

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

**DOGLAS BATISTA LAZZERI**

**NÍVEIS DE ISOLEUCINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS CASTRADOS**  
**DOS 15 AOS 30 KG**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR**

**2011**

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

**DOGLAS BATISTA LAZZERI**

**NÍVEIS DE ISOLEUCINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS CASTRADOS**  
**DOS 15 AOS 30 KG**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *strictu sensu* em Zootecnia, Área de Concentração “Produção e Nutrição Animal”, para a obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”.  
Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR**

**2011**



À minha noiva, Viviane Quatrin...

... Companheira, Carinhosa, Compreensiva...

...Dedico.

## AGRADECIMENTO

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela oportunidade de realização da pós-graduação em Zootecnia.

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

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes pela concessão de bolsa durante o ano de 2010.

Ao Professor Paulo Cesar Pozza, por suas orientações, pelos ensinamentos e conselhos, e o mais importante pela valorosa e sincera amizade.

A Professora e conselheira, Patrícia Barcellos Costa, pela colaboração prestada.

Aos amigos Leandro Dalcin Castilha, Clauber Polese e Cristian Jonas Lüpke, pelo companheirismo, amizade sincera e imensurável colaboração nos momentos em que se fez necessário.

Aos meus colegas, Edson Richart, Marcelo Luis Somensi, Marcelo Eduardo Neumann, Rafael Nilton Pelizzeri e Fabrício Dalcin Castilha, pela amizade e pela ajuda na condução do experimento.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental da UNIOESTE, *Campus* de Marechal Cândido Rondon, pela colaboração.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal e Química, pelo apoio na realização das análises laboratoriais.

A todas as pessoas que, de algum modo, colaboraram na realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

DOGLAS BATISTA LAZZERI, filho de Neri Lazzeri e Alaides Batista Lazzeri, nasceu em Cerro Largo – Rio Grande do Sul, no dia 05 de outubro de 1982.

Concluiu o Curso de Técnico em Agropecuária pela Escola Estadual Técnica Guaramano, Guarani das Missões – RS, em dezembro de 2000.

Em dezembro de 2008, diplomou-se em Zootecnia, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon – PR.

Em março de 2009, iniciou o Curso de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se aos exames finais de defesa de dissertação em julho de 2011.

## RESUMO

LAZZERI, DOGLAS BATISTA. Mestrado em Zootecnia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, julho de 2011. **Níveis de isoleucina digestível para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.** Orientador: Dr. Paulo Cesar Pozza. Co-orientadora: Dra. Patrícia Barcellos Costa.

Com o objetivo de determinar a exigência de isoleucina digestível para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg de peso vivo, foram realizados dois experimentos, um de digestibilidade e outro de desempenho. Para determinar o coeficiente de digestibilidade ileal dos aminoácidos da ração basal, foram utilizados 10 suínos, machos castrados, mestiços, com peso médio inicial de  $15,00 \pm 0,27$  kg, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo, em um delineamento inteiramente ao acaso, com dois tratamentos, cinco repetições e um animal por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma dieta basal, com 14,13% de proteína bruta e 0,450% de isoleucina, e uma dieta isenta de proteína. Na determinação da exigência de isoleucina digestível para suínos machos castrados, foram utilizados 40 suínos mestiços, com peso médio inicial de  $15,00 \pm 0,87$  kg, distribuídos em um delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco tratamentos (0,45; 0,52; 0,59; 0,66 e 0,73% de isoleucina digestível), quatro repetições e dois animais por unidade experimental. Os valores dos coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos essenciais foram maiores do que os coeficientes de digestibilidade ileal aparente, sendo a treonina, a metionina + cistina e a valina os aminoácidos que apresentaram os maiores aumentos. Os valores de digestibilidade ileal verdadeira da dieta basal para lisina, treonina e triptofano foram superiores aos valores de aminoácidos digestíveis ileais verdadeiros calculados. O mesmo não foi observado para os valores de digestibilidade ileal verdadeira da dieta basal dos aminoácidos arginina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, metionina + cistina, fenilalanina e valina. A taxa de deposição de proteína apresentou efeito quadrático ( $P < 0,05$ ), em que o nível de 0,600% de isoleucina digestível proporcionou a maior deposição de proteína na carcaça dos suínos. Houve efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) dos níveis de isoleucina digestível sobre o consumo diário de isoleucina, com estimativas de melhor consumo para o nível de 0,938%. Foi observada diferença linear ( $P < 0,01$ ) apenas para a eficiência de utilização de isoleucina para ganho, em que o modelo linear apresentou redução nos valores de eficiência à medida que aumentaram os níveis de isoleucina digestível nas rações. Foi observado efeito quadrático ( $P = 0,09$ ) dos níveis de isoleucina digestível sobre o peso final, com melhores valores obtidos para o nível de 0,599%. O nível de 0,60% de isoleucina digestível, obtido no presente estudo, proporcionou uma relação isoleucina:lisina digestível de 0,60. A exigência diária de isoleucina digestível foi de 5,86 g/dia, proporcionando um consumo de 1,76 g de isoleucina digestível/Mcal de energia metabolizável.

**Palavras-chave:** aminoácido de cadeia ramificada, digestibilidade ileal, exigências nutricionais, método do sacrifício ou abate.

## ABSTRACT

LAZZERI, DOGLAS BATISTA. Master Course in Animal Science. Paraná West State University, 2011, July. **Levels of digestible isoleucine for barrows from 15 to 30 kg.** Adviser: Dr. Paulo Cesar Pozza. Committee member: Dra. Patrícia Barcellos Costa.

