-se uma relação Trip:Lis de 0,226 ( $P=0,02$ ).

Não houve efeitos significativos ( $P > 0,05$ ) dos tratamentos sobre os pesos absolutos e relativos do fígado e rins, rendimentos de carcaça, teores de uréia no soro, haptoglobina e o escore fecal aos cinco e dez dias após o início do experimento.

**Tabela 04.** Pesos absoluto e relativo do fígado e rins, rendimento de carcaça, parâmetros sanguíneos e escore fecal em função das relações entre triptofano e lisina digestíveis

Variáveis	Relações triptofano:lisina digestíveis					RSD <sup>1</sup>	P-valor	
	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23		Linear	LRP
Pesos Absolutos (g)								
Fígado	324,3	370,0	363,0	390,5	391,5	48,00	> 0,05	>0,05
Rins	65,0	65,3	67,1	70,6	71,8	9,00	> 0,05	>0,05
Pesos relativos (%)								
Fígado	3,6	3,9	3,9	4,0	4,0	48,00	>0,05	>0,05
Rins	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,01	>0,05	>0,05
Peso Jejum (kg) <sup>2</sup>	12,18	12,57	12,73	13,25	13,44	0,60	0,01	0,02
Carcaça (kg)	8,97	9,39	9,19	9,81	9,83	0,74	0,01	0,01
Rendimento (%)	74,07	73,68	72,58	73,86	72,57	2,80	>0,05	>0,05
Parâmetros sanguíneos (mg/dL)								
Haptoglobina	18,2	26,7	14,6	19,0	15,4	9,20	>0,05	>0,05
Uréia plasmática	29,6	28,9	28,8	27,6	24,7	6,50	>0,05	>0,05
Notas do escores fecal								
5° dia	1,30	1,13	1,33	1,17	1,33	0,40	>0,05	>0,05
10° dia	1,08	1,17	1,00	1,08	1,00	0,20	>0,05	>0,05

<sup>1</sup>Desvio padrão residual

#### 4. DISCUSSÃO

A temperatura interna da sala permaneceu dentro dos limites da termoneutralidade para leitões na fase de creche entre 28 a 49 dias de idade como preconizado por Rodrigues et al. (2010). Entretanto, as temperaturas mínimas noturnas podem ter influenciado o ganho de peso dos leitões, porém, os leitões de todos os tratamentos estiveram sob a mesma influência térmica e isto não pode ser atribuído como responsável pelas diferenças entre os tratamentos.

Os pesos dos leitões na Fase I e II aumentaram linearmente em função das relações Trip:Lis e isto pode ser indicativo do melhor aproveitamento dos nutrientes e também de que o triptofano limita o desenvolvimento dos animais nas relações utilizadas. Bisinoto et al. (2006) não observaram o mesmo efeito ao avaliar níveis crescentes de triptofano para leitões recém desmamados aos 21 dias de idade. Provavelmente, esta divergência de resultados entre trabalhos tenha sido devido às condições de manejo, ambientais e genéticas, além das diferentes idades de

desmame; pois os animais desmamados acima dos 26 dias podem ter superado o estresse inicial melhor que aqueles desmamados aos 21 dias, desta forma puderam expressar as diferenças em relação à suplementação do triptofano.

Em decorrência dos pesos dos animais, o ganho de peso dos leitões também aumentou linearmente com o aumento das relações Trip:Lis. Estes resultados corroboram com os de Le Floch et al. (2009) os quais ao avaliarem o aumento das relações de triptofano com lisina digestíveis de 0,15 para 0,20 nas dietas para leitões desmamados com 28 dias e alojados em boas condições sanitárias, observaram melhoria no ganho de peso e eficiência alimentar dos leitões, mas há que se destacar que estes pesquisadores, observaram também diferenças entre consumos de ração e, no estudo em apreço não foram observados diferenças com relação a este parâmetro. Provavelmente os animais utilizados por Le Floch et al. (2009) apresentavam melhor genética ou condições ambientais, visto que eles ganharam peso semelhante aos dos animais deste experimento e consumiram menores quantidades de ração.

Guzik et al. (2002), trabalhando com leitões desmamados aos 19 dias de idade e alimentados por mais 7 dias com dietas comerciais antes do início do experimento, também observaram efeitos lineares e quadráticos dos níveis de triptofano digestível e estimaram pelo modelo LRP que os níveis de triptofano digestível foram respectivamente de 0,20 e 0,18% para leitões dos 6,3 a 10,3 kg e para leitões dos 10,3 a 15,7 kg. Han et al. (1993) e Burgoon et al. (1992) ao estudarem níveis de triptofano para leitões desmamados aos 28 dias estimaram níveis entre 0,14% a 0,18% de triptofano digestível para leitões em fase inicial de crescimento, com relações de 0,11 a 0,14. Provavelmente a diferença entre os resultados obtidos por eles e os obtidos nesta pesquisa seja devido às melhores condições de ambiência, nutrição, sanidade, bem como à melhoria genética, pois os

animais desmamados com a mesma idade na década de 90 tiveram aproximadamente 1,8 kg a menos no início do experimento do que aqueles deste experimento.

Entretanto, Bisinoto et al. (2006) ao avaliarem o aumento dos níveis de triptofano digestível de 0,22 para 0,31%, ou seja, relações crescentes de 0,15 para 0,21, não observaram efeito significativo sobre a maioria dos parâmetros estudados, possivelmente devido a um excesso de lisina digestível que pode mascarar os resultados. Contudo, o ganho de peso dos leitões melhorou em 7,2% com a adição de triptofano digestível quando comparado o menor e o maior nível de triptofano estudado, o que possibilitou estimar a relação Trip:Lis em 0,18.

Há que se destacar também que tanto o ganho de peso, quanto a conversão alimentar dos animais do experimento em apreço pode ter sido influenciado pelo nível subótimo de lisina digestível, visto que a partir da relação 0,21 houve tendência a estabilizar o ganho de peso dos animais e, a conversão alimentar tendeu a ser piorada, como demonstrado pelo modelo LRP, estimando a relação Trip:Lis em 0,22.

O aumento das relações Trip:Lis não foi capaz de influenciar o consumo de ração, entretanto, os leitões apresentaram maior taxa de crescimento e melhor utilização de nutrientes quando as relações do triptofano com lisina foi aumentada. Além disso, o consumo foi aumentado em aproximadamente 8,4% na Fase I e em 8,8% na Fase II quando se comparou o primeiro tratamento em relação à média dos demais tratamentos, indicando um possível efeito do triptofano sobre o consumo alimentar. Isto pode ocorrer porque o triptofano, em quantidades ideais, possibilita maior produção de serotonina e, conseqüentemente, altera o consumo alimentar, pois a serotonina está envolvida com a ingestão de alimentos pelos animais. Em experimentos realizados por Burgoon et al. (1992) e Guzik et al. (2002) houve efeito linear e quadrático dos tratamentos sobre esta variável.

O menor consumo de ração dos animais no primeiro tratamento pode estar relacionado ao conteúdo de triptofano da dieta, por isso, é possível, como já mencionado por Le Floch et al. (2009), que baixo consumo de triptofano pode reduzir o consumo alimentar dos leitões, principalmente devido ao aumento das concentrações de aminoácidos neutros, tais como a valina, leucina, isoleucina e fenilalanina, os quais podem reduzir a disponibilidade de triptofano para produção de serotonina e, conseqüentemente, diminuir o consumo alimentar.

Devido ao aumento do ganho de peso, a conversão alimentar dos leitões também foi afetada pelo aumento das relações aminoacídicas, sendo que na Fase II apresentou melhora até a relação 0,21. A partir desse ponto, a conversão alimentar dos leitões tendeu a se estabilizar, como demonstrado pelo modelo LRP, estimando relações Trip:Lis em 0,22. Acima da relação Trip:Lis 0,21, a conversão alimentar piorou em cerca de 14,0 e 8,0% nas Fases I e II, respectivamente, reduzindo a eficiência de utilização dos nutrientes da dieta. Estes dados corroboram com os de outros pesquisadores tais como Burgoon et al. (1992), Guzik et al. (2002) e Le Floch et al. (2009), os quais observaram melhoria na utilização de nutrientes ao se aumentar o conteúdo de triptofano nas dietas.

O peso da carcaça quente aumentou em média 860 g, sem alterações no rendimento da carcaça. Isto pode estar evidenciando que o maior ganho de peso dos leitões foi decorrente do maior ganho de peso dos leitões no período total. Este maior peso da carcaça pode ter alterado o peso dos órgãos, associado à maior retenção de nitrogênio no soro, redução em cerca de 20,0% (29,6 vs. 24,7) com a elevação das relações Trip:Lis, significando maior retenção de proteína bruta pelos leitões. Guzik et al. (2002), observaram maior retenção de nitrogênio até o nível de 0,182 e 0,168%

de triptofano digestível para leitões dos 6,3 a 10,3 kg e dos 10,3 a 15,7 kg, respectivamente.

Os pesos dos órgãos não foram aumentados pela elevação das relações Trip:Lis, entretanto, o aumento no peso do fígado (324,3 vs. 391,1 g) e dos rins (65,0 vs. 71,8 g), em 17,2 e 9,5%, respectivamente, provavelmente seja devido ao aumento no peso dos leitões e, conseqüentemente, peso da carcaça. Estes valores sugerem que o conteúdo de triptofano melhorou a taxa de crescimento dos animais e que a lisina pode ter sido fator limitante, visto que não houve estabilização dos parâmetros de desempenho.

Como já era de se esperar, os valores de haptoglobina aos 49 dias e os escores fecais, tanto aos cinco, como aos dez dias de experimento apresentaram-se baixos e não foram afetados pelas relações Trip:Lis. Neste experimento, o fato dos leitões terem sido criados em instalações limpas, desinfetadas e possuir antibiótico nas dietas, isto pode ter sido responsável pelos menores teores de haptoglobina e incidência de diarreias. Estes dados corroboram com outros estudos, os quais observaram menor incidência de diarreia (Zangeronimo et al., 2006) e menores concentrações de haptoglobina (Niewold, 2007 & Le Floc'h et al., 2009) em leitões criados em ambientes sem desafio sanitário, com a presença de antibiótico nas dietas e teor protéico reduzido das dietas.

Pelos resultados obtidos, é possível afirmar que o nível de proteína bruta das dietas não tenha alterado as determinações das relações Trip:Lis, pois o desempenho foi aumentado linearmente, o que permite reduzir o teor protéico das dietas para leitões nesta fase desde que suplemente as dietas com aminoácidos industriais adequadamente. De acordo com Ning & Qian (2008), a redução do teor de proteína bruta em torno de 2,0 a 4,0%, desde que mantidas as relações entre os aminoácidos,

pode ser realizada sem efeitos negativos no desempenho. Em contrapartida, Guzik et al. (2002), relataram que o teor protéico das dietas pode influenciar a determinação das necessidades de triptofano; possivelmente devido às concentrações de outros aminoácidos, os quais podem interferir no desempenho animal.

A menor relação encontrada na Fase I pode ter sido devido à menor taxa de crescimento dos animais quando comparada àquela obtida na Fase II. É possível que na primeira fase experimental o estresse pós desmame tenha sido fator determinante e influenciado as exigências dos animais, e por isso, a relação obtida na Fase I foi menor que aquela na Fase II, estimando as relações Trip:Lis em 0,20 e 0,22 nas Fases I e II, respectivamente, para ganho de peso, peso da carcaça e melhoria na conversão alimentar dos animais, com indícios de melhorar a eficiência de utilização de nutrientes.

## **5. CONCLUSÃO**

As relações triptofano e lisina digestíveis para leitões na fase inicial de crescimento (dos 26 aos 47 dias de idade) é de 0,22.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Bisinoto, K.S., Berto, D.A., Caldara, F.R., Trindade Neto, M.A. & Wechsler, F.S. 2006. Exigências de triptofano para leitões (6 kg a 11 kg) com base no conceito da proteína ideal. *Acta Sci. Anim. Sci. Maringá*, v. 28, n. 2, p. 197-202.
- Bisinoto, K.S, Berto, D.A, Caldara, F.R, Trindade Neto, M.A. & Wechsler, F.S. 2007. Relação treonina:lisina para leitões de 6 a 11kg de peso vivo em rações formuladas com base no conceito de proteína ideal. *Ciênc. Rural, Santa Maria*, v.37, n.6, p.1740-1745.

- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 2000. Instrução normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000. Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 24 de janeiro de 2000, Seção 1, p. 14.
- Burgoon, K.G, Knab, D.A. e Greeg, E.J. 1992. Digestible tryptophan requirements of starting, growing, and finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.2493-2500.
- Coma, J., Carrion, D. & Zimmerman, D.R. 1995. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirement of pigs. *J. Anim. Sci.*, v.73, p.472-481.
- Donzele, J.L., Costa, P.M.A., Rostagno, H.S. & Fontes, D.O. 1992. Efeitos dos níveis de lisina na composição da carcaça de suínos de 5 a 15 kg. *R. Bras. Zootec.*, v.21, p.1091-1099.
- Ferreira, R.A.; Oliveira, R.F.M.; Donzele, J.L.; Araújo, C.V.; Silva, F.C.O.; Vaz, R.G.M.V. & Rezende, W.O. 2006. Redução da proteína bruta da ração e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em ambiente de alta temperatura. *R. Bras. Zootec.*, v.35, n.3, p.1056-1062.
- Ferreira, A.S., Lora, G.G., Gattás, G., Santos, M., Silva, F.C.O. & Reis, A.L.O. 2008. Plasma sanguíneo para leitões desmamados aos 35 dias recebendo mesmas quantidades de ração. *Anais... Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia.*
- Guzik, A.C., Southern, L.L. & Kerr, B.J. 2002. The tryptophan requirement of nursery pigs. *J. Anim. Sci.*, v.80, p.2646–2655.
- Han, Y., Chung, T.K. & Baker, D.H. 1993. Tryptophan requirement of pigs in the weight category 10 to 20 kilograms. *J. Anim. Sci.*, v.71, p.139-143.

- Heegaard, P.M.H., Klausen, J.; Nielsen, J.P., González-Ramón, N., Piñeiro, M., Lampreave, F. & Alava, M.A. 1998. The porcine acute phase response to infection with *Actinobacillus pleuropneumoniae*. Haptoglobin, C-reactive protein, major acute phase protein and serum amyloid A protein are sensitive indicators of infection. *Comp. Biochemistry and Physiology B Biochem. Mol. Biol.* v.119, p.365–373.
- Knura-Deszczk, S., Lipperheide, C., Pettersen, C., Jobert, J.L., Berthelot-Hérault, F., Kobisch, M. & Madec, F. 2002. Plasma haptoglobin concentration in swine after challenge with *Streptococcus suis*. *Journal Vet. Med. B Infect. Dis. Vet. Public Health*, v.49, p.240–244.
- Le Floch, N., Le Bellego, L., Matte, J.J., Mechior, D. & Sève, B. 2009. The effect of sanitary status degradation and dietary tryptophan content on growth rate and tryptophan metabolism in weaning pigs. *J. Anim. Sci.* v.87, p.1686-1694.
- Machado, G.S. & Fontes, D.O. 2005. Relação entre as exigências nutricionais e o sistema imune em suínos. In: II Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos. Viçosa, Minas Gerais.
- Niewold, T. A. 2007. The nonantibiotic anti-inflammatory effect of antimicrobial growth promoters, the real mode of action? A hypothesis. *Poult. Sci.* v.86, p.605–609.
- Ning, L. & Qian, L. 2008. Research progress on Tryptophan requirement of piglets and growing and finishing pigs. *Amino Sci.*, v.2, p.7-16.
- Oliveira Júnior, G.M., Ferreira, A.S., Gattás, G., Barbosa, F.F., Reis, A.L. & Silva, F.C.O. 2008. Plasma sanguíneo para leitões desmamados aos 28 dias recebendo mesmas quantidades de ração. *Anais... Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia.*

- Pereira, A.A., Donzele, J.L., Oliveira, R.F.M., Abreu, M.L.T., Silva, F.C.O. & Martins, M.S. 2008. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético na fase dos 97 aos 125 kg. R. Bras. Zootec., v.37, n.11, p.1984-1989.
- Rodrigues, N.E.B., Zangeronimo, M.G. & Fialho, E.T. 2010. Adaptações fisiológicas de suínos sob estresse térmico. Nutritime, v.07, n.02, p.1197-1211.
- Rossi, L. & Tirapegui, J. 2004. Implicações do Sistema Serotoninérgico no Exercício Físico. Arq. Bras. Endocrinol. Metab. V.48, n.2.
- Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F.M., Lopes, D.C., Ferreira, A.S. & Barreto, S.L.T. 2005. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. Viçosa:UFV, 186p.
- Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F.M., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Barreto, S.L.T. & Euclides, R.F. 2011. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos - Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. Viçosa: UFV, 252p.
- SAEG Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.
- Silva, D.J. 1990. Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos). Viçosa: UFV. 160p.
- Susenbeth, A. 2006. Optimum tryptophan :Lysine ratio in diets for growing pigs: Analysis of literature data. Livest. Sci., v.101, p.32–45.
- Zangeronimo, M.G., Fialho, E.T., Lima, J.A.F., Rodrigues, P.B. & Murgas, L.D.S. 2006. Redução do nível de proteína bruta da ração com suplementação de aminoácidos sintéticos para leitões na fase inicial. R. Bras. Zootec., v.35, p.849-856.

### *Capítulo III*

#### **Relações triptofano e lisina digestíveis para leitões desmamados aos 27 dias e criados em condições de desafio sanitário**

*Artigo foi formatado de acordo com as normas do Journal Animal Feed Science and Technology e encaminhado.*

**Relações triptofano e lisina digestíveis para leitões desmamados aos 27 dias e criados em condições de desafio sanitário**

Gregório Murilo de Oliveira Júnior<sup>a,\*</sup>, Aloízio Soares Ferreira<sup>a</sup>, Willams Gomes<sup>a</sup>,  
Francisco Carlos de Oliveira Silva<sup>b</sup>, Anderson Lazarini Lima<sup>a</sup>, Andressa da Silva  
Formigoni<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Zootecnia (DZO), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, MG. 36571-000, Brasil.

<sup>b</sup>Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Viçosa, Minas Gerais, MG. 36571-000, Brasil.

\*Autor correspondente: Endereço de e-mail: gregzootec@yahoo.com.br/ Telefone + 55 31 8812 4887, fax + 55 31 3899 1236

**RESUMO:** Visando-se determinar a relação entre triptofano e lisina digestíveis (Trip:Lis) para leitões desmamados aos 27,3 dias e criados na creche em condições de desafio sanitário; 105 leitões híbridos com peso inicial de  $8,0 \pm 0,219$  kg foram distribuídos em um experimento com delineamento em blocos ao acaso com cinco tratamentos (relações Trip:Lis de 0,155; 0,175; 0,200; 0,225 e 0,250), sete repetições e três leitões por unidade experimental, onde considerou-se o peso dos animais como fator para formação dos blocos. Foram detectados efeitos lineares entre as relações Trip:Lis para os pesos ( $P \leq 0,01$ ) e ganhos de peso ( $P = 0,05$ ) dos leitões na Fase I. Aplicando-se o modelo Linear Response Platô (LRP) a estes resultados estimou-se a relação Trip:Lis em 0,19 ( $P = 0,09$ ). Tanto o peso, quanto o ganho de peso na Fase II, apresentaram efeitos quadráticos ( $P = 0,09$ ), estimando a relação em 0,22. O aumento das relações aminoacídicas não influenciou o consumo de ração e nem a conversão alimentar na Fase I ( $P > 0,05$ ). Entretanto, o consumo de ração na Fase II apresentou efeito linear ( $P = 0,05$ ) e, também influenciou a conversão alimentar que apresentou efeito quadrático ( $P \leq 0,01$ ) até a relação 0,21. A taxa de deposição de gordura não foi influenciada pelas relações Trip:Lis ( $P > 0,05$ ). Contudo, a taxa de deposição de proteína demonstrou efeito quadrático ( $P = 0,02$ ) até a relação Trip:Lis de 0,19. O conteúdo de haptoglobina no soro não foi influenciado ( $P > 0,05$ ). Conclui-se que a relação do triptofano e lisina digestíveis para leitões na fase inicial de crescimento (dos 27 aos 48 dias de idade) criados em condições de desafio sanitário é de 0,21.

**Palavras chave:** Aminoácidos, Citocina, Deposição Muscular, Ganho de Peso, Haptoglobina, Sistema Imune

**ABSTRACT:** With the objective of determining the ideal digestible tryptophan:lysine (Trp:Lys) for piglets weaned at 27.3 days and housed in conditions presenting sanitary challenges, 105 hybrid piglets with initial weights of  $8 \pm 0.219$  kg were distributed randomly into blocks of five treatments (Trp:Lys ratios of 0.155, 0.175, 0.200, 0.225 and 0.250), with seven replications and three piglets per experimental unit, where the body weight (BW) of the piglets was used to formation of the blocks. Linear effects of Trp:Lys ratios were found for the BW ( $P < 0.01$ ) and average daily weight gain (ADG) ( $P = 0.05$ ) at phase I. Applying the broken line regression model at phase I produced an estimated Trp:Lys ratio of 0.19 ( $P = 0.09$ ). The increase in the Trp:Lys ratios did not influence average daily feed intake (ADFI) or the gain-to-feed ratio (G:F) at phase I ( $P > 0.05$ ). However, the ADFI at phase II showed linear effect ( $P = 0.05$ ) and also influenced the G:F, which showed had quadratic effects ( $P < 0.01$ ) until the ratio 0.21 in function of Trp:Lys ratios. Although the fat deposition rate was not influenced by treatments ( $P = 0.05$ ), the protein deposition rate demonstrated quadratic effects ( $P = 0.03$ ) until the ratio 0.19. The Trp:Lys ratios not influenced the contents of haptoglobin in the serum ( $P = 0.05$ ), but urea contents showed quadratic effect until Trip:Lis ratio 0.20. It is concluded that digestible tryptophan to lysine ratios for piglets in initial phase of growth (from 27-to 48-days-old) housed under sanitary challenging conditions was found to be 0.20.

**Keywords:** amino acid, cytokine, haptoglobin, immune system, muscle deposition, weight gain

## 1. INTRODUÇÃO

O desmame de leitões tem sido realizado em idades próximas de 14 a 21 dias de idade (Ferreira et al., 2007) com o argumento de que isto aumenta o número de partos por porca por ano e o número de suínos terminados. No entanto, o desmame precoce aos 21 dias, ou antes, pode ser causador de estresse devido a uma série de fatores tais como as mudanças de ambiente, quebra da ordem social pela mistura de leitegadas e, como fator preponderante, a troca de uma dieta líquida à base de proteína animal para outra sólida à base de proteína vegetal. Estes fatores podem levar à queda da imunidade e redução no consumo de alimentos favorecendo a manifestação de doenças oportunistas com concomitante redução na taxa de crescimento.

Na tentativa de minimizar estes fatores têm-se estudado ingredientes que favoreçam a composição de dietas com melhor qualidade de proteína, digestibilidade e composição em aminoácidos, pois em decorrência disto o consumo voluntário e a taxa de crescimento dos leitões podem também ser melhorados (Rodrigues et al., 2001; Bisinoto et al., 2007).

A redução no consumo de alimento pelos leitões pós-desmame tem sido apontada como a principal causa de redução de desempenho com consequências na saúde dos animais (Ning and Qian, 2008), principalmente devido à menor ingestão de triptofano pelos leitões e, conseqüentemente, isto pode refletir em menor produção de serotonina (5-hidroxitriptamina). Por isso, o triptofano deve ser considerado como fator nutricional importante na regulação do consumo de dieta pelos leitões após o desmame (Henry et al., 1992; Rossi & Tirapegui, 2004; Ning & Qian, 2008; Pereira et al., 2008;).

É possível ainda que as necessidades de triptofano sejam alteradas em função da idade de desmame dos leitões, pois tem sido demonstrado que animais desmamados com 26 dias de idade ou mais sofrem menos estresses e consomem maiores quantidades de dieta que animais desmamados aos 21 dias ou menos (Campos et al., 2008; Ferreira et al., 2008 e Oliveira Júnior et al., 2008). Quando se realiza o desmame aos 21 dias de idade ou menos, os animais ainda podem desenvolver processos inflamatórios e por isso demandarem maiores quantidades de triptofano. Nestes casos, o triptofano pode ser transferido do tecido muscular para tecidos e células envolvidas em respostas inflamatórias (Klasing & Johnstone, 1991). Tais mudanças no metabolismo dos aminoácidos podem induzir competição entre crescimento e defesa do organismo, que, por sua vez, podem gerar necessidades específicas de alguns aminoácidos, a exemplo do triptofano (Le Floc'h et al., 2009).

Em condições de menor desafio sanitário, os animais têm respondido positivamente a maiores níveis de lisina na dieta quando às exigências nutricionais são atendidas (Williams et al., 1997a,b,c). Em contrapartida, animais alojados em condições sanitárias precárias, o sistema imune pode ser estimulado e em decorrência disto a concentração de proteínas de fase aguda, dentre elas a haptoglobina, pode ser aumentada.

A haptoglobina no fígado pode ser sintetizada em resposta a ativação por citocinas inflamatórias como a interleucina-1 e interleucina-6 (Wassell, 2000) e, por isso, os seus teores no plasma sanguíneo podem ser usados como indicador de inflamação (Melchior et al., 2004; Le Floc'h et al., 2006,2009) ou de infecções (Knura-Deszczk et al., 2002) por se manterem em maiores concentrações por um longo tempo em comparação a proteína C reativa (Heegaard et al., 1998).

Também têm-se citado que a relação triptofano digestível com lisina digestível deve ser 18:100 para leitões desmamados aos 21 dias de idade (Rostagno et al., 2011), porém outras relações, com leitões desmamados com esta mesma idade, também têm sido citadas (Han et al., 1993; Burgoon et al., 1992; Guzik et al., 2002). Além disso, a maioria dos resultados tem sido expressos com base na proteína da dieta, e por isso, a variação tem sido entre 0.14 até 0.23 em dietas com 16.3 até 26.0% de proteína bruta (Boomgaardt e Baker, 1973; Han et al., 1993; Uttecht et al., 1991; Ning and Qian, 2008) e poucos estudos têm sido realizados para verificar o efeito do desmame acima dos 26 dias de idade.

Neste contexto, realizou-se um experimento para se determinar as relações entre triptofano e lisina digestíveis para leitões após o desmame aos 27 dias de idade e criados sob condições de desafio sanitário.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Localização e Certificação**

O experimento foi conduzido no período de outubro a novembro de 2010 no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, cujo município está localizado a uma latitude de 20° 45' 45" sul e longitude de 42° 52' 04" oeste, com altitude de 657 m.

Os cuidados e o uso dos leitões foram realizados de acordo as normas para uso de animais em experimentos e o experimento foi certificado pelo comitê de ética da Universidade Federal de Viçosa.

## 2.2. Animais, Instalações, Dietas e Delineamento Experimental

Foram distribuídos 105 leitões híbridos (machos e fêmeas - Landrace x Large White) desmamados em média aos  $27,3 \pm 0,485$  dias de idade e peso inicial médio de  $8,0 \pm 0,219$  kg, em um experimento com delineamentos em blocos ao acaso, com cinco tratamentos, sete repetições e três leitões por unidade experimental. O peso dos leitões foi considerado como critério para constituição dos blocos.

Os leitões foram alojados do desmame ao término do experimento em baias metálicas suspensas com piso e laterais telados providas de comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta localizados em galpão de alvenaria, com piso de concreto, teto de madeira rebaixado e janelas basculantes nas laterais.

As dietas experimentais foram formuladas para atender as necessidades dos leitões na fase inicial de crescimento, seguindo-se as recomendações contidas em Rostagno et al. (2005), exceto com relação ao triptofano e a lisina (Tabelas 1 e 2). Um nível subótimo de lisina digestível de 1,197% foi utilizado. O inerte foi utilizado em todas as dietas para assegurar a variação na inclusão de aminoácidos.

Os tratamentos experimentais consistiram de cinco relações do triptofano digestível com lisina digestível (Trip:Lis) de 0,155; 0,175; 0,200; 0,225 e 0,250.

Os leitões tiveram livre acesso à água e às rações experimentais atendendo aos princípios de bem estar animal.

## 2.3. Procedimento Experimental

Os leitões foram adquiridos da granja de melhoramento da UFV localizada a dois quilômetros da granja experimental e foram transportados até seu o destino no dia do desmame.