Aiming to determine the digestible isoleucine requirement for barrows from 15 to 30 kg, two experiments were conducted, being one of digestibility and another of performance. Ten crossbred barrows with average initial weight of  $15.00 \pm 0.27$  kg were used to determine the ileal digestibility coefficient of amino acids from basal diet. The animals were housed individually in metabolic cages in a completely randomized design, with two treatments, five replicates and one animal per experimental unit. The treatments consisted of a basal diet with 14.13% crude protein and 0.45% isoleucine, and a free protein diet. Forty crossbred barrows with average initial weight of  $15.00 \pm 0.87$  kg were used to determine the digestible isoleucine requirement. The animals were distributed in a randomized block design with five treatments (0.45, 0.52, 0.59, 0.66 and 0.73% digestible isoleucine), four replicates and two animals per experimental unit. The coefficients of true ileal digestibility of essential amino acids were higher than the coefficients of apparent ileal digestibility and threonine, methionine+cystine and valine had the biggest increases. The true ileal digestibility of basal diet for lysine, threonine and tryptophan were higher than the true ileal digestible calculated amino acids. The same was not observed for true ileal digestibility of basal diet of arginine, histidine, isoleucine, leucine, methionine, methionine+cystine, phenylalanine and valine. The protein deposition rate had a quadratic effect ( $P < 0.05$ ) which the level of 0.600% digestible isoleucine had the highest protein deposition in carcasses of pigs. The daily isoleucine intake had quadratic effect ( $P < 0.01$ ), which level of 0.938% digestible isoleucine provided the higher intake. There was linear effect ( $P < 0.01$ ) on efficiency of isoleucine utilization for weight gain, with reduction on values of EIUWG as levels of digestible isoleucine increased in rations. A quadratic effect ( $P = 0.09$ ) of digestible isoleucine levels on the final weight was observed, with better values for the level 0.599%. The level of 0.60% digestible isoleucine obtained in the present work provided a digestible isoleucine:lysine relation of 0.60. The daily requirement of digestible isoleucine was 5.86 g/day, providing 1.76g of digestible isoleucine/Mcal of metabolizable energy.

**Keywords:** branched-chain amino acid, ileal digestibility, nutritional requirements, sacrifice method or slaughter.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura química da isoleucina.....	22
Figura 2. Peso final em função dos níveis de isoleucina digestível em rações para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.....	51
Figura 3. Eficiência de utilização de isoleucina em função dos níveis de isoleucina digestível em rações para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.....	52
Figura 4. Taxa de deposição de proteína em função dos níveis de isoleucina digestível em rações para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química e energética dos ingredientes utilizados nas rações experimentais.....	39
Tabela 2. Composição centesimal da ração basal e da dieta isenta de proteína .....	40
Tabela 3. Composição em aminoácidos da ração basal e da dieta isenta de proteína	41
Tabela 4. Composição das rações experimentais contendo diferentes níveis de isoleucina digestível para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.....	43
Tabela 5. Valores médios de aminoácidos endógenos ileal (AEI), determinados utilizando uma dieta isenta de proteína (DIP), coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDIA) e verdadeira (CDIV) e valores de aminoácidos digestíveis ileal verdadeiros da ração basal (ADIVRB) e calculados (ADIVCalc.) dos aminoácidos essenciais.....	47
Tabela 6. Valores médios de desempenho e utilização de nitrogênio em suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.....	50
Tabela 7. Pesos médios relativos de fígado, rins, pâncreas, coração e baço de suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg, em percentagem do peso de carcaça, submetidos a rações com diferentes níveis de isoleucina digestível.....	53
Tabela 8. Valores médios de taxa de deposição de proteína (TDP), taxa de deposição de gordura (TDG), eficiência de deposição de proteína (EDP) e energia retida na carcaça (ERC) de suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.....	55

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	08
LISTA DE TABELAS .....	09
1 INTRODUÇÃO .....	12
2 Revisão de Literatura .....	14
2.1 Digestibilidade de aminoácidos para suínos.....	14
2.2 Métodos in vivo para avaliar a digestibilidade ileal de aminoácidos em suínos...	16
2.2.1 Método do sacrifício ou abate.....	16
2.2.2 Coleta total de fezes.....	17
2.2.3 Cânula T simples.....	17
2.2.4 Cânula pós-valvular em T.....	18
2.2.5 Cânulas reentrantes.....	19
2.2.6 Anastomose íleo-retal.....	20
2.3 Aminoácidos de cadeia ramificada (ACR).....	20
2.4 Isoleucina em rações para suínos.....	22
2.5 Referências.....	25
3 NÍVEIS DE ISOLEUCINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS CASTRADOS DOS 15 AOS 30 KG DE PESO VIVO.....	31
RESUMO .....	31
ABSTRACT .....	33
3.1 Introdução .....	34
3.2 Material e métodos .....	37
3.2.1 Experimento I - Digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos da ração basal.....	37
3.2.2 Experimento II - Níveis de isoleucina digestível para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg de peso vivo.....	42

3.3 Resultados e discussão.....	47
3.3.1 Experimento I - Digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos da ração basal.....	47
3.3.2 Experimento II - Níveis de isoleucina digestível para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg de peso vivo .....	49
3.3.2.1 Desempenho.....	49
3.3.2.2 Características de carcaça e peso de órgãos.....	53
3.4 Conclusões .....	57
3.5 Referências .....	58
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	63

## 1 INTRODUÇÃO

A suinocultura contemporânea, cada vez mais, tem sido conduzida visando a otimização dos nutrientes das rações, a deposição protéica pelos suínos, e a redução da produção de dejetos e da excreção de nitrogênio no ambiente.

Assim, a determinação das exigências nutricionais por fase de criação, a avaliação da qualidade nutricional dos alimentos utilizados nas dietas que podem ser usados como substitutos aos ingredientes convencionais, entre outras técnicas aplicadas à nutrição de suínos, têm otimizado a utilização dos alimentos e dos nutrientes ingeridos, permitindo o adequado suprimento de aminoácidos bem como de outros nutrientes essenciais. Tradicionalmente, o balanceamento de dietas para suínos tem sido realizado com base na composição química dos alimentos. Todavia, as análises laboratoriais descrevem apenas o valor potencial dos alimentos, nada informando sobre a digestibilidade dos nutrientes que pode ser significativamente menor (NOGUEIRA & SANTIAGO, 2010).

A suplementação de aminoácidos às rações de suínos com baixos níveis de proteína tem, entre outros, o propósito de reduzir os excessos de aminoácidos que ocorrem em dietas práticas, sem, entretanto, reduzir o desempenho produtivo dos animais. Segundo Oliveira et al. (2004) dietas formuladas com base no conceito de proteína ideal e níveis mínimos de proteína bruta para leitões machos castrados dos 15 aos 30 kg não prejudicaram o desempenho dos animais e as variáveis econômicas, bem como proporcionaram redução da excreção de nitrogênio.

No entanto, a redução acentuada da concentração protéica implica na necessidade de inclusão de outros aminoácidos sintéticos como, por exemplo, a valina e a isoleucina (LE BELLEGO; NOBLET, 2002). Liu et al. (2000a, b) sugeriram que a isoleucina pode ser um aminoácido limitante em dietas com redução de proteína bruta, à base de milho e farelo de soja, para suínos em crescimento e, terminação com alto potencial genético para deposição de proteína.

Segundo o NRC (1998) as exigências de isoleucina são baseadas em relações ideais de aminoácidos, atendendo ao conceito de proteína ideal. Conceitualmente, proteína ideal consiste no balanço ideal dos aminoácidos da ração capaz de prover, sem deficiências nem excessos, as exigências de todos os aminoácidos necessários à perfeita manutenção e ao crescimento da espécie (ZAVIEZO, 1998). Por esse conceito, deve-se prever a relação entre os aminoácidos essenciais digestíveis e a lisina digestível, considerada padrão por ser

utilizada basicamente para a síntese protéica, principal componente do tecido magro de suínos (HAESE et al., 2006).

O conhecimento da digestibilidade de cada aminoácido é fundamental para se obter maior precisão na formulação de dietas para suínos, visto que há grande variação na digestibilidade entre os aminoácidos e entre os alimentos (NOGUEIRA & SANTIAGO, 2010). A digestibilidade dos aminoácidos procura avaliar a diferença entre a quantidade dos aminoácidos ingeridos e os que são excretados. No entanto, por haver influência (síntese ou destruição de aminoácidos) dos microorganismos presentes no intestino grosso do animal, a melhor opção é estimar a digestibilidade dos aminoácidos na porção terminal do íleo, cujo conteúdo ainda não sofreu interferência da flora intestinal. Os valores são expressos em digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos, com a correção pelas perdas endógenas de aminoácidos, provenientes das enzimas, mucinas e células descamadas (BÜNZEN et al., 2008).

Segundo Laplace (1986) os efeitos da flora microbiana do intestino grosso podem constituir uma fonte de erros para a estimativa da digestibilidade, que poderá ser superestimada quando ocorre degradação do nitrogênio e da proteína no intestino grosso, ou subestimada quando houver síntese.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo principal determinar o nível de isoleucina digestível e a relação isoleucina:lisina digestíveis para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg, utilizando rações com redução do nível de proteína bruta.

## 2 Revisão de Literatura

### 2.1 Digestibilidade de aminoácidos para suínos

Os estudos desenvolvidos a partir dos anos 70 por vários grupos de pesquisadores, sob as mais diversas condições, mostraram que a digestibilidade ileal dos aminoácidos é uma estimativa melhor do valor nutricional das proteínas do que a digestibilidade fecal e, conseqüentemente, um método mais útil para se incluir na formulação de dietas para suínos (JUST et al., 1985; BELLAYER, 1994).

Muitos trabalhos (Easter & Tanksley Júnior, 1973; Laplace, 1986) têm mostrado que a digestibilidade determinada por meio de amostras coletadas no íleo terminal, eliminando desta maneira o efeito da microflora do intestino grosso, é a mais apropriada para se determinar a digestibilidade de aminoácidos e, segundo Sauer & Ozimek (1986), é o método ideal para se determinar a digestibilidade.

A digestibilidade é determinada a partir de ensaios de digestão, nos quais a dieta é fornecida e a excreta correspondente (digesta ileal) é coletada (KNABE, 1991) e, segundo Sauer & Ozimek (1986), a digestibilidade de aminoácidos pode ser definida como a diferença entre a quantidade de aminoácidos na dieta e a presente na digesta ileal, dividida pela quantidade de aminoácido na dieta.

A proteína dietética está sujeita à degradação no trato digestivo pela ação das enzimas digestivas do animal e pela microflora intestinal (FULLER et al., 1994). Os valores de digestibilidade de aminoácidos, determinados a partir da digesta coletada próxima ao segmento posterior do intestino delgado, são geralmente considerados mais acurados para mensurar a absorção de aminoácidos nos suínos do que os valores de digestibilidade determinados a partir das fezes (HAYDON et al., 1984).

A digestibilidade ileal pode ser expressa como verdadeira ou aparente, dependendo se são realizadas correções dos aportes endógenos de compostos nitrogenados. A digestibilidade aparente, conforme Sakomura & Rostagno (2007), é definida como sendo a diferença entre a quantidade de aminoácido na dieta e a quantidade nas fezes ou digesta ileal. Estes mesmos autores definem que a digestibilidade verdadeira é determinada pela diferença entre a quantidade de aminoácido na dieta e nas fezes, ou digesta ileal, sendo consideradas as perdas endógenas dos aminoácidos que são subtraídas da quantidade total de aminoácidos presentes nas fezes ou digesta ileal.

Os valores de digestibilidade ileal de aminoácidos, em concentrados protéicos que sofreram danos térmicos durante o tratamento, muitas vezes são impróprios para formulação de dietas e resultam em utilização ineficiente dos aminoácidos, e a isoleucina é menos susceptível aos efeitos do calor que outros aminoácidos, como lisina, treonina, metionina e triptofano (BATTERHAM et al., 1993).

A variabilidade nos dados de digestibilidade ileal é determinada por fatores inerentes aos alimentos, como a presença de inibidores de proteases, fitohemoaglutininas, fibra, oligossacarídeos, enzimas, tanino, tamanho de partícula e processamento (BELLAYER, 2003), e também pode estar relacionada à técnica utilizada para determinação das perdas endógenas, uma vez que as perdas endógenas ileais dos aminoácidos diferem entre as técnicas (HODGKINSON et al., 2003). Alguns fatores como o tipo e nível de fibra utilizados na dieta também podem influenciar a determinação das perdas endógenas (POZZA et al., 2003).