**Tabela 1.** Composição percentual das dietas experimentais

<i>Ingredientes (%)</i>	Relações triptofano:lisina digestíveis				
	15,5%	17,5%	20,0%	22,5%	25,0%
Milho Grão	56,600	56,600	56,600	56,600	56,600
Farelo de Soja (45%)	13,200	13,200	13,200	13,200	13,200
Soja Micronizada	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Glúten de milho (60%)	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500
Leite Integral Pó	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
Soro de Leite Pó	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Fosfato Bicálcico	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295
Calcário	0,674	0,674	0,674	0,674	0,674
Sal	0,334	0,334	0,334	0,334	0,334
L-Lisina HCl (78%)	0,408	0,408	0,408	0,408	0,408
DL-Metionina (98%)	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093
L-Triptofano (99%)	-	0,023	0,054	0,085	0,115
L-treonina (99%)	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
L-Valina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Suplemento Mineral <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento Vitamínico <sup>2</sup>	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
Antioxidante <sup>3</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Inerte	0,554	0,530	0,500	0,469	0,439
<i>Total</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1</sup>Fornecendo por ton de ração: 7.800.000 UI de Vit. A; 2.150.000 UI de Vit. D3; 25.760 UI de Vit. E; 4.000 mg de Vit. K3; 3.000 mg de Vit. B1; 7.320 mg de Vit. B2; 1.560 mg de Vit. B6; 30.000 mcg de Vit. B12; 19.700 mg de Pantetonato de Cálcio; 35.130 mg de Niacina; 43 mg de Biotina, 765 mg de Ácido Fólico; 5.000 mg de BHT.

<sup>2</sup>Fornecendo por ton de ração: 1.000 mg de Cobalto; 80 g de Ferro; 40 g de Manganês; 100 g de Zinco; 12 g de Cobre; 1.000 mg de Iodo e 0,3mg de Selênio.

<sup>3</sup>Hidroxitoluendo butilado (BHT): 100 g por tonelada de ração.

**Tabela 2.** Composições bromatológicas calculadas das dietas experimentais<sup>1</sup>

Composições calculadas	Relações triptofano:lisina digestíveis				
	15,5%	17,5%	20,0%	22,5%	25,0%
Energia metabolizável (kcal/kg)	3335	3335	3335	3335	3335
Proteína bruta (%)	18,60	18,60	18,60	18,60	18,60
Lisina digestível (%)	1,197	1,197	1,197	1,197	1,197
Metionina.+Cistina digestível (%)	0,671	0,671	0,671	0,671	0,671
Triptofano digestível (%)	0,186	0,210	0,240	0,270	0,300
Treonina digestível (%)	0,755	0,755	0,755	0,755	0,755
Valina digestível (%)	0,846	0,846	0,846	0,846	0,846
Arginina digestível (%)	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985
P disponível (%)	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
Cálcio (%)	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825
Sódio (%)	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230
Lactose (%)	7,48	7,48	7,48	7,48	7,48

<sup>1</sup>Valores calculados de acordo com informações contidas em Rostagno et al. (2005).

Para potencializar a ativação do sistema imunológico dos leitões, quatro baias em cada uma das salas de creche foram selecionadas ao acaso e cada uma delas foi ocupada com três animais oriundos da granja experimental. As instalações não foram limpas e nem desinfetadas e os leitões não receberam antibiótico nas dietas experimentais. Na chegada dos animais à granja experimental, eles foram identificados e receberam uma única dose de vacina contra *Mycoplasma* e outra contra *Pausteuella* de acordo com as indicações do fabricante para estimular o sistema imunológico. As vacinas apresentaram os seguintes agentes de acordo com indicações do fabricante: *Mycoplasma hyopneumoniae*, *Bordetella bronchiseptica*, *Pasteurella multocida* tipos A e D e *Erysipelothrix rhusiopathiae*.

A temperatura no interior das creches foi verificada diariamente às 17:00h usando termômetro de máxima e mínima colocados à 1,5 metros de altura. As umidades relativas do ar foram verificadas às 07:00, 12:00 e 17:00h a partir de informações de temperaturas coletadas em termômetro de bulbo seco e úmido colocado no centro da sala.

Foram avaliados o desempenho dos leitões e as demais características por fases: Fase I – do desmame aos 14 dias de experimento e Fase II – do desmame aos 21 dias de experimento; sendo o período total analisado de 21 dias. Os leitões foram pesados individualmente em três períodos experimentais: no desmame, aos 14 dias e aos 21 dias após o início dos estudos. As dietas foram pesadas sempre que fornecidas, enquanto que as sobras destas coletadas e pesadas sempre que necessário durante o período experimental.

No quinto e décimo dia após o início do experimento foi avaliado o escore fecal dos leitões, realizados de forma visual, onde o escore 1 correspondeu à fezes de

consistência normal, o escore 2 à fezes pastosas, o escore 3 à fezes aquosas e o escore 4, fezes sanguinolentas.

#### 2.4. Abate e Análises Laboratoriais

Após 14 dias do início do experimento foram coletadas amostras ( $\pm 10\text{mL}$ ) de sangue por meio de punção na veia jugular de dois leitões por unidade experimental (o mais pesado e o mais leve) em cada uma das seis repetições para análises do teor de uréia e da haptoglobina no soro sangüíneo. As amostras de sangue foram coletadas de forma padronizada de acordo com o seguinte protocolo: os leitões permaneceram em jejum alimentar das 18 horas até as 07 horas do dia seguinte, quando receberam novamente dieta á vontade por um período de duas horas e novamente foram submetidos a um jejum alimentar de quatro horas. Após este período se realizou a colheita de sangue.

O sangue coletado foi centrifugado durante 20 minutos a 7000 rpm para obtenção do soro ( $\pm 1,5\text{ml}$ ). O soro foi transferido para frascos apropriados e estes foram armazenados em congelador ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

A análise de nitrogênio da uréia no soro foi realizada utilizando a técnica enzimática UV valendo-se de kits comerciais para análise de uréia cinética K 056 (Bioclin®) em conformidade com Bisinoto et al. (2007).

As concentrações sorológicas da haptoglobina foram determinadas por ensaio de nefelometria através do kit comercial N Antisera to Human Transferrin and Haptoglobin (Siemens®), sendo que a sensibilidade foi determinada como 8 mg/dL de haptoglobina.

Após um jejum de 24 horas, oito leitões com peso médio de 8,0 kg foram abatidos no início do experimento, sendo um por repetição. Ao término do experimento, mais doze leitões (o mais leve e o mais pesado de cada uma das seis repetições) foram abatidos. O abate dos leitões e a higienização das carcaças foram realizados seguindo-se as normas de abate humanitário com insensibilização por choque elétrico como descrito na Instrução Normativa Número 3 de janeiro de 2000 do Ministério da Agricultura e Abastecimento.

As carcaças foram divididas longitudinalmente e a metade da carcaça esquerda, incluindo cabeças e pés, sem vísceras e sangue foram usadas para determinação das taxas de deposição de proteína e de gordura. Esta metade da carcaça foi triturada em “cutter” comercial de 30 HP e 1.775 rpm e também preparada para posteriores análises laboratoriais de acordo com as recomendações contidas em Ferreira et al. (2006). Após a retirada dos órgãos, o fígado e os rins foram limpos e pendurados à sombra para escoamento do sangue e água por cerca de 20 minutos, e pesados em seguida.

As taxas de deposição de proteína e de gordura foram estimadas conforme técnica descrita por Donzele et al. (1992), exceto com relação a pré-secagem que foi realizada em estufa de ventilação forçada à aproximadamente 60°C por 72 horas e o pré-desengorduramento das amostras que permaneceram no aparelho extrator tipo “Soxhlet” por 4 horas.

As análises de gordura e proteína bruta das amostras da carcaça foram realizadas no Laboratório de Nutrição do Departamento de Zootecnia da UFV segundo técnicas descritas por Silva (1990).

## 2.5. Análises Estatísticas

Os parâmetros foram submetidos às análises de variância utilizando-se o programa Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV, versão 9.1). As relações Trip:Lis foram avaliadas com base nos resultados de desempenho, taxas de deposição de gordura e de proteína, os teores de uréia no soro e de haptoglobina, bem como o escore fecal utilizando-se os modelos lineares ou quadráticos conforme o melhor ajuste dos parâmetros. Os parâmetros que foram significativos na análise de variância também foram analisados por meio de regressão através do modelo *Linear Response Platô* (LRP). Considerou-se  $\alpha = 0,05$  e valores de  $\alpha$  entre 0,05 e 0,10, como tendência.

## 3. RESULTADOS

Os valores das temperaturas máximas observados durante o período experimental foram de  $30,8 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e das temperaturas de mínimas foram de  $27,6 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$ . Os valores médios das umidades relativas do ar foram de  $87,3 \pm 14,0\%$  para às 07:00h, de  $93,1 \pm 12,4\%$  para às 12:00h e de  $88,6 \pm 15,1\%$  para às 17:00h.

Constatou-se diferença linear entre tratamentos com relação aos pesos ( $P \leq 0,01$ ) dos leitões na Fase I (Tabela 03). A equação de linearidade foi de  $\hat{Y} = 8,567 + 6,924\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,72$ ). Por meio do modelo LRP estimou-se a relação Trip:Lis em 0,19, dada por  $\hat{Y} = 6,912 + 16,533\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,993$ ). Na segunda fase experimental, os pesos apresentaram efeitos quadráticos ( $P = 0,08$ ), estimando a relação Trip:Lis em 0,22. A equação pode ser representada por:  $\hat{Y} = 1,703 + 105,486\text{Trip:Lis} - 238,106\text{Trip:Lis}^2$  ( $R^2 = 0,94$ ).

**Tabela 03.** Pesos, ganho de pesos, consumos de ração, conversões alimentares e taxa de deposição de proteína e de gordura na carcaça em função dos tratamentos

Variáveis	Relações triptofano:lisina digestíveis					Estatística		
	0,155	0,175	0,200	0,225	0,250	LN <sup>a</sup>	QD <sup>a</sup>	CV (%)
Peso inicial médio (kg)	7,81	7,80	7,85	7,89	7,87	-	-	2,4
Fase I	9,49	9,77	10,23	10,02	10,18	0,01	0,16	4,7
Fase II	12,20	13,09	13,31	13,03	13,33	0,01	0,08	4,7
Ganho de peso médio diário (g/dia)								
Fase I	138,1	151,4	182,4	163,5	181,4	0,05	0,32	24,4
Fase II	219,6	264,6	272,2	256,8	272,9	0,01	0,09	12,9
Consumo de ração médio diário (g/dia)								
Fase I	276,8	287,4	298,4	294,1	317,4	>0,10	>0,10	14,4
Fase II	381,1	424,2	418,9	413,5	439,9	0,05	>0,10	10,8
Conversão alimentar (g/g)								
Fase I	2.15	1.97	1.69	1.92	1.81	>0,10	>0,10	19,1
Fase II	1.75	1.60	1.55	1.59	1.61	0,01	0,01	5,4
Deposição de proteína e de gordura na carcaça (g/dia)								
Proteína	15,1	19,9	21,6	14,9	15,9	>0,10	0,03	34,5
Gordura	18,1	25,2	21,4	20,3	22,9	>0,10	>0,10	33,9

<sup>a</sup>P-valor para comparações: LN = linear; QD = quadrática.

O ganho de peso também foi influenciado linearmente ( $P=0,05$ ) na Fase I e é dado pela equação  $\hat{Y} = 0,079 + 0,427\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,64$ ). Pelo modelo LRP, a relação Trip:Lis foi estimada em 0,19, representada pela equação  $\hat{Y} = -18,469 + 994,918\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,974$ ). Na segunda fase o ganho de peso demonstrou efeito quadrático ( $P=0,09$ ) das relações Trip:Lis, estimando a relação em 0,22 (Figura 1).

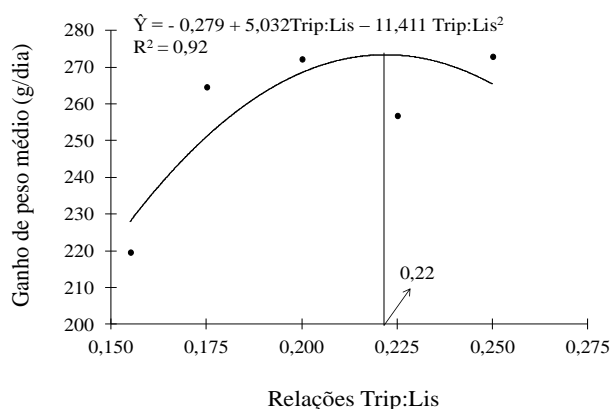


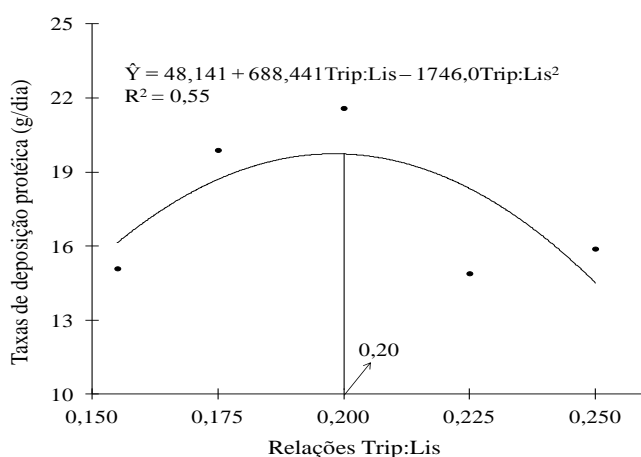
Figura 1. Efeito das relações triptofano:lisina digestíveis sobre o ganho de peso médio diário em leitões criados em ambientes desafiados.

O consumo de ração pelos leitões na Fase I não foi afetado ( $P>0,05$ ) pelo aumento das relações aminoacídicas.

Entretanto, na Fase II o consumo aumentou linearmente ( $P=0,05$ ) com o aumento das relações Trip:Lis e pode ser obtido pela equação:  $\hat{Y} = 0,326 + 0,451\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,75$ ).

A conversão alimentar na Fase I, não foi afetada ( $P>0,05$ ) pelo aumento das relações entre o triptofano e a lisina. Entretanto, os tratamentos experimentais melhoraram a conversão alimentar na Fase II ( $P\leq 0,01$ ) a qual apresentou efeito quadrático, representado por  $\hat{Y} = 4,169 - 24,714\text{Trip:Lis} + 58,172\text{Trip:Lis}^2$  ( $R^2 = 0,98$ ), determinando a relação Trip:Lis em 0,21.

Embora a taxa de deposição de gordura não ter sido influenciada pelas relações Trip:Lis ( $P>0,05$ ), a taxa de deposição em proteína apresentou efeito quadrático ( $P=0,03$ ) estimando-se a relação Trip:Lis em 0,19 (Figura 2).