O nitrogênio e os aminoácidos endógenos provêm principalmente das secreções no trato gastrointestinal, da saliva, da bile e das secreções do estômago, pâncreas e intestino delgado e também da descamação das células superficiais do epitélio intestinal (NOGUEIRA & SANTIAGO, 2010). De acordo com Souffrant (1991), o nitrogênio observado no quimo, quando se fornece uma dieta isenta de proteína (DIP), provém de enzimas, mucinas, amidas, aminas, bactérias e células de descamação da mucosa, durante a passagem do alimento ou do quimo, bem como é resultado do nitrogênio reabsorvido próximo ao local de coleta do quimo. Desta forma, os principais componentes dessas secreções endógenas são as mucoproteínas e enzimas digestivas, que são ricas em prolina, glicina, ácido glutâmico, asparagina, serina, alanina, treonina e valina.

Para Gabert et al. (2001) a falta de aminoácidos dietéticos compromete a produção de enzimas digestivas e pancreáticas, de modo que o uso da DIP não estimula a secreção normal das enzimas proteolíticas, portanto, subestimando a perda endógena de aminoácidos. Entretanto, Zanella et al. (1999) observaram que enzimas digestivas podem ou não ser estimuladas pela fonte exógena de proteína.



## 2.2 Métodos *in vivo* para avaliar a digestibilidade ileal de aminoácidos em suínos

Os métodos de digestibilidade ileal *in vivo*, quando comparados aos métodos *in vitro*, têm custos mais altos e com elevada complexidade, exigindo muito tempo para sua realização e só permitem a avaliação de uma fonte de proteína de cada vez. Apesar disso, refletem de forma mais exata as relações que existem entre os alimentos e o animal, permitindo analisar todos os alimentos (MEJÍA & FERREIRA, 1996).

As técnicas para determinação da digestibilidade ileal *in vivo* em suínos podem ser o método do sacrifício ou abate, a cânula T simples, a cânula pós-valvular em T (PVTC), as cânulas reentrantes e a anastomose íleo-retal. Essas técnicas, ao contrário da técnica de coleta total de fezes, leva em consideração as transformações sofridas pelos nutrientes na porção distal do trato gastrointestinal (VIEIRA & VIEIRA, 2009).

### 2.2.1 Método do sacrifício ou abate

Várias técnicas têm sido descritas, incluindo o uso de animais intactos (denominado método do abate ou método do sacrifício). É um método normalmente empregado para se determinar a digestibilidade ileal de aminoácidos de alimentos para leitões, que apresenta vantagens como não interferir com a fisiologia intestinal, pois o animal não sofre nenhuma intervenção para implantação de cânula ou anastomose, permite a coleta de digesta em diferentes segmentos do intestino delgado, requer menor período de preparação de animais e adaptação às dietas experimentais, e não apresenta problemas relacionados à textura do alimento, como com os ricos em fibra que podem compactar e obstruir o trânsito da digesta quando ocorre modificação cirúrgica (NOGUEIRA & SANTIAGO, 2010).

A técnica do sacrifício proporcionou valores mais coerentes com a literatura e com menor coeficiente de variação, além de ser uma técnica menos combatida, pelos defensores do bem-estar animal, em relação à técnica da anastomose íleo-retal (SOUZA, 1999).

Segundo Apolônio et al. (2002) as principais críticas a esta técnica se referem à obtenção de apenas uma informação por animal e a dificuldade de obtenção de amostras representativas, sendo necessário envolver número maior de animais para cada tratamento, além de poder ocorrer passagem de digesta de um segmento para o outro do intestino durante o abate, uma vez que pode ocorrer contração da musculatura intestinal.

### 2.2.2 Coleta total de fezes

A digestibilidade de proteína e aminoácidos, determinada pelo método de análise fecal, não reflete as quantidades destes nutrientes disponíveis para a absorção e subsequente síntese protéica (SAUER et al., 1982), visto que não considera a ação da microflora do intestino grosso sobre as proteínas e os aminoácidos. Conforme LAPLACE (1986), a análise fecal resulta em erros na determinação da digestibilidade, que pode ser superestimada, quando ocorre degradação do nitrogênio e da proteína no intestino grosso, ou subestimada, quando há síntese. Desde que a digestão e a absorção da maioria dos nutrientes são essencialmente completas no intestino delgado, um índice mais acurado de utilização pode ter como base amostras coletadas no íleo terminal (EASTER e TANKSLEY JÚNIOR, 1973).

Embora a digestibilidade fecal tenha sido aceita como proposta metodológica por quase duas décadas, os estudos desenvolvidos a partir dos anos 70 por vários grupos pesquisadores, sob as mais diversas condições, mostraram que a digestibilidade ileal dos aminoácidos é melhor estimativa do valor nutricional das proteínas do que a digestibilidade fecal e, conseqüentemente, um método mais útil para se incluir na formulação de dietas para suínos (JUST et al., 1985; BELLAVER, 1994; WILLIAMS, 1995).

### 2.2.3 Cânula T simples

Entre os modelos de cânulas, o da cânula “T simples” para coleta de digesta ileal utiliza a cânula “T” inserida no íleo terminal aproximadamente 5 a 15 cm anterior à válvula íleo-cecal. Durante o procedimento cirúrgico, não há necessidade de transecção completa do intestino, o que garante a manutenção de um estado fisiológico do intestino e, por conseguinte, a passagem de digesta normalmente através do local de canulação (SAUER & DE LANGE, 1992).