Os pesos absolutos e relativos dos fígados e o peso absoluto dos rins não foram influenciados pelo aumento das relações Trip:Lis ( $P>0,05$ ) (Tabela 4).

Figura 2. Efeito das relações triptofano:lisina digestíveis sobre as taxas de deposição proteica em leitões criados em ambientes desafiados.

Entretanto, o peso absoluto dos rins demonstrou efeito quadrático ( $P=0,07$ ) com o aumento das relações Trip:Lis e pode ser representado pela seguinte equação:  $\hat{Y} = -0,057 + 1,179\text{Trip:Lis} - 2,900\text{Trip:Lis}^2$  ( $R^2 = 0,92$ ), estimando relação de 0,20.

**Tabela 04.** Peso absoluto e relativo de fígado e rins, peso em jejum, da carcaça e rendimento, parâmetros sanguíneos e escore fecal em função dos tratamentos experimentais

Variáveis	Relações triptofano:lisina digestíveis					Estatísticas		CV (%)
	0,155	0,175	0,200	0,225	0,250	LN <sup>a</sup>	QD <sup>a</sup>	
Peso Absoluto (g)								
Fígado	304,6	327,2	352,1	314,0	340,7	>0,10	>0,10	17,4
Rins	55,6	60,8	63,7	59,8	57,0	>0,10	0,07	12,9
Peso relativo (%)								
Fígado	3,7	3,8	3,9	3,8	4,0	>0,10	>0,10	16,1
Rins	0,68	0,71	0,70	0,72	0,67	>0,10	0,29	10,5
Peso Jejum (Kg)	11,154	11,87	12,444	11,730	11,770	0,26	0,04	6,2
Carcaça (kg)	8,117	8,567	9,079	8,375	8,542	>0,10	0,06	6,9
Rendimento (%)	72,8	72,2	73,0	71,3	72,6	>0,10	>0,10	2,7
Parâmetros sanguíneos (mg/dL)								
Haptoglobina	12,1	12,0	11,9	12,1	13,5	>0,10	>0,10	23,1
Uréia	34,5	30,7	27,6	32,8	41,2	>0,10	0,02	24,0
Nota do escore fecal								
Dia 5	2,3	1,9	1,8	2,3	1,5	0,06	>0,10	25,6
Dia 10	1,5	1,3	1,1	1,0	1,2	0,06	0,19	29,2

<sup>a</sup>P-valor para contrastes: LN = linear; QD = quadrático.

Constataram-se efeitos quadráticos (P=0,04) com relação ao peso em jejum dos leitões em função das relações Trip:Lis e pode ser demonstrada por  $\hat{Y} = 0,201 + 110,397\text{Trip:Lis} - 250,851\text{Trip:Lis}^2$  ( $R^2 = 0,96$ ). O peso da carcaça quente também apresentou efeito quadrático (P=0,06), o qual podem ser obtido pela equação  $\hat{Y} = -1,038 + 94,738\text{Trip:Lis} - 227,849\text{Trip:Lis}^2$  ( $R^2 = 0,54$ ). As estimativas obtidas para peso em jejum foram de 0,22 e, para peso da carcaça de 0,21. Contudo, o rendimento de carcaça não foi influenciado (P>0,05).

O teor de haptoglobina não apresentou diferenças significativas (P>0,05) com o aumento das relações Trip:Lis. Entretanto, o teor de nitrogênio no soro foi reduzido com o aumento das relações entre os aminoácidos (P=0,02), possibilitando estimativas de 0,19 (Figura 3).

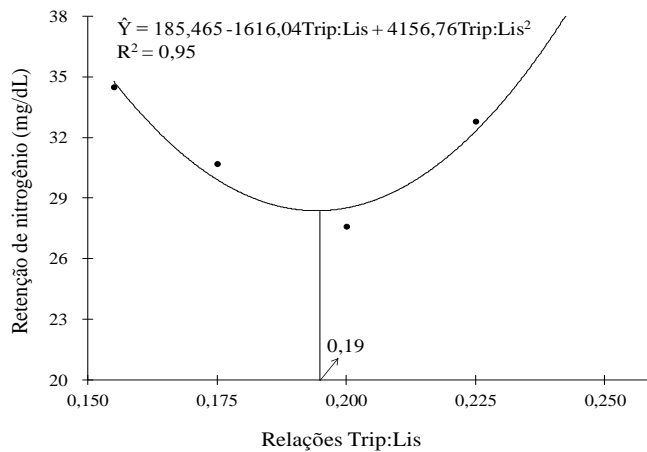


Figura 3. Efeito das relações triptofano:lisina digestíveis sobre a retenção de nitrogênio em leitões criados em ambientes desafiados.

O escore fecal foi menor ( $P=0,06$ ) à medida que se aumentou a relação Trip:Lis tanto aos cinco, quanto aos dez dias após o início do experimento.

As equações do escore fecal podem ser obtidas pelas seguintes equações:  $\hat{Y} = 3,043 - 5,321\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,36$ ) e  $\hat{Y} = 1,948 - 3,689\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,60$ ), respectivamente. Aos dez dias do início do experimento, por meio do modelo LRP estimou-se a relação de 0,19 ( $P \leq 0,01$ ), que pode ser obtida por  $\hat{Y} = 2,580 - 7,178\text{Trip:Lis}$  ( $R^2 = 0,967$ ).

#### 4. DISCUSSÃO

As temperaturas no interior das salas de creche se mantiveram dentro dos limites da termoneutralidade para os animais desta faixa etária como preconizado por Rodrigues et al. (2010), exceto a umidade relativa do ar que foi superior a 70,0%, pois segundo Sampaio et al. (2004) este seria o valor de umidade relativa do ar de conforto para leitões. Contudo, os leitões de todos os tratamentos foram submetidos aos mesmos efeitos de temperatura e umidade e assim, as diferenças entre os tratamentos com relação aos resultados de desempenho, portanto, não podem ser atribuídas às condições ambientais.

Como o peso dos animais foi aumentado pela elevação das relações Trip:Lis, o ganho de peso dos animais também sofreu a mesma influência até a relação de 0,19 na Fase I. Estes resultados são similares àqueles obtidos por Le Floch et al. (2009) que ao avaliarem leitões criados em condições sanitárias precárias, semelhantes as deste experimento, verificaram que um aumento das relações de triptofano com lisina digestíveis de 0,15 para 0,20 nas dietas melhorou o ganho de peso, a eficiência alimentar e o consumo de ração dos leitões.

É possível que na primeira fase experimental os leitões tenham sofrido devido ao estresse agudo, como verificado pela maior incidência de diarreia pós-desmame e redução no consumo alimentar e, em função disto, parte do triptofano pode ter sido demandado para maior resposta imune e isto pode ter sido responsável tanto pela redução do consumo de ração pelos animais, quanto na redução da taxa de crescimento. A taxa de crescimento dos leitões obtida nesta fase foi menor do que as taxas de crescimento obtidas por Guzik et al. (2002) e Le Floch et al. (2009) com animais de mesma faixa etária. A elevação das relações Trip:Lis na segunda fase experimental, ainda podem ter sido responsáveis pelo maior consumo de ração e pela maior taxa de crescimento dos leitões no período total, pois, o consumo de ração pelos leitões foi aumentado em aproximadamente 11,3% (381,1 vs. 424,1 g) no primeiro tratamento (relação de 0,15 Trip:Lis) em relação à média dos demais. Le Floch et al. (2009), também observaram que leitões desafiados imunologicamente reduziram o consumo alimentar na primeira fase experimental.

Burgoon et al. (1992) e Han et al. (1993) ao estudarem níveis de triptofano para leitões aos 28 dias, estimaram níveis entre 0,14 a 0,18% (relações de 0,11 a 0,14) de triptofano digestível para leitões em fase inicial de crescimento. Provavelmente a melhoria das condições ambientais, nutricionais, sanitárias, genética

dos animais e o aumento da taxa de crescimento podem ter sido responsáveis pelo aumento da relação Trip:Lis no estudo em apreço. Guzik et al. (2002), trabalhando com leitões desmamados aos 19 dias e consumindo uma dieta basal por mais 7 dias antes do início do experimento, também observaram efeitos do aumento dos níveis de triptofano digestível de 0,13 para 0,28% e estimaram por meio do modelo LRP níveis de 0,20% para leitões dos 6,3 a 10,2 kg, o que corresponde a relação de 0,16. Entretanto, o menor desempenho observado no presente experimento, pode ter sido em consequência do estímulo do sistema imunológico. Williams et al. (1997a,b,c) ao avaliarem a ativação do sistema imunológico em leitões em fase inicial de crescimento, também observaram redução do potencial de crescimento ocasionado pela ativação do sistema imune.

O consumo alimentar, na primeira fase experimental, não foi influenciado pela elevação das relações Trip:Lis, principalmente devido ao menor período experimental analisado e também devido ao estímulo imunológico, o qual promoveu redução no consumo alimentar dos animais desafiados. Entretanto, após o estresse imunológico inicial, o aumento no ganho de peso na Fase I e o maior consumo de ração pelos leitões na segunda fase, melhorou a eficiência de utilização de nutrientes e, por consequência, a conversão alimentar dos leitões na Fase II, o que possibilitou estimar a relação aminoacídica em 0,21. A melhor eficiência de utilização de nutrientes observada com o aumento das relações Trip:Lis também pode ser demonstrada pela maior taxa de deposição protéica nos leitões, associada à maior retenção de nitrogênio no soro, o que possibilitou estimativas das relação Trip:Lis de 0,20. Este aumento na taxa de deposição de proteína na carcaça dos leitões, também pode ter aumentado o peso absoluto dos rins, provavelmente devido à maior

metabolização de nutrientes, favorecendo o ganho de peso com a elevação das relações entre os aminoácidos.

Devido ao maior peso e ganho de peso dos leitões, o peso em jejum dos animais e o da carcaça quente também foram aumentados pela maior relação entre Trip:Lis. Este aumento no peso das carcaças foi acompanhado por maiores teores de proteína nas carcaças até a relação Trip:Lis 0,20, o que pode ser indício de que a maior ingestão de triptofano na segunda fase foi primordial para maximizar o ganho em tecido protéico em relação ao de gordura.

Provavelmente, o estresse agudo ocasionado pela mudança de ambiente (transporte de leitões entre granjas com status sanitário diferente) e a utilização de vacinas, podem ter sido responsáveis por reduzir a concentração de serotonina e por consequência, reduzir o consumo de ração dos leitões e, concomitantemente, promover redução no desempenho destes animais na primeira fase experimental. Contudo, isto não foi suficiente para afetar o conteúdo de haptoglobina no soro. Foi relatado por Niewold (2007) e Le Floc'h et al. (2009), que apenas a elevação do triptofano nas dietas não afetou a concentração de haptoglobina em leitões alojados em ambiente desafiado. Entretanto, o teor da haptoglobina é influenciado quando se compara um ambiente com ou sem desafio sanitário.

A haptoglobina, para animais alojados sob as mesmas condições experimentais, pode não representar um bom parâmetro em casos de estresse agudo, demonstrando falso status sanitário das instalações, pois outras proteínas de fase aguda podem permanecer altas e, conseqüentemente, afetarem negativamente o desempenho. Pode ser que animais estimulados de forma aguda tenham apresentado elevação nos teores de outras proteínas de fase aguda, como a proteína C reativa e o aumento da atividade da indoleamina 2,3 dioxigenase (IDO), bem como ter

promovido a diminuição de piridoxal-5-fosfato plasmática conforme relatado por Le Floch et al. (2009). A ativação imunológica altera a utilização de triptofano no organismo animal, principalmente pela elevação da IL-1, IL-6 e o TNF- $\alpha$ , que promove aumento na produção de IDO para formação de radicais livres, bem como de outras proteínas de fase aguda, por isso, a concentração de haptoglobina se manteve estável. Além disso, parece que existe um equilíbrio entre a síntese de glutatona e a sua utilização como destruidor de radicais livres durante a inflamação e, por isso, os níveis de glutatona podem ser aumentados nos primeiros dias pós-desmame (Breuillé et al., 1994 e Malmezat et al., 2000). Deste amodo, a utilização da vacina pode ter provocado estímulo agudo ao invés de crônico, alterando a produção de outras proteínas de fase aguda. Fato este, que permite predizer que a haptoglobina, em casos de estresse agudo e em instalações com manejos similares, pode não ser um bom indicador de status sanitário.

O estresse agudo pode ser evidenciado pela maior incidência de diarreia nos primeiros cinco dias experimentais, pois, dez dias após o início do experimento a incidência foi menor do que aquela constatada no início do experimento. O baixo escore fecal dez dias após início do experimento, também pode estar relacionado à adaptação dos leitões às condições experimentais e às instalações, bem como à redução do teor protéico das dietas. Estes resultados estão de acordo com os relatados Mores et al. (1990) e Zangeronimo et al. (2006) que observaram menor incidência de diarreia em animais que consumiram dietas com menores teores protéicos.

Pode ser que a maior ativação do sistema imune tenha alterado as demandas de metionina, as quais podem ter mascarado parte dos resultados deste experimento; pois, tem sido correlacionado que, em casos de maior desafio sanitário, a metionina é

transmetilada intracelularmente à homocisteína no tecido gastrointestinal para a síntese de poliaminas, fosfatidilcolina, ou creatina (Lobley et al., 1996); aumentando à demanda por metionina para a síntese de homocisteína e cisteína, que por sua vez, podem ser utilizadas para a síntese de glutatona para proliferação células epiteliais e síntese de mucinas secretadas em função da resposta imune (Riedijk et al., 2007).

Deste modo, a ativação do sistema imunológico dos leitões ocasionado pela mudança de sítio produtivo e alojamento em instalações que não foram limpas e desinfetadas, pode ter alterado a utilização do triptofano no organismo, pois este aminoácido pode ser utilizado em resposta à maior ativação do sistema imune, reduzindo o consumo alimentar. Por isso, pode ocorrer redução do desempenho dos leitões, aumento da incidência de diarreia pós-desmame e redução da eficiência de utilização de nutrientes em leitões desafiados imunologicamente.

## **5. CONCLUSÃO**

Conclui-se que a relação de triptofano com lisina digestíveis para leitões na fase inicial de crescimento (dos 27 aos 48 dias de idade) criados em condições de desafio sanitário é de 0,20.