A cirurgia é considerada simples e menos invasiva, quando comparada aos demais métodos cirúrgicos para a determinação da digestibilidade ileal de nutrientes, permitindo a realização dos ensaios de digestibilidade após recuperação cirúrgica de 14 dias (EASTER & TANKSLEY JUNIOR, 1973). Os suínos são submetidos a um período de adaptação de 5 a 10 dias, durante os quais o consumo da ração a ser avaliada é estabelecido e estabilizado. Normalmente, os animais são alimentados duas vezes ao dia e as amostras de digesta são coletadas por um período de 12 ou 24 horas, durante dois ou três dias. Esta técnica de

avaliação nutricional permite que os animais sejam alojados em gaiolas mais confortáveis e, por isso, menos estressantes do que aquelas semelhantes à descrita por PEKAS (1968), e normalmente utilizadas por animais submetidos à anastomose íleo-retal. Outra vantagem é que podem ser realizadas coletas por um longo período de tempo, sendo possível o uso de um mesmo grupo de suínos para maior número de análise, e também a coleta de amostras fecais, se necessário (NOGUEIRA & SANTIAGO, 2010).

A cânula “T simples” permite repetidas observações sobre a taxa de passagem e a composição da digesta, pois pode ser inserida em um ou mais locais do intestino do suíno, permitindo a análise por períodos de várias semanas ou meses (LOW, 1982). Esta técnica requer o uso de indicador de digestibilidade inerte, pois somente uma fração da digesta que passa pelo íleo terminal é coletada, o que pode ser uma fonte de erros, devido à dificuldade de se obter uma mistura uniforme do indicador na dieta e na digesta e, também, aos problemas analíticos da recuperação quantitativa do cromo nas amostras. Outra preocupação relacionada ao uso desta técnica inclui o diâmetro interno da cânula, fluxo da digesta de rações com diferentes composições, tamanho das partículas da digesta, quantidade coletada e a duração do período de coleta para se obter uma amostra representativa (SAUER & DE LANGE, 1992).

A determinação da digestibilidade ileal aparente ou verdadeira da matéria seca, da proteína bruta e dos alimentos, utilizando a técnica da cânula T, requer o uso de indicador de digestibilidade, por exemplo, o óxido crômico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), e os valores de digestibilidade são obtidos relacionando o fator de indigestibilidade do indicador utilizado às quantidades ingerida e excretada do nutriente a ser avaliado (NOGUEIRA & SANTIAGO, 2010). Sakomura & Rostagno et al. (2007) relataram que tanto o uso da técnica da cânula “T simples” quanto à anastomose íleo-retal apresentam valores similares de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos.

#### 2.2.4 Cânula pós-valvular em T

Esta técnica envolve a remoção do ceco, com exceção da região do esfíncter íleo cecal, a qual é preparada para a implantação da cânula (VAN LEEUWEN et al., 1991). Esta técnica primeiramente sugerida por VAN LEEUWEN (1988) permite coleta quantitativa da digesta ileal, não sendo necessário o uso de indicadores de digestibilidade. A pressão exercida pela digesta força a abertura da válvula ileocecal dentro da cânula, quando esta está aberta,

permitindo o fluxo livre e contínuo de digesta através da cânula para o tubo coletor fixado externamente à cânula (NOGUEIRA & SANTIAGO, 2010). Quando a cânula está fechada, a digesta flui diretamente para o cólon, o que permite a coleta total de fezes se necessário. A técnica cirúrgica é um pouco mais complicada que a técnica para implantação de cânula T simples, porém permite adequada determinação da digestibilidade ileal de dietas contendo altos níveis de fibra e causa segundo VAN LEEUWEN (1988), pouco desconforto ao animal. Entretanto, desconhecem-se os possíveis danos à fisiologia do trato digestivo devido à cecotomia.

### 2.2.5 Cânulas reentrantes

Diferentes modelos de cânulas reentrantes têm sido descritos como os modelos íleo-ileal (CUNNINGHAM et al. 1963), íleo-cecal (EASTER e TANKSLEY JÚNIOR, 1973) ou íleocólico (pós-valvular), proposto por pesquisadores franceses (DARCY et al., 1980), sendo os dois últimos modelos desenvolvidos na tentativa de solucionar os problemas iniciais do modelo íleo-ileal, que são a completa secção do intestino delgado e suas conseqüências sobre a fisiologia do órgão e a alta incidência de obstrução das cânulas (FULLER, 1991; SAUER e de LANGE, 1992).

Os modelos de cânulas reentrantes permitem a coleta total de digesta, dispensando o uso de indicadores na dieta. Alimentos com alto teor de fibra ou alta viscosidade provocam alta incidência de obstrução da cânula (NYACHOTI et al., 1997). A infusão de uma solução salina na parte proximal da cânula reentrante tem sido sugerida para solucionar os problemas de obstrução, embora seja mais trabalhosa (VAN LEEUWEN, 1987).

Restrição no consumo é outro artifício usado para solucionar este problema, porém este procedimento pode ser outra fonte de erro na determinação da digestibilidade ileal de aminoácidos. A técnica exige a secção completa do intestino delgado (cânula reentrante íleo-ileal), podendo alterar a fisiologia intestinal, além de ser um modelo mais complicado do ponto de vista cirúrgico. A inserção de cânulas simples ou reentrantes não parece exercer efeitos significativos sobre o processo de digestão dos suínos, bem como o uso de alimentação restrita não parece ser problema para a determinação dos valores de digestibilidade de aminoácidos (SAUER et al., 1982).

### 2.2.6 Anastomose íleo-retal

A técnica de anastomose íleo-retal foi primeiramente sugerida por Fuller & Livingstone (1982) e, posteriormente, outros pesquisadores sugeriram modificações (GREEN et al., 1987; LOPES et al., 1998), existindo uma variedade de técnicas descritas na literatura. A principal vantagem da anastomose íleo-retal é a facilidade da coleta de digesta diretamente do ânus, e em quantidade suficiente para as análises.

Ao avaliarem metodologias para a determinação da digestibilidade ileal com suínos, Köhler et al. (1991b), não observaram diferenças nos resultados determinados com animais submetidos à técnica da cânula pós-valvular em T (PVTC), quando comparados aos da cânula T simples e cânulas reentrantes. Porém, quando comparados com os animais submetidos à anastomose íleo-retal, apresentaram aumento na digestibilidade da matéria seca, o que pode ser explicado pelo aumento da fermentação bacteriana, indicado pela maior concentração de ácidos graxos voláteis na digesta destes animais. Os autores relataram ainda, que a atividade bacteriana e a síntese de proteína bacteriana podem influenciar a digestibilidade dos aminoácidos.

Avaliando a taxa de passagem de digesta com suínos submetidos à anastomose íleo-retal e com suínos adaptados com cânula “T simples”, Leterme et al. (1991b) observaram aumento na taxa de passagem com os animais submetidos à anastomose.

Ao comparar a digestibilidade total da proteína e de aminoácidos, determinadas com suínos intactos, com a digestibilidade ileal em suínos submetidos à anastomose íleo-retal, Serrano et al. (1990) verificaram menores coeficientes de digestibilidade da proteína e dos aminoácidos obtidos com a metodologia ileal em relação à total, indicando a importância de usar uma metodologia adequada que leve em consideração a degradação dos aminoácidos pelos microorganismos no intestino grosso. Além disso, a técnica de anastomose íleo-retal facilitou a coleta das digestas, embora mais líquidas, e foi suficientemente precisa para permitir detectar diferenças na digestibilidade dos aminoácidos entre os alimentos.

### 2.3 Aminoácidos de cadeia ramificada

Os aminoácidos de cadeia ramificada (ACR) são encontrados em todas as fontes de proteína animal e os produtos derivados do leite contêm grandes quantidades sendo que a

proteína isolada do soro de leite é uma das fontes mais ricas, com 30% de aminoácidos de cadeia ramificada (CARVALHO, 2005).

Os ACR leucina, isoleucina e valina, diferem da maioria dos outros aminoácidos indispensáveis da dieta. Eles são semelhantes em estrutura e compartilham enzimas comuns para sua transaminação e descarboxilação oxidativa (HARPER et al., 1984). Grande parte das pesquisas com ACR estão relacionadas com o seu metabolismo e os efeitos da ingestão excessiva, especialmente a leucina.

Uma considerável interação tem sido relatada em seres humanos e animais em resposta à ingestão desproporcional dos ACR, pois a adição de quantidades excessivas de leucina, a uma dieta com baixo teor de proteína, tem deprimido o crescimento, a ingestão de alimentos, bem como uma redução da associação de isoleucina e valina no corpo (HARPER et al., 1984; HARPER et al., 1970) e os efeitos adversos foram melhorados pela suplementação alimentar de pequenas quantidades de isoleucina e valina.

A alta ingestão de leucina, por seres humanos ou animais, aumentou a atividade da cetoácido desidrogenase de cadeia ramificada em vários tecidos (PELLETIER et al., 1991), diminuindo assim as concentrações de valina e isoleucina no sangue e tecidos. Em um estudo conduzido por Harper et al. (1984) o excesso de leucina aumentou a oxidação de isoleucina e valina, limitando assim a sua disponibilidade para sintetizar proteínas.

Além disso, Partridge et al. (1985) demonstraram que os desequilíbrios em nível tecidual, induzido por absorção diferencial de aminoácidos, a partir de fontes cristalinas e ligadas à proteína, podem reduzir a eficiência de utilização da proteína em suínos alimentados uma vez ao dia.

Mudanças nas concentrações dos ACR no plasma e tecidos de aves (D'MELLO & LEWIS, 1970; SMITH & AUSTIC, 1978), gatos (HARGROVE et al., 1988), cordeiros (PAPET et al., 1988) e humanos (NAIR et al., 1992) que receberam leucina em excesso foram semelhantes as mudanças relatadas em suínos (OESTEMER et al., 1973; HENRY et al., 1976; TAYLOR et al., 1984), indicando um mecanismo regulador comum para estas espécies.

Excesso de ACR pode ainda induzir a depleção da associação no cérebro de outros aminoácidos, particularmente aqueles que são os precursores dos neurotransmissores. D'mello (2003) demonstrou que os excessos dos três ACR reduziram as concentrações cerebrais de dopamina, noradrenalina e 5-hidroxi-triptamina e que os níveis desses neurotransmissores foram restaurados com a suplementação dietética com seus precursores fenilalanina e triptofano. Estas alterações nas concentrações de aminoácidos no cérebro parecem regular a ingestão de alimentos (HARPER & PETERS, 1983; TACKMAN et al., 1990). Os ACR

compartilham o mesmo complexo enzimático, denominado de cadeia ramificada ceto-ácido desidrogenase (BCKDH), nas suas vias de degradação, tal fato tem sido proposto como a razão para as concentrações alteradas dos ACR (HARPER et al., 1984.; BLOCK, 1989).

Foi relatado por Mitchell et al. (1968) que a concentração de isoleucina e valina no plasma de suínos foram fortemente deprimidos quando a concentração de leucina foi aumentada de 0,73 para 1,23% na dieta, no entanto, outros parâmetros de desempenho não foram influenciados negativamente. Observou-se ainda uma redução de 80% na concentração de valina, no plasma de suínos, quando a concentração de leucina aumentou de 0,73 para 1,23% da dieta.

Em uma revisão realizada por Blomstrand et al. (2006) pode-se constatar que os ACR, particularmente a leucina, podem apresentar efeitos anabólicos no metabolismo de proteínas, aumentando significativamente a taxa de síntese e diminuindo a taxa de degradação de proteína na musculatura em repouso, após o exercício. Os ACR apresentam efeitos anabólicos no músculo humano durante a fase de recuperação, após exercícios de resistência, mas durante os exercícios, os efeitos não são claros, necessitando maiores estudos (BLOMSTRAND & SALTIN, 2001).

#### 2.4 Isoleucina em rações para suínos

A redução acentuada na concentração protéica implica na necessidade de inclusão de outros aminoácidos sintéticos além da lisina, treonina, metionina e triptofano, como por exemplo, a valina e isoleucina (LE BELLEGO & NOBLET, 2002).

A isoleucina (Figura 1) é um aminoácido essencial e membro da família alifática (cadeia hidrocarbonada) de aminoácidos hidrofóbicos que se encontram principalmente no interior de proteínas e enzimas (DUARTE, 2009).