## **6. AGRADECIMENTOS**

À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, MG, Brazil) e ao INCT-CA (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciências Animal, Brazil) pelo aporte financeiro; à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brazil) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brazil) pela concessão de bolsas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bisinoto, K.S, Berto, D.A, Caldara, F.R, Trindade Neto, M.A. & Wechsler, F.S. 2007. Relação treonina:lisina para leitões de 6 a 11kg de peso vivo em rações formuladas com base no conceito de proteína ideal. *Ciênc. Rural*, Santa Maria, v.37, n.6, p.1740-1745.
- Boomgaardt, J. & Baker, D.H. 1973. Tryptophan requirements of growing pigs at three levels of dietary protein. *J. Anim. Sci.*, v.36, p.303–306.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 2000. Instrução normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000. Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 24 de janeiro de 2000, Seção 1, p. 14.
- Breuille, D., Malmezat, T., Rose, F., Pouyet, C. & Obled, C. 1994. Assessment of tissue glutathione status during experimental sepsis. *Clin. Nutr.* 13:5.
- Burgoon, K.G, Knab, D.A. & Greeg, E.J. 1992. Digestible tryptophan requirements of starting, growing, and finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.2493-2500.
- Campos, P.F., Graña, G.L., Ferreira, A.S., et al. 2008. Plasma sanguíneo para leitões desmamados aos 21 dias recebendo mesmas quantidades de ração. *Anais... Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia*.
- Donzele, J.L., Costa, P.M.A., Rostagno, H.S. & Fontes, D.O. 1992. Efeitos dos níveis de lisina na composição da carcaça de suínos de 5 a 15 kg. *R. Bras. Zootec.*, v.21, p.1091-1099.
- Ferreira, R.A., Oliveira, R.F.M., Donzele, J.L., Araújo, C.V., Silva, F.C.O., Vaz, R.G.M.V. & Rezende, W.O. 2006. Redução da proteína bruta da ração e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg

- mantidos em ambiente de alta temperatura. R. Bras. Zootec., v.35, n.3, p.1056-1062.
- Ferreira, A.S., Gattas, G., Barbosa, F.F., Caríssimo, A.P.G. 2007. Desmame precoce aos 21 dias: Vamos repensar esta prática? In.: VII Seminário de Aves e Suínos – AveSui Regiões 2007. Suinocultura, Belo Horizonte, MG p.11-27.
- Ferreira, A.S., Lora, G.G., Gattás, G., Santos, M., Silva, F.C.O. & Reis, A.L.O. 2008. Plasma sanguíneo para leitões desmamados aos 35 dias recebendo mesmas quantidades de ração. Anais... Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia.
- Guzik, A.C., Southern, L.L. & Kerr, B.J. 2002. The tryptophan requirement of nursery pigs. J. Anim. Sci., v.80, p.2646–2655.
- Han, Y., Chung, T.K. & Baker, D.H. 1993. Tryptophan requirement of pigs in the weight category 10 to 20 kilograms. J. Anim. Sci., v.71, p.139-143.
- Heegaard, P.M.H., Klausen, J., Nielsen, J.P., Gonzales-Ramon, N., Piñeiro, M., Lampreave, F. & Alava, M.A. 1998. The porcine acute phase response to infection with *Actinobacillus pleuropneumoniae*. Haptoglobin, C-reactive protein, major acute phase protein and serum amyloid A protein are sensitive indicators of infection. Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol. 119:365–373.
- Henry, Y., Sève, B., Colléaux, Y., Ganier, P., Saligaut, C. & Jégo, P. 1992. 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 serotonin. J. Anim. Sci., v.70, p.1873-1887.
- Klasing, K.C., & Johnstone, B.J. 1991. Monokines in growth and development. Poult. Sci. 70:1781–1789.

- Knura-Deszczk, S., Lipperheide, C., Pettersen, C., Jobert, J.L., Bertjelot-Herault, F., Kobisch, M. & Madec, F. 2002. Plasma haptoglobin concentration in swine after challenge with *Streptococcus suis*. J. Vet. Med. B Infect. Dis. Vet. Public Health v.49, p.240–244.
- Le Floc'h, N., Jondreville, C., Matte, J.J. & Sève, B. 2006. Importance of sanitary environment for growth performance and plasma nutrient homeostasis during the post-weaning period in piglets. Arch. Anim. Nutr. v.60, p.23–34.
- Le Floc'h, N., Le Bellego, L., Matte, J.J., Mechior, D. & Sève, B. 2009. The effect of sanitary status degradation and dietary tryptophan content on growth rate and tryptophan metabolism in weaning pigs. J. Anim. Sci. v.87, p.1686-1694.
- Lobley, G.E., Connell, A. & Revell, D. 1996. The importance of transmethylation reactions to methionine metabolism in sheep: effects of supplementation with creatine and choline. Br. J. Nutr. v.75, p.47–56.
- Malmezat, T., Breuille, D., Capitan, P., Mirand, P.P. & Obled, C. 2000. Glutathione turnover is increased during the acute phase of sepsis in rats. J. Nutr. 130:1239–1246.
- Melchior, D., B. Seve, & N. Le Floc'h. 2004. Chronic lung inflammation affects plasma amino acid concentrations in pigs. J. Anim. Sci. 82:1091–1099.
- Morés, N., Marques, J.L., Sobestiansky, J., Oliveira, A. & Coelho, L.S.S. 1990. Influência do nível protéico e/ou da acidificação da dieta sobre a diarreia pós-desmame em leitões causada por *Escherichia coli*. Pesq. Vet. Bras., Rio de Janeiro, v.10, p.85-88.
- Niewold, T.A. 2007. The nonantibiotic anti-inflammatory effect of antimicrobial growth promoters, the real mode of action? A hypothesis. Poult. Sci. v.86, p.605–609.

- Ning, L. & Qian, L. 2008. Research progress on Tryptophan requirement of piglets and growing and finishing pigs. *Amino Sci.*, v.2, p.7-16.
- Oliveira Júnior, G.M., Ferreira, A.S., Gattás, G., Barbosa, F.F., Reis, A.L. & Silva, F.C.O. 2008. Plasma sanguíneo para leitões desmamados aos 28 dias recebendo mesmas quantidades de ração. *Anais... Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia.*
- Pereira, A.A., Donzele, J.L., Oliveira, R.F.M., Abreu, M.L.T., Silva, F.C.O. & Martins, M.S. 2008. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético na fase dos 97 aos 125 kg. *R. Bras. Zootec.*, v.37, n.11, p.1984-1989.
- Riedijk, M.A., Stoll, B., Chacko, S., Schierbeek, H., Sunehag, A.L., Van Goudoever, J.B., & Burrin, D.G. 2007. Methionine transmethylation and transsulfuration in the piglet gastrointestinal tract. *PNAS*, v.104, n.09, p.3408 – 3413.
- Rodrigues, N.E.B, Donzele, J.L, Oliveira, R.F.M, Ferreira, A.S., Lopes, D.C. & Rodrigues Filho, M. 2001. Níveis de treonina em rações para leitões dos 6 aos 15 kg. *R. Bras. Zootec.*, v.30, p.2033-2038.
- Rodrigues, N.E.B., Zangeronimo, M.G. & Fialho, E.T. 2010. Adaptações fisiológicas de suínos sob estresse térmico. *Nutritime*, v.07, n.02, p.1197-1211.
- Rossi, L. & Tirapegui, J. 2004. Implicações do Sistema Serotoninérgico no Exercício Físico. *Arq. Bras. Endocrinol. Metab.* v.48, n.2.
- Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F.M., Lopes, D.C., Ferreira, A.S. & Barreto, S.L.T. 2005. *Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais.* Viçosa:UFV, 186p.
- Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F.M., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Barreto, S.L.T. e Euclides, R.F. 2011. *Tabelas Brasileiras*

- para Aves e Suínos - Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. Viçosa: UFV, 252p.
- SAEG Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.
- Sampaio, C.A.P., Cristani, J., Dubiela, J.A., Boff, C.E. & Oliveira, M.A. 2004. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. *Ciênc. Rural*, v.34, n.3, p.785-790.
- Silva, D.J. 1990. *Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)*. Viçosa: UFV. 160p.
- Uttecht, D.J., Hamilton, C.R., Weaver, E.M. & Libal, G.W. 1991. Interaction between dietary levels of neutral amino acids and tryptophan fed to 10-kg pigs. *J. Anim. Sci.* 69, p.364.
- Wassell, J. 2000. Haptoglobin: Function and polymorphism. *Clin. Lab.* v.46, p.547–552.
- Williams, N.H, Stahly, T.S. & Zimmerman, D.R. 1997a. Effect of chronic immune system activation on the rate, efficiency and composition of growth and lysine needs of pigs fed from 6 to 27kg. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.2463-2471.
- Williams, N.H, Stahly, T.S. & Zimmerman, D.R. 1997b. Effect of chronic immune system activation on body nitrogen retention, partial efficiency of lysine utilization, and lysine needs of pigs. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.2472-2480.
- Williams, N.H, Stahly, T.S. & Zimmerman, D.R. 1997c. Effect of level of chronic immune system activation on the growth and dietary lysine needs of pigs from 6 to 112 Kg. *J. Anim. Sci.*, v. 75, p. 2481-2496.

Zangeronimo, M.G., Fialho, E.T., Lima, J.A.F., Rodrigues, P.B. & Murgas, L.D.S.

2006. Redução do nível de proteína bruta da ração com suplementação de aminoácidos sintéticos para leitões na fase inicial. R. Bras. Zootec., v.35, p.849-856.

*Capítulo IV*

**Relações entre treonina e lisina digestíveis para leitões desmamados aos 27 dias e criados sob condições de desafio sanitário**

*Artigo que será formatado de acordo com as normas do Journal Livestock Science e, posteriormente, encaminhado.*

**Relações entre treonina e lisina digestíveis para leitões desmamados aos 27 dias e criados sob condições de desafio sanitário**

Gregório Murilo de Oliveira Júnior<sup>a,\*</sup>, Aloízio Soares Ferreira<sup>a</sup>, Valéria Vânia Rodrigues<sup>a</sup>, Francisco Carlos de Oliveira Silva<sup>b</sup>, Priscila Furtado Campos<sup>a</sup>, Andressa da Silva Formigoni<sup>a</sup>, Wilams Gomes dos Santos

<sup>a</sup>Departamento de Zootecnia (DZO), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, MG. 36571-000, Brasil.

<sup>b</sup>Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Viçosa, Minas Gerais, MG. 36571-000, Brasil.

\*Autor correspondente: Endereço de e-mail: gregzootec@yahoo.com.br/ Telefone + 55 31 8812 4887, fax + 55 31 3899 1236

**RESUMO:** Visando-se determinar a relação entre treonina e lisina digestíveis (Treo:Lis) para leitões desmamados aos 27 dias e mantidos em condições de desafio sanitário; 105 leitões híbridos com peso inicial de  $7,2 \pm 0,410$  kg foram distribuídos em delineamento com blocos ao acaso (peso inicial como fator de blocagem) constituídos de cinco relações Treo:Lis de 0,56; 0,63; 0,70; 0,77 e 0,84, sete repetições e três leitões por unidade experimental. O desempenho dos leitões não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pelas relações Treo:Lis independente da fase avaliada. Contudo, o consumo de treonina digestível apresentou efeito linear ( $P < 0,01$ ) nas duas fases. A taxa de deposição de proteína foi aumentada linearmente pelas relações Treo:Lis ( $P = 0,09$ ), enquanto que a taxa de deposição de gordura demonstrou efeito quadrático ( $P = 0,04$ ) até a relação Treo:Lis 0,65. A relação proteína/gordura apresentou efeito quadrático ( $P = 0,02$ ), estimando a relação Treo:Lis em 0,68. Os parâmetros de carcaça, teores de uréia no soro e o escore fecal não foram influenciados ( $P > 0,05$ ). Contudo, os pesos absolutos dos fígados e rins foram aumentados linearmente ( $P < 0,01$ ). Pelo modelo linear response plateau (LRP), as estimativas obtidas foram de 0,63. O peso relativo do fígado apresentou efeito quadrático ( $P = 0,09$ ), com estimativas de 0,75. Entretanto, o peso relativo dos rins apresentou efeitos lineares ( $P = 0,05$ ), o qual possibilitou estimar a relação Treo:Lis pelo modelo LRP em 0,63. O teor de haptoglobina apresentou efeito quadrático ( $P < 0,01$ ), estimando esta relação em 0,74 através do modelo LRP. A relação entre treonina e lisina digestíveis para leitões na fase inicial de crescimento (dos 27 dias aos 48 dias de vida) e criados sob condições de desafio sanitário é de 0,65.

**Palavras chave:** Desempenho, Exigência, Ganho de peso, Haptoglobina, Órgãos, Sistema imune

**ABSTRACT:** With the objective of determining the digestible threonine:lysine ratio (Thr:Lys) for piglets weaned at 27 days and housed in conditions presenting sanitary challenges, 105 hybrid piglets with body weights (BW) of  $7,2 \pm 0,410$  kg were distributed randomly into blocks (initial BW as a blocking factor) of five Thr:Lys ratios of 0.56; 0.63; 0.70; 0.77 and 0.84, seven replications and three piglets per experimental unit. The performance of piglets did not influence ( $P > 0.05$ ) by increased of Thr:Lys ratios. However, threonine intake there was linear increased ( $P \leq 0.01$ ) in both phases. The rate of protein deposition was increased linearly by Thr:Lys ratios ( $P = 0.09$ ), already the fat deposition rate demonstrated quadratic effects ( $P = 0.04$ ) until to Thr:Lys at 0.65. The protein/fat ratio showed quadratic effect ( $P = 0.02$ ). The carcass parameters, urea content in serum and fecal scores were not affected ( $P = 0.05$ ). However, the absolute weights of livers and kidneys were increased linearly ( $P < 0.01$ ), produced estimative the ratios between the amino acids by broken line model in 0.63. The relative weight of liver showed quadratic effect ( $P = 0.09$ ) in the Thr:Lys ratios at 0.75. The relative weight of kidneys showed linear effects ( $P = 0.05$ ), which allowed estimate the Thr:Lys ratio by broken line model in 0.63. The contents of haptoglobin in the serum was quadratic influenced ( $P < 0.01$ ) produced estimative the Thr:Lys ratio in 0.74. It is concluded that digestible threonine to lysine ratios in initial phase of growth (from 27- to 48-day-old of piglets) and housed under sanitary challenge conditions was found to be 0.65.

**Keywords:** amino acid, haptoglobin, immune system, muscle deposition, organs, performance

## 1. INTRODUÇÃO

O desmame por si só gera estresse no animal e, quando realizado de forma precoce, antes dos 24 dias, os fatores de estresse se agravam. Os principais fatores que geram estresse vêm da separação da mãe, mudança de ambiente, dificuldade de adaptação às novas instalações e também da troca de uma dieta líquida constituída à base de proteína animal (leite) para outra sólida constituída à base de proteína vegetal (cereais). Além disto, as interações destes fatores podem levar à queda da imunidade e redução do consumo de ração pelos leitões favorecendo a manifestação de doenças oportunistas. Nestes casos, parte dos nutrientes pode ser transferido dos tecidos de crescimento e desenvolvimento para tecidos e células envolvidas em respostas inflamatórias e, por isso; induzir a competição entre crescimento e defesa do corpo, alterando as exigências para alguns aminoácidos (Klasing e Johnstone, 1991; Le Floc'h et al., 2009). Contudo, animais desmamados acima dos 26 dias de idade, podem ter ultrapassado a pior etapa de regulação de seu sistema neuro-comportamental por sofrerem menos estresse e consumirem mais dieta que animais desmamados aos 21 dias ou menos e, por conseguinte, podem alterar as necessidades de outros aminoácidos, a exemplo da treonina (Campos et al., 2008; Ferreira et al., 2008 e Oliveira Júnior et al., 2008).

Em resposta ao estresse imunológico gerado pelo desmame, a produção de haptoglobina é alterada. A haptoglobina é uma proteína de fase aguda importante em suínos, sintetizada no fígado em resposta a ativação por citocinas inflamatórias tais como a IL-1 e a IL-6 (Wassell, 2000) e tem sido utilizada como indicador de inflamação (Melchior et al., 2004, Le Floc'h et al., 2006, 2009) e de infecções (Knura-Deszczk et al., 2002) devido à sua maior concentração no plasma e por

permanecer por maior tempo em comparação a outras proteínas de fase aguda, tais como a proteína C reativa (Heegaard et al., 1998).

Não só a idade de desmame torna-se importante, pois tem sido mencionado que a redução do consumo alimentar pelos animais, as condições sanitárias, os animais, o ambiente e os fatores nutricionais podem ter influência sobre a relação ótima entre aminoácidos (Guzik et al., 2002; Susenbeth, 2006; Le Floc'h et al., 2009).

Com a redução da idade de desmame de 60 para 21 dias de idade, ou em idades ainda mais precoce, foi necessário formular dietas de acordo com o conceito da proteína ideal e com melhor qualidade de proteína, digestibilidade e composição em aminoácidos a fim de assegurar bom desempenho e maximizar a produção; o que influenciou o consumo voluntário e, conseqüentemente, a taxa de crescimento dos animais (Rodrigues et al., 2001a; Bisinoto et al., 2007) .

Dentre os aminoácidos limitantes para suínos em dietas constituídas à base de milho e farelo de soja, a treonina e o triptofano se alternam como terceiro ou quarto limitantes em função do alimento usado na dieta. A treonina se encontra em pequenas quantidades em muitos cereais (Lewis, 1991) e, como agravante, há o fato de que a sua disponibilidade em relação aos demais aminoácidos tem sido baixa até mesmo no farelo de soja (Kovar et al., 1993; Adeola et al., 1994).

Este aminoácido também apresenta importante papel na manutenção da saúde dos suínos, em especial dos leitões mais jovens, pois é responsável pela produção de muco intestinal aumentando a imunidade dos leitões quanto às bactérias patogênicas. Além da utilização de treonina para síntese protéica no tecido muscular e no leite, ela está envolvida em outras funções fisiológicas como a digestão e a imunidade (Bisinoto et al., 2007), pois, há grande porcentagem de treonina nas imunoproteínas

e, por esta razão, em animais criados em ambientes com maior desafio sanitário ela pode se tornar o primeiro aminoácido limitante quanto à imunidade, alterando as suas necessidades para o máximo crescimento (Rodrigues et al., 2001b).

Nas tabelas brasileiras para aves e suínos (Rostagno et al., 2011) constam que as relações de treonina com lisina digestíveis é de 63. Contudo, variações consideráveis têm sido encontradas, sem levar-se em consideração as condições de criação. Além disso, de acordo com Berto et al. (2002), as variações verificadas sobre as recomendações na literatura, devem-se às divergências nas condições experimentais, genótipos, ingredientes e níveis de aminoácidos das rações, bem como aos critérios usados para o estabelecimento das exigências.

Neste contexto, o objetivo deste experimento foi determinar as relações entre treonina e lisina digestíveis para leitões desmamados aos 27 dias de idade e criados em condições de desafio sanitário.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Localização e Certificação**

O experimento foi conduzido no período de dezembro de 2010 a janeiro de 2011 no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, cujo município está localizado a uma latitude de 20° 45' 45" sul e longitude de 42° 52' 04" oeste, com altitude de 657 m.

Os cuidados e a utilização dos leitões foram realizados de acordo as normas para uso de animais em experimentos, certificado pelo comitê de ética da Universidade Federal de Viçosa.

## 2.2. Animais, Instalações, Dietas e Design Experimental

Foram distribuídos 105 leitões híbridos (machos e fêmeas - Landrace x Large White) desmamados em média aos  $27,0 \pm 0,910$  dias de idade e peso inicial médio de  $7,2 \pm 0,410$  kg, em um experimento com delineamentos em blocos ao acaso, com cinco tratamentos, sete repetições e três leitões por unidade experimental. O peso dos leitões foi considerado como critério para constituição dos blocos.

Os leitões foram alojados do desmame até o momento de saída em baias metálicas suspensas com piso e laterais telados providas de comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta localizados em galpão de alvenaria, com piso de concreto, teto de madeira rebaixado e janelas basculantes nas laterais.

Os tratamentos experimentais consistiram de cinco relações de treonina digestível com lisina digestíveis (Treo:Lis) de 0,56; 0,63; 0,70; 0,77 e 0,84.

As dietas experimentais foram formuladas para atender as necessidades dos leitões na fase inicial de crescimento, seguindo-se as recomendações contidas em Rostagno et al. (2005), exceto com relação ao aminoácido estudado e lisina (Tabelas 1 e 2). Um nível subótimo de lisina digestível de 1,197% foi utilizado. O inerte foi usado em todas as dietas para assegurar a variação na inclusão de aminoácidos.

Os leitões tiveram livre acesso à água e às rações experimentais atendendo aos princípios de bem estar animal.

## 2.3. Procedimento Experimental

Os leitões foram adquiridos da granja de melhoramento da UFV localizada a dois quilômetros da granja experimental e foram transportados até seu o destino no dia do desmame.

**Tabela 1.** Composição percentual e calculada da dieta experimental

<i>Ingredientes (%)</i>	Relações treonina:lisina digestíveis				
	56,0%	63,0%	70,0%	77,0%	84,0%
Milho Grão	53,200	53,200	53,200	53,200	53,200
Farelo de Soja (45%)	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
Soja Micronizada	6,160	6,160	6,160	6,160	6,160
Leite Integral Pó	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000
Soro de Leite Pó	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500
Óleo de soja vegetal	0,391	0,391	0,391	0,391	0,391
Fosfato Bicálcico	1,230	1,230	1,230	1,230	1,230
Calcário	0,649	0,649	0,649	0,649	0,649
Sal	0,315	0,315	0,315	0,315	0,315
L-Lisina HCl (78%)	0,266	0,266	0,266	0,266	0,266
DL-Metionina (98%)	0,178	0,178	0,178	0,178	0,178
L-Triptofano (99%)	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058
L-treonina (99%)	-	0,086	0,171	0,257	0,342
Supl, Mineral <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Supl, Vitamínico <sup>2</sup>	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
Antioxidante <sup>3</sup>	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Inerte	0,803	0,717	0,633	0,547	0,461
<i>Total</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1</sup>Fornecendo por ton de ração: 7.800.000 UI de Vit. A; 2.150.000 UI de Vit. D3; 25.760 UI de Vit. E; 4.000 mg de Vit. K3; 3.000 mg de Vit. B1; 7.320 mg de Vit. B2; 1,560 mg de Vit. B6; 30.000 mcg de Vit. B12; 19.700 mg de Pantetonato de Cálcio; 35.130 mg de Niacina; 43 mg de Biotina, 765 mg de Ácido Fólico; 5.000 mg de BHT.

<sup>2</sup>Fornecendo por ton de ração: 1.000 mg de Cobalto; 80 g de Ferro; 40 g de Manganês; 100 g de Zinco; 12 g de Cobre; 1.000 mg de Iodo e 0,3mg de Selênio.

<sup>3</sup>Hidroxitoluendo butilado (BHT): 100 g por tonelada de ração.

**Tabela 2.** Composições bromatológicas calculadas das dietas experimentais<sup>1</sup>

Composições calculadas	Relações treonina:lisina digestíveis				
	56,0%	63,0%	70,0%	77,0%	84,0%
EM (kcal/kg)	3325	3325	3325	3325	3325
Proteína bruta (%)	18,74	18,74	18,74	18,74	18,74
Lisina digestível (%)	1,197	1,197	1,197	1,197	1,197
Metionina+Cistina dig. (%)	0,731	0,731	0,731	0,731	0,731
Triptofano digestível (%)	0,264	0,264	0,264	0,264	0,264
Treonina digestível (%)	0,671	0,755	0,838	0,922	1,006
Valina digestível (%)	0,857	0,857	0,857	0,857	0,857
Arginina digestível (%)	1,076	1,076	1,076	1,076	1,076
P disponível (%)	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
Cálcio (%)	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825
Sódio (%)	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230
Lactose (%)	8,196	8,196	8,196	8,196	8,196

<sup>1</sup>Valores calculados de acordo com informações contidas em Rostagno et al. (2005).

Para potencializar a ativação do sistema imunológico dos leitões, quatro baias em cada uma das salas de creche foram selecionadas ao acaso e cada uma delas foi ocupada com três animais oriundos da granja experimental. As instalações não foram limpas e nem desinfetadas e os leitões não receberam antibiótico em suas dietas. Na chegada dos animais à granja, eles foram identificados e receberam uma única dose de vacina contra *Mycoplasma* e outra contra *Pausteuella* de acordo com as indicações do fabricante para estimular o sistema imunológico. As vacinas apresentaram os seguintes agentes de acordo com indicações do fabricante: *Mycoplasma hyopneumoniae*, *Bordetella bronchiseptica*, *Pasteurella multocida* tipos A e D e *Erysipelothrix rhusiopathiae*.

A temperatura no interior das creches foi verificada diariamente às 17:00h usando termômetro de máxima e mínima colocados à 1,5 metros de altura. As umidades relativas do ar foram verificadas às 07:00, 12:00 e 17:00h a partir de informações de temperaturas coletadas em termômetro de bulbo seco e úmido colocado no centro da sala.

Foram avaliados o desempenho dos leitões e as demais características por fases: Fase I – do desmame aos 14 dias de experimento e Fase II – do desmame aos 21 dias de experimento; sendo o período total analisado de 21 dias. Os leitões foram pesados individualmente em três períodos experimentais: no desmame, aos 14 dias e aos 21 dias após o início dos estudos. As dietas foram pesadas sempre que fornecidas, enquanto que as sobras destas coletadas e pesadas sempre que necessário durante o período experimental. O consumo de treonina foi calculado de acordo com os níveis deste aminoácido e o seu consumo pelos leitões.

No quinto e décimo dia após o início do experimento, foi avaliado o escore fecal dos leitões, realizados de forma visual, onde o escore 1 correspondeu à fezes de consistência normal, o escore 2 à fezes pastosas, o escore 3 à fezes aquosas e o escore 4, fezes sanguinolentas.

#### 2.4. Abate e Análises Laboratoriais

Após 14 dias do início do experimento foram coletadas amostras ( $\pm 10\text{mL}$ ) de sangue por meio de punção na veia jugular de dois leitões por unidade experimental (o mais pesado e o mais leve) em cada uma das seis repetições para análises do teor de uréia e da haptoglobina no soro sangüíneo. As amostras de sangue foram coletadas de forma padronizada de acordo com o seguinte protocolo: os leitões permaneceram em jejum alimentar das 18 horas até as 07 horas do dia seguinte, quando receberam novamente dieta à vontade por um período de duas horas e novamente foram submetidos a um jejum alimentar de quatro horas. Após este período se realizou a colheita de sangue.

O sangue coletado foi centrifugado durante 20 minutos a 7000 rpm para obtenção do soro ( $\pm 1,5\text{ml}$ ). O soro foi transferido para frascos apropriados e estes foram armazenados em congelador ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

A análise de nitrogênio da uréia no soro foi realizada utilizando a técnica enzimática UV valendo-se de kits comerciais para análise de uréia cinética K 056 (Bioclin®) em conformidade com Bisinoto et al. (2007).

As concentrações sorológicas da haptoglobina foram determinadas por ensaio de nefelometria através do kit comercial N Antisera to Human Transferrin and Haptoglobin (Siemens®), sendo que a sensibilidade foi determinada como 8 mg/dL de haptoglobina.

Após um jejum de 24 horas, oito leitões com peso médio de 8,0 kg foram abatidos no início do experimento, sendo um por repetição. Ao término do experimento, mais doze leitões (o mais leve e o mais pesado de cada uma das seis repetições) foram abatidos. O abate dos leitões e a higienização das carcaças foram realizados seguindo-se as normas de abate humanitário com insensibilização por choque elétrico como descrito na Instrução Normativa Número 3 de janeiro de 2000 do Ministério da Agricultura e Abastecimento.

As carcaças foram divididas longitudinalmente e a metade da carcaça esquerda, incluindo cabeças e pés, sem vísceras e sangue foram usadas para determinação das taxas de deposição de proteína e de gordura. Esta metade da carcaça foi triturada em “cutter” comercial de 30 HP e 1.775 rpm e também preparada para posteriores análises laboratoriais de acordo com as recomendações contidas em Ferreira et al. (2006). Após a retirada dos órgãos, o fígado e os rins foram limpos e pendurados à sombra para escoamento do sangue e água por cerca de 20 minutos, e pesados em seguida.

As taxas de deposição de proteína e de gordura foram estimadas conforme técnica descrita por Donzele et al. (1992), exceto com relação a pré-secagem que foi realizada em estufa de ventilação forçada à aproximadamente 60°C por 72 horas e o pré-desengorduramento das amostras que permaneceram no aparelho extrator tipo “Soxhlet” por 4 horas.

As análises de gordura e proteína bruta das amostras da carcaça foram realizadas no Laboratório de Nutrição do Departamento de Zootecnia da UFV segundo técnicas descritas por Silva (1990).