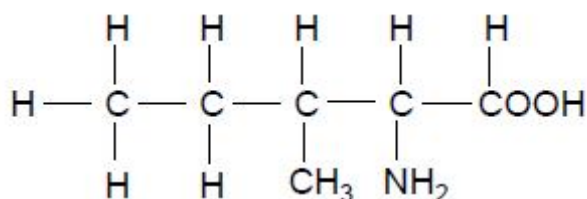


Figura 1 – Estrutura química da isoleucina.

Diversos ingredientes tais como a gelatina, a farinha de carne e ossos, a farinha de sangue e a farinha de subprodutos avícolas apresentam baixos níveis de isoleucina (BOOMGAARDT & BAKER, 1972; WANG et al., 1997; WANG & PARSONS, 1998). Em todos estes relatos a isoleucina pode não ter sido, necessariamente, o primeiro aminoácido limitante, mas considerando suas contribuições no milho e no farelo de soja, em uma dieta normal suplementada com outros aminoácidos, é muito provável que a isoleucina tenha uma maior expressão na ordem de limitância.

Rostagno et al. (2005) relataram que para animais de alto potencial genético com desempenho superior, a recomendação de isoleucina digestível é de 0,630 e 0,638%, para machos castrados e fêmeas, respectivamente, dos 15 aos 30 kg de vivo.

Com base no máximo ganho de peso e na concentração de uréia plasmática Parr et al (2003) e NRC (1998) relataram que a exigência de isoleucina digestível verdadeira, para suínos em crescimento, é de 1,46 e 1,38 g/Mcal de energia metabolizável, respectivamente.

Em um experimento conduzido por Heger et al. (2003), a exigência de aminoácidos de cadeia ramificada (leucina, valina e isoleucina) contribuiu com 4,7 a 6,1% da exigência total de aminoácidos de cadeia ramificada, para suínos com peso médio de 50 kg, com deposição protéica de 155g/dia.

Do ponto de vista prático e nutricional, é importante conhecer os efeitos pequenos ou moderados do consumo dos aminoácidos de cadeia ramificada (ACR), porque o fato de alterar a exigência em estudos de aminoácidos indispensáveis irá alterar o padrão geral destes aminoácidos presentes na mistura, uma vez que, foi sugerido por Millward & Rivers (1988) que isso pode influenciar as estimativas das exigências.

Recentemente Wiltafsky et al. (2009) avaliaram os níveis de 0,360 a 0,720% de isoleucina digestível para suínos dos 8 aos 25 kg de peso vivo, com e sem suplementação de leucina, e obtiveram um nível ótimo de 0,540% de isoleucina digestível, com base nas variáveis de desempenho.

Ao avaliar níveis de isoleucina digestível de 0,500 a 0,580% para suínos dos 11 aos 23 kg de peso vivo, Barea et al. (2009) não observaram efeito sobre as variáveis de desempenho e concluíram que o nível ótimo do aminoácido avaliado é de 0,500%, correspondente ao menor nível avaliado.

Interações entre leucina, isoleucina e valina em suínos em crescimento tem sido relatada por vários autores (OESTEMER et al., 1973; HENRY et al., 1976; TAYLOR et al., 1984), mostrando que o excesso, mesmo moderado de leucina na dieta (>0,3 g/kg) reduziu as concentrações de isoleucina e valina no plasma. Em estudos realizados por Edmonds & Baker



(1987) foi demonstrado que uma dieta formulada com um excesso de 4% de leucina não influenciou negativamente o desempenho de leitões desmamados. No entanto, quando os suínos foram alimentados com uma dieta contendo 6% de leucina em excesso observou-se uma redução no ganho de peso, no consumo de ração e na eficiência alimentar.

Esta redução acentuada na eficiência alimentar, observada por Edmonds & Baker (1987), teria levado a uma substancial diminuição do ganho de peso diário, um resultado típico de antagonismo de aminoácidos. Os autores relataram ainda que o excesso de leucina na dieta resultou em um aumento linear na concentração da mesma no plasma, bem como uma diminuição nas concentrações de isoleucina e valina.

O antagonismo entre ACR resulta em grave retardo no crescimento e depressão na ingestão de alimentos em animais jovens e em crescimento (HARPER et al., 1984). Apesar destas constatações, o consenso aceito é que os desequilíbrios entre os aminoácidos reduzem a eficiência na utilização da proteína em animais de produção. Assim, Moughan (1991) atribuiu os efeitos adversos da baixa eficiência na utilização da proteína em suínos, em parte, ao desequilíbrio de aminoácidos alimentares.

Falhas em reconhecer a complexidade dessas interações no metabolismo de suínos podem ser responsáveis pela falta de efeito da isoleucina frente a um antagonismo induzido pela leucina (OESTEMER et al., 1973). As concentrações de isoleucina e leucina no plasma destes animais, indicou reduções moderadas nos níveis circulantes de ambos os aminoácidos, implicando que suplementos combinados destes aminoácidos poderia ter sido mais eficaz (D'MELLO, 2003).

Resultados apresentados por Richert et al. (1997) indicaram que a isoleucina pode poupar uma parcela da necessidade de valina da glândula mamária para a síntese do leite, e a isoleucina apresenta efeito direto sobre o peso da leitegada ao desmame, que aumentou quando a concentração de isoleucina na dieta aumentou de 0,50 para 1,20%, sendo que o maior aumento foi observado com a concentração de 0,85% de isoleucina e 1,07% de valina.