## 2.5. Análises Estatísticas

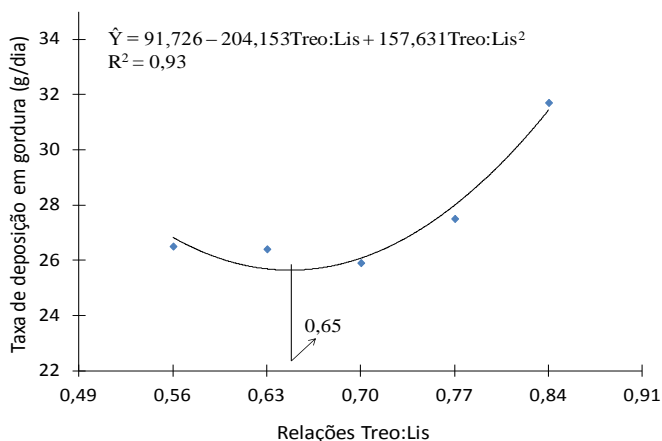
Os parâmetros foram submetidos às análises de variância utilizando-se o programa Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV, versão 9.1). As relações Treo:Lis foram avaliadas com base nos resultados de desempenho, taxas de deposição de gordura e de proteína, os teores de uréia no soro e de haptoglobina, bem como o escore fecal utilizando-se os modelos lineares ou quadráticos conforme o melhor ajuste dos parâmetros. Os parâmetros que foram significativos na análise de variância também foram analisados por meio de regressão através do modelo *Linear Response Platô* (LRP). Considerou-se  $\alpha = 0,05$  e valores de  $\alpha$  entre 0,05 e 0,10, como tendência.

## 3. RESULTADOS

Os valores das temperaturas máximas observados durante o período experimental foram de  $31,1 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ , das temperaturas de mínimas foram de  $27,1 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$  e as umidades relativas do ar foram de  $72,6 \pm 5,6\%$ .

Não se constatou diferenças ( $P > 0,05$ ) com relação ao desempenho em nenhuma das fases avaliadas em função das relações Treo:Lis (Tabela 3). Entretanto, o consumo de treonina digestível foi aumentado linearmente ( $P < 0,01$ ) tanto na Fase I, quanto na Fase II.

A taxa de deposição protéica também aumentou linearmente ( $P = 0,09$ ), sendo a equação de linearidade dada por  $Y = 16,172 + 9,837\text{Treo:Lis}$  ( $R^2 = 0,50$ ). A taxa de deposição de gordura apresentou efeito quadrático ( $P = 0,04$ ). A representação gráfica encontra-se apresentado na Figura 1. As relações Treo:Lis estimadas pelo modelo quadrático foi de 0,65 tanto para deposição em proteína, quanto em gordura.



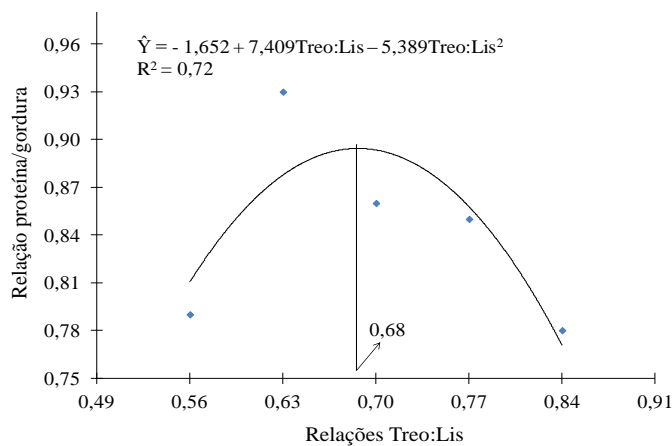
A relação proteína/gordura apresentou efeito quadrático (P=0,02), estimando a relação Treo:Lis em 0,68 (Figura 2).

Figura 1. Efeito das relações treonina:lisina digestíveis sobre a taxa de deposição em gordura em leitões criados em ambientes desafiados.

**Tabela 03.** Desempenho dos leitões, taxas de deposição de proteína e de gordura e relação proteína:gordura (Proteína:Gordura) em função dos tratamentos experimentais

Variáveis	Relações treonina:lisina digestíveis					Estatísticas		
	0,56	0,63	0,70	0,77	0,84	LN <sup>a</sup>	QD <sup>a</sup>	CV (%)
Peso inicial (kg)	7,334	7,391	7,189	7,317	7,313	-		2,0
Fase I	9,946	9,998	9,826	10,024	10,090	ns	ns	5,5
Fase II	13,554	13,593	13,149	13,881	13,957	ns	ns	6,8
Ganho de peso médio diário (g/dia)								
Fase I	200,7	200,5	196,2	192,6	212,4	ns	ns	21,2
Fase II	310,9	310,3	293,6	318,1	332,3	ns	ns	14,3
Consumo de ração médio diário (g/dia)								
Fase I	323,5	337,6	308,3	323,5	328,5	ns	ns	12,7
Fase II	460,3	476,8	440,3	472,0	472,1	ns	ns	9,4
Consumo de treonina diário (g/dia)								
Fase I	2,17	2,54	2,58	2,98	3,30	0,01	ns	12,9
Fase II	3,09	3,60	3,69	4,35	4,75	0,01	ns	9,3
Conversão alimentar (g/g)								
Fase I	1,69	1,70	1,58	1,73	1,58	ns	ns	12,5
Fase II	1,51	1,55	1,51	1,49	1,44	ns	ns	7,6
Deposição na carcaça (g/dia)								
Proteína	21,0	24,2	21,8	23,5	24,8	0,09	ns	27,7
Gordura	26,5	26,4	25,9	27,5	31,7	ns	0,04	25,2
Proteína:Gordura	0,79	0,93	0,86	0,85	0,78	ns	0,02	20,8

<sup>a</sup>P-valor para contrastes: LN = linear; QD = quadrático.



Constataram-se diferenças lineares ( $P < 0,01$ ) com relação ao peso absoluto do fígado e rins (Tabela 4).

Figura 2. Efeito das relações treonina:lisina digestíveis sobre relação proteína/gordura em leitões criados em ambientes desafiados.

**Tabela 04.** Pesos de órgãos, parâmetros sanguíneos e escore fecal dos leitões em função dos tratamentos experimentais

Variáveis	Relações treonina:lisina digestíveis					Estatísticas		
	0,56	0,63	0,70	0,77	0,84	LN <sup>a</sup>	QD <sup>a</sup>	CV (%)
	Peso Absoluto (g)							
Fígado	308,4	331,5	320,6	337,7	337,3	0,01	ns	10,4
Rins	62,9	61,4	58,8	66,8	66,5	0,01	ns	9,9
	Peso relativo (%)							
Fígado	3,6	3,8	3,7	4,0	3,8	ns	0,09	9,7
Rins	0,73	0,71	0,68	0,79	0,74	0,05	ns	8,6
Peso Jejum (Kg)	12,377	12,550	12,046	12,660	12,756	ns	ns	6,5
Carc, Quente (kg)	8,657	8,737	8,611	8,443	8,970	ns	ns	7,9
Rend, de Carc, (%)	70,2	69,9	70,6	66,6	71,8	ns	ns	6,5
	Parâmetros sanguíneos (mg/dL)							
Haptoglobina	30,3	16,7	12,9	16,2	16,8	ns	0,01	40,1
Uréia	25,9	25,5	25,1	26,9	25,5	ns	ns	19,8
	Escore fecal							
Dia 5	1,6	1,6	1,4	1,2	1,2	ns	ns	31,2
Dia 10	1,1	1,5	1,3	1,4	1,6	ns	ns	51,0

<sup>a</sup>P-valor para contrastes: LN = linear; QD = quadrático.

A equação de linearidade do peso absoluto do fígado é dada por  $Y = 0,263 + 0,091\text{Treo:Lis}$  ( $R^2 = 0,82$ ) e para peso dos rins é dada por  $Y = 0,051 + 0,018\text{Treo:Lis}$  ( $R^2 = 0,88$ ). Pelo modelo LRP as estimativas foram de 0,63 para peso absoluto do fígado.

O peso relativo do fígado demonstrou efeito quadrático ( $P=0,09$ ) e pode ser obtido pela seguinte equação:  $Y = - 0,780 + 12,331\text{Treo:Lis} - 8,158\text{Treo:Lis}^2$  ( $R^2 = 0,90$ ), com estimativas da relação Treo:Lis em 0,75. O peso relativo dos rins demonstrou efeito linear ( $P=0,05$ ) e pode ser obtido por  $Y = 0,611 + 0,171\text{Treo:Lis}$  ( $R^2 = 0,52$ ). Pelo modelo LRP, as estimativas das relações Treo:Lis obtidas foi de 0,63 para esta variável.

Os pesos em jejum, da carcaça quente e do rendimento de carcaça não foram influenciados pelas relações Treo:Lis ( $P>0,05$ ).

O teor de haptoglobina apresentou efeito quadrático ( $P<0,01$ ) até a relação Treo:Lis de 0,74 (Figura 3).

O teor de uréia no soro e os escores fecais aos cinco e dez dias após início do experimento não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pelas relações Treo:Lis.

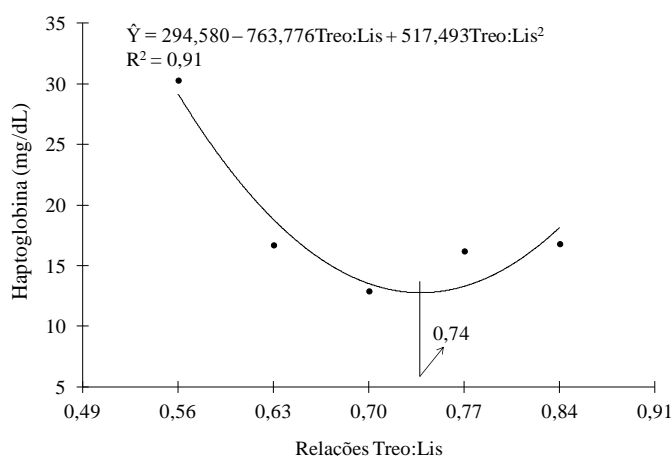


Figura 3. Efeito das relações treonina:lisina digestíveis sobre o conteúdo de haptoglobina em leitões criados em ambientes desafiados.

#### 4. DISCUSSÃO

As temperaturas médias máximas e mínimas, bem como as umidades relativas se mantiveram dentro da faixa da termoneutralidade para animais desta fase produtiva como preconizado por Rodrigues et al. (2010), com pequena amplitude e não influenciaram o desempenho animal. De acordo com Sampaio et al. (2004) umidade relativa de 70,0% seria o valor de conforto para leitões.

O aumento das relações Treo:Lis não influenciaram o ganho de peso animais e, em decorrência disto, o peso dos animais também não foi alterado. O consumo de ração e a conversão alimentar dos leitões também não foram afetados pelos tratamentos. Possivelmente, o maior desafio sanitário imposto pela aplicação de vacinas e alojamento dos animais em instalações que promovem desafio sanitário, foi responsável por redução no consumo alimentar em aproximadamente 27,0% neste experimento comparado àquele obtido por Berto et al. (2002) e, por isso, as taxas de crescimentos dos leitões não tenham sido evidenciadas. Le Floch et al. (2009) observaram que o maior desafio sanitário, em leitões desmamados aos 28 dias de idade, promove redução no consumo alimentar, como o principal fator que proporciona redução do desempenho dos leitões; provavelmente, devido a utilização do triptofano em outras vias metabólicas ao invés de produção de serotonina, a qual está envolvida com a ingestão de alimentos. Berto et al. (2002), ao avaliarem níveis crescentes de treonina para leitões desmamados aos 21 dias, também não observaram influência dos níveis deste aminoácido sobre o ganho de peso e o consumo de ração. Resultados similares foram encontrados por Pozza et al. (2000) e por Paiano et al. (2009).

A conversão alimentar não foi afetada pelas relações Treo:Lis. Esse resultado pode ser devido ao menor tempo experimental analisado e ao estresse sanitário, o qual promoveu alterações na utilização de nutrientes da deposição muscular para maior resposta imune; como evidenciado pela alteração no conteúdo de haptoglobina (maiores estimativas das relações Treo:lis – 0,74), promovendo redução no consumo alimentar dos animais e, por consequência na taxa de crescimento. A redução no consumo alimentar neste experimento quando comparado àquele observado por Berto et al. (2002) para animais de mesma faixa de peso (464 vs. 636g), pode ser

consequência dos efeitos provocados pela ativação imunológica, associado a outros fatores ambientais. Este maior estresse imunológico pode ter alterado as necessidades de treonina, bem como de outros aminoácidos aromáticos, tais como o triptofano. De acordo com Rossi & Tirapegui (2004) e Le Floch et al. (2009), animais sob condições de desafio sanitário reduzem o consumo de ração, afetando a ingestão de triptofano, conseqüentemente reduzindo a síntese de serotonina. Deste modo, a redução no consumo de alimento pode ter sido o principal motivo que proporcionou a queda no desempenho destes leitões, afetando a eficiência de utilização dos nutrientes da dieta. Ning & Qian (2008) também relataram que a redução no consumo de ração pelos leitões foi o principal fator que proporcionou redução no crescimento, desempenho e alterações nas condições de saúde dos animais.

Como o consumo de ração não foi influenciado pelas relações Treo:Lis, ocorreu aumento linear no consumo de treonina digestível (g/dia) devido à sua concentração na ração. É provável que até a relação Treo:Lis de 0,65 não continha excesso de treonina nas dietas, pois, a relação proteína:gordura observada foi maior até esta relação, sendo que a partir de então, houve redução deste parâmetro. Além disso, o consumo de ração se manteve constante, indicando que as relações entre os outros aminoácidos se mantiveram. Dados similares foram observados por Saraiva et al. (2006 e 2007). De acordo com Harper et al. (1970), a redução no consumo de alimentos é a resposta primária ao desequilíbrio entre aminoácidos na ração. Deste modo, é possível ainda que, a maior concentração de treonina nas rações tenha sido a responsável por aumentar tanto a taxa de deposição em proteína, quanto reduzir significativamente a taxa de deposição de gordura na carcaça, o que acompanhou o peso dos leitões, possibilitando estimativas da relação Treo:Lis em 0,65.

Embora os parâmetros de desempenho não terem sido influenciados, os teores de proteína e de gordura na carcaça dos animais foram alterados em função da elevação das relações Treo:Lis, estimando relações ótimas entre os dois aminoácidos em 0,65. A elevação das relações Treo:Lis aumentou a taxa de deposição de proteína e reduziu mais significativamente a deposição de gordura, como verificado pela maior relação proteína:gordura nas relação Treo:Lis de 0,65; o que evidenciou a melhora na eficiência de utilização de nutrientes. Resultados similares foram encontrados por Adeola (1995) ao avaliar níveis crescentes de treonina nas rações para suínos de 10 a 20 kg e por Saraiva et al. (2007).

O aumento no peso absoluto e relativo dos fígados e rins possivelmente pode ser devido a outros fatores, pois, há relatos de que, nesta faixa etária, as vísceras crescem proporcionalmente mais em relação às características de carcaça. Alterações na produção de proteína de fase aguda, tal como a haptoglobina e à ativação imunológica altera a metabolização de nutrientes no fígado e rins, aumentando a demanda destes órgãos e, possivelmente, também pode alterar o peso dos mesmos. Efeitos similares foram observados por Chiba (1994) ao avaliar animais em fase de crescimento. De acordo com D'Mello (1994), o fígado e os rins são órgãos que metabolizam os nutrientes e, conseqüentemente, alteram seu peso em função da metabolização de aminoácidos.

As alterações nas taxas de deposição de proteína e de gordura na carcaça dos leitões não foram suficientes para alterar o conteúdo de nitrogênio no soro dos animais com o aumento das relações Treo:Lis. Como a eficiência de utilização de nutrientes não foi influenciada, a retenção de nitrogênio no soro permaneceu inalterada, acompanhando à diminuição na deposição de gordura até a relação 0,65. Pozza et al. (2000), ao avaliar as necessidades de treonina para leitões de 15 até 30

kg, observaram que o teor de uréia plasmática foi influenciada pela elevação da treonina nas dietas e a relação obtida está próxima daquela encontrada neste experimento (0,61). Paiano et al. (2009) ao avaliarem relações crescentes de Treo:Lis digestíveis de 0,57 para 0,77, observaram maior retenção de nitrogênio até a relação de 0,64, o qual está correlacionado ao melhor perfil de aminoácidos nas dietas.

O aumento das relações Treo:Lis influenciou o conteúdo de haptoglobina dos leitões que estimou relação Treo:Lis em 0,74. Parece que as exigências por treonina, em casos de maior desafio sanitário, pode ser alterada devido à maior produção de muco intestinal, como sustentado por Defa et al. (1999) e também à maior produção de proteínas de fase aguda, como índice da haptoglobina. Le Floch et al. (2009) observaram que as concentrações de treonina são alteradas em dietas com baixo conteúdo de triptofano. Nestes casos, a exigência por glutatona para proliferação células epiteliais e síntese de mucinas secretadas em função da resposta imune pode ter aumentado, como suportado por Riedijk et al. (2007).

É possível ainda que a maior ingestão de treonina (g/dia) pelos leitões tenha sido responsável pela maior produção de muco intestinal, comprovando os achados por Defa et al. (1999) e, também por alterar o conteúdo de haptoglobina e, por consequência, o escore fecal tanto aos 5, quanto aos 10 dias após o início do experimento se manter inalterado, reduzindo a incidência de diarreias. Além disso, é possível que o baixo teor protéico e o teor adequado de lactose tenham interferido este parâmetro. Berto et al. (2002) e Zangeronimo et al. (2006) relataram que dietas com teores reduzidos de proteína bruta a incidência de diarreia é reduzida devido a menor concentração de substratos para fermentação no intestino.

Neste contexto, é possível que a redução do desempenho dos leitões pelo desafio sanitário tenha influenciado as relações Treo:Lis, principalmente pela maior

produção de haptoglobina, alterações nas taxas de deposição de proteína e de gordura nas carcaças e redução do consumo alimentar dos leitões. De acordo com Paiano et al. (2009) animais alojados em condições sanitárias e ambientais controladas às necessidades dos aminoácidos é alterada de 0,64 para 0,69; já Saraiva et al. (2006 e 2007) observaram que o estresse ambiental reduz a relação de treonina:lisina de 0,67 para 0,63. Entretanto, Defa et al. (1999) relataram que as necessidades de treonina para máximo crescimento é diferente daquela observada para máxima resposta imune. Possivelmente, as divergências quanto às metodologias avaliadas, faixas etárias, tipos de alimentos usados, bem como os parâmetros utilizados para determinações das relações ideais entre os aminoácidos nas diversas pesquisas analisadas, dificultam uma estimativa adequada da relação Treo:Lis.

## **5. CONCLUSÃO**

A relação entre treonina:lisina digestível para leitões na fase inicial de crescimento (dos 27 dias aos 48 dias de vida) e criados sob condições de desafio sanitário é de 0,65.

## **6. AGRADECIMENTOS**

À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, MG, Brazil) e ao INCT-CA (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciências Animal, Brazil) pelo aporte financeiro; à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brazil) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brazil) pela concessão de bolsas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeola, O.; Lawrence, B.V. & Cline, T.R. 1994. Availability of amino acids for 10 to 20 kilogram pigs: lysine and threonine in soybean meal. *J. Anim. Sci.*, v.72, p.2061-2067.
- Adeola, O. 1995. Dietary lysine and threonine utilization by young pigs: efficiency or carcass growth. Purdue: Purdue University Agricultural Research Programs. (Journal paper nº. 14614).
- Bisinoto, K.S, Berto, D.A, Caldara, F.R, Trindade Neto, M.A. & Wechsler, F.S. 2007. Relação treonina:lisina para leitões de 6 a 11kg de peso vivo em rações formuladas com base no conceito de proteína ideal. *Ciênc. Rural*, Santa Maria, v.37, n.6, p.1740-1745.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 2000. Instrução normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000. Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 24 de janeiro de 2000, Seção 1, p. 14.
- Campos, P.F., Graña, G.L., Ferreira, A.S., et al. 2008. Plasma sanguíneo para leitões desmamados aos 21 dias recebendo mesmas quantidades de ração. *Anais... Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia*.
- Chiba, L.I. 1994. Effects of dietary amino acid content between 20 and 50 kg na 100 kg live weight on the subsequent and overall performance of pigs. *Livest. Prod. Sci.*, v.39, p.213-221.
- D'Mello, J.P.F. 1994. Amino acid imbalance, antagonism and toxicities. In: *Amino acids in farm animal nutrition*. [S. l.: s. n.], p.63-97.

- Defa, L.; Changting, X.; Shiyan, Q. et al. 1999. Effects of dietary threonine on performance, plasma parameters and immune function of growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.78, p.179-188.
- Donzele, J.L., Costa, P.M.A., Rostagno, H.S. & Fontes, D.O. 1992. Efeitos dos níveis de lisina na composição da carcaça de suínos de 5 a 15 kg. *R. Bras. Zootec.*, v.21, p.1091-1099.
- Ferreira, R.A.; Oliveira, R.F.M.; Donzele, J.L.; Araújo, C.V.; Silva, F.C.O.; Vaz, R.G.M.V. & Rezende, W.O. 2006. Redução da proteína bruta da ração e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em ambiente de alta temperatura. *R. Bras. Zootec.*, v.35, n.3, p.1056-1062.
- Ferreira, A.S., Lora, G.G., Gattás, G., Santos, M., Silva, F.C.O. & Reis, A.L.O. 2008. Plasma sanguíneo para leitões desmamados aos 35 dias recebendo mesmas quantidades de ração. *Anais... Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia*.
- Guzik, A.C., Southern, L.L. & Kerr, B.J. 2002. The tryptophan requirement of nursery pigs. *J. Anim. Sci.*, v.80, p.2646–2655.
- Harper, A.E.; Benevenga, N.J.; Wohlhueter, R.M. 1970. Effects of ingestion of disproportionate amounts of amino acids. *Physiological Reviews*, v.50, p.428-547.
- Heegaard, P.M.H., Klausen, J., Nielsen, J.P., Gonzales-Ramon, N., Piñeiro, M., Lampreave, F. & Alava, M.A. 1998. The porcine acute phase response to infection with *Actinobacillus pleuropneumoniae*. Haptoglobin, C-reactive protein, major acute phase protein and serum amyloid A protein are sensitive indicators of infection. *Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol.* v.119, p.365–373.

- Klasing, K.C., & Johnstone, B.J. 1991. Monokines in growth and development. *Poult. Sci.* 70:1781–1789.
- Knura-Deszczk, S., Lipperheide, C., Pettersen, C., Jobert, J.L., Bertjelot-Herault, F., Kobisch, M. & Madec, F. 2002. Plasma haptoglobin concentration in swine after challenge with *Streptococcus suis*. *J. Vet. Med. B Infect. Dis. Vet. Public Health* v.49, p.240–244.
- Kovar, J.L., Lewis, A.J., Radke, T.R. & Miller, P.S. 1993. Bioavailability of threonine in soybean meal for young pigs. *Journal of Animal Science*, v.71, p.2133-2139.
- Le Floc’h, N., Jondreville, C., Matte, J.J. & Sève, B. 2006. Importance of sanitary environment for growth performance and plasma nutrient homeostasis during the post-weaning period in piglets. *Arch. Anim. Nutr.* v.60, p.23–34.
- Le Floc’h, N., Le Bellego, L., Matte, J.J., Mechior, D. & Sève, B. 2009. The effect of sanitary status degradation and dietary tryptophan content on growth rate and tryptophan metabolism in weaning pigs. *J. Anim. Sci.* v.87, p.1686-1694.
- Lewis, A.J. Amino acids in swine nutrition. In: MILLER, E.R. et al. *Swine nutrition*. Stoneham: Butterworth-Heinemann, 1991. Cap.9, p.147-164.
- Melchior, D., B. Seve, & N. Le Floc’h. 2004. Chronic lung inflammation affects plasma amino acid concentrations in pigs. *J. Anim. Sci.* 82:1091–1099.
- Ning, L. & Qian, L. 2008. Research progress on Tryptophan requirement of piglets and growing and finishing pigs. *Amino Sci.*, v.2, p.7-16.
- Oliveira Júnior, G.M., Ferreira, A.S., Gattás, G., Barbosa, F.F., Reis, A.L. & Silva, F.C.O. 2008. Plasma sanguíneo para leitões desmamados aos 28 dias recebendo mesmas quantidades de ração. *Anais... Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia*.

- Paiano, D.; Moreira, I.; Silvestrin, N.; Carvalho, P.L.O.; Silva, M.A.A. & Perdigão, L.S. 2009. Relações treonina:lisina digestíveis para suínos na fase inicial, alimentados com rações de baixa proteína, calculadas de acordo com o conceito de energia líquida. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.61, n.1, p.211-218.
- Pozza, P.C.; Gomes P.C.; Donzele, J.L., Ferreira, A.S., Leao, M.I., Pozza, M.S.S. & Rodrigueiro, R.J.B. 2000. Exigência de treonina para leitões dos 15 aos 30kg. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, p.817-822.
- Riedijk, M.A., Stoll, B., Chacko, S., Schierbeek, H., Sunehag, A.L., Van Goudoever, J.B., & Burrin, D.G. 2007. Methionine transmethylation and transsulfuration in the piglet gastrointestinal tract. *PNAS*, v.104, n.09, p.3408 – 3413.
- Rodrigues, N.E.B., Zangeronimo, M.G. & Fialho, E.T. 2010. Adaptações fisiológicas de suínos sob estresse térmico. *Nutritime*, v.07, n.02, p.1197-1211.
- Rodrigues, N.E.B; Donzele, J.L; Oliveira, R.F.M, Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Rodrigues Filho, M. & Orlando, U.A.D. 2001b. Níveis de treonina em rações para leitões com alto potencial genético para deposição de carne magra dos 30 aos 60 kg. *R. Bras. Zootec.*, v.30, p.2039-2045.
- Rodrigues, N.E.B; Donzele, J.L; Oliveira, R.F.M; Ferreira, A.S., Lopes, D.C., & Rodrigues Filho, M. 2001a. Níveis de treonina em rações para leitões dos 6 aos 15 kg. *R. Bras. Zootec.*, v.30, p.2033-2038.
- Rossi, L. & Tirapegui, J. 2004. Implicações do Sistema Serotoninérgico no Exercício Físico. *Arq. Bras. Endocrinol. Metab.* v.48, n.2.
- Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F.M., Lopes, D.C., Ferreira, A.S. & Barreto, S.L.T. 2005. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos - Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. Viçosa: UFV, 186p.

- Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F.M., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Barreto, S.L.T. e Euclides, R.F. 2011. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos - Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. Viçosa: UFV, 252p.
- SAEG Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.
- Sampaio, C.A.P., Cristani, J., Dubiela, J.A., Boff, C.E. & Oliveira, M.A. 2004. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. Ciênc. Rural, v.34, n.3, p.785-790.
- Saraiva, E.P.; Oliveira, R.F.M.; Donzele, J.L.; Silva, F.C.O.; Siqueira, J.C.; Manno, M.C.; Oliveira, W.P. & Nunes, C.G.V. 2007. Exigências de treonina digestível para leitoas mantidas em ambiente termoneutro dos 15 aos 30 kg. R. Bras. Zootec., v.36, n.6, p.1854-1860.
- Saraiva, E.P.; Oliveira, R.F.M.; Donzele, J.L.; Silva, F.C.O.; Vaz, R.G.M.; Siqueira, J.C.; Manno, M.C. & Oliveira, W.P. 2006. Níveis de treonina digestível em rações para leitoas dos 15 aos 30 kg mantidas em ambiente de alta temperature. R. Bras. Zootec., v.35, n.2, p.485-490.
- Silva, D.J. 1990. Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos). Viçosa: UFV. 160p.
- Susenbeth, A. 2006. Optimum tryptophan :Lysine ratio in diets for growing pigs: Analysis of literature data. Livest. Sci., v.101, p.32-45.
- Wassell, J. 2000. Haptoglobin: Function and polymorphism. Clin. Lab. v.46, p.547-552.

Zangeronimo, M.G., Fialho, E.T., Lima, J.A.F., Rodrigues, P.B. & Murgas, L.D.S.

2006. Redução do nível de proteína bruta da ração com suplementação de aminoácidos sintéticos para leitões na fase inicial. R. Bras. Zootec., v.35, p.849-856.

### ***CONCLUSÕES GERAIS***

A relação de triptofano com lisina digestíveis para leitões na fase inicial de crescimento é de 0,22 e para leitões alojados em instalações que promovem desafio sanitário é de 0,20. A relação de treonina e lisina digestíveis que proporcionou melhor resultado para leitões na fase inicial de crescimento criados em condições de desafio sanitário foi de 0,65.