## 2.5 Referências

- APOLÔNIO, L. D.; DONZELE, J. L.; DE OLIVEIRA, R. F. M. et al. Digestibilidade ileal de aminoácidos de alimentos utilizados em dietas pré-iniciais para leitões, determinada pelo método do sacrifício. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p. 1983-1992, 2002.
- BAREA, R.; BROSSARD, L.; FLOC'H, N. et al. The standardized ileal digestible isoleucine-to-lysine requirement ratio may be less than fifty percent in eleven- to twenty-three-kilogram piglets. **Journal of Animal Science**, v.87, p.4022-4031, 2009.
- BATTERHAM, E. S.; ANDERSEN, L. M.; BAIGENT, D. R. Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs: methionine. **British Journal of Nutrition**, v.70, n.3, p.711-720, 1993.
- BELLAVER, C. Metodologias para determinação do valor das proteínas e utilização de valores disponíveis nas dietas de não ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO RUMINANTES, 31, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994, p.31-47.
- BELLAVER, C. Digestibilidade ileal de aminoácido e utilização dos valores na formulação de dietas para suíno em crescimento. In: CONGRESSO DE LA AMENA Y I DEL CLANA, 11., 2003, México. **Anais...** México: 2003. p.225-232.
- BLOMSTRAND, E.; SALTIN, B. BCAA intake affects protein metabolism in muscle after but not during exercise in humans. *Journal Physiology Endocrinology Metabolism*. v.281, p.365-374, 2001.
- BLOMSTRAND, E.; ELIASSON, J. KARLSSON, H. K. R. et al. Branched-chain amino acids activate key enzymes in protein synthesis after physical exercise. **Journal of Nutrition**. v.136, p.269-273, 2006.
- CARVALHO, I. S. Branched-chain amino acids **Fitness & Performance Journal**, Rio de Janeiro, v.4, n.5, p.253, Setembro/Outubro 2005.
- CUNNINGHAM, H.M., FRIEND, D.W., NICHOLSON, J.W.C. Observations on digestion in the pig using a reentrant intestinal fistula. **Canadian Journal of Animal Science**, v.43, p.215-225, 1963.
- DARCY, B., LAPLACE, J.P., VILLIERS, P.A. Obtention des digesta parvenant au gros intestine par fistulation iléo-colique post-valvulaire: Note préliminaire. **Reproduction Nutrition Développement**, v.20, n.4B, p.1197-1202, 1980.
- D'MELLO, J. P. F.; LEWIS, D. Amino acid interactions in chick nutrition 2. Interrelationships between leucine, isoleucine and valine. **British Poultry Science**, v.11, p.313-323. 1970.
- D'MELLO, J. P. F. **Amino acid in farm animal nutrition**, 2ª ed. CABI, Wallingford. 440 p. 2003.

- DUARTE, K. F. **Crêterios de avalia o das exigências em treonina, triptofano, valina e isoleucina para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade.** 2009. 138. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista - Jaboticabal.
- EASTER, R. A.; TANKSLEY JÚNIOR, T. D. A technique for re-entrant ileocecal cannulation of swine. **Journal of Animal Science**, v.36, p.1099-1103, 1973.
- EDMONDS, M. S.; BAKER, D. H. Amino acid excesses for young pigs: effects of excess methionine, tryptophan, threonine or leucine. **Journal of Animal Science**. v.64, p.1664, 1987.
- FULLER, M. F.; DARCY-VRILLON, B.; LAPLACE, J. P. et al. The measurement of dietary amino acid digestibility in pigs, rats and chickens: a comparison of methodologies. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.305-324, 1994.
- FULLER, M.F.; LIVINGSTONE, R.M. In: **Animal Nutrition and Allied Sciences**, 1982, 39p.
- FULLER, M.F. Methodologies for the measurement of digestion. In: **DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS**, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991, p.273-288.
- GABERT, V. M.; JOGERSEN, H.; NYACHOTIC, M. Bioavailability of amino acids in feedstuffs for swine In: LEWIS, A. J.; SOUTHERN, L. L. (Eds.) **Swine nutrition**. 2.ed. Florida: CRC Press, 2001. p.151-186.
- GREEN, S.; BERTRAND, S. L.; DURON, J. C. et al. Digestibility of amino acids in maize, wheat and barley meal, measured in pigs with ileo-rectal anastomosis and isolation of the large intestine. **Journal of Science Food Agriculture**, v.41, p.29-43, 1987.
- HAESE, D.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. et al. Níveis de triptofano digestível em ra es para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposi o de carne na carcaça dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2309-2313, 2006.
- HARGROVE, D. M.; ROGERS, Q. R.; CALVERT, C. C. et al. Effects of dietary excesses of branched-chain amino acids on growth, food intake and plasma amino acid concentrations of kittens. **Journal of Nutrition**, v.118, p.311-320, 1988.
- HARPER, A. E.; BENEVENGA, N. J.; WOHLHUETER, R. M. Effects of ingestion of disproportionate amounts of amino acids. **Physiology Review**. v. 50, p.428, 1970.
- HARPER, A. E.; MILLER, R. H.; BLOCK, K. P. Branchedchain amino acid metabolism. **Annual Review of Nutrition**. v.4, p.409-454, 1984.
- HARPER, A. E.; PETERS, J. C. **Amino acid signals and food intake and preference: relation to body protein metabolism.** In Nutritional Adequacy, Nutrient Availability and Needs, Nestle' Nutrition Research Symposium/Experientia Supplementum, v.44, p.107-134, 1983.
- HAYDON, K. D.; KNABE, D. A.; TANKSLEY JÚNIOR., T. D. Effects of level of feed intake on nitrogen, amino acid and energy digestibilities measured at the end of the small

- intestine and over the total digestive tract of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.59, n.3, p.717-724, 1984.
- HEGER, J.; VAN PHUNG, T.; KRIZOVA, L. et al. Efficiency of amino acid utilization in the growing pig at suboptimal levels of intake: branched-chain amino acids, histidine and phenylalanine + tyrosine. **Journal of Physiology and Animal Nutrition**, v.87, p.52-62, 2003.
- HENRY, Y.; DUEE, P.H.; RERÁT, A. Isoleucine requirement of the growing pig and leucine-isoleucine interrelationship. **Journal of Animal Science**, v.42, p.357-364, 1976.
- HODGKINSON, S. M.; SOUFFRANT, W. B.; MOUGHAN, P. J. et al. Comparison of the enzyme-hydrolyzed casein; guanidination and isotope dilution methods for determining ileal endogenous protein flow in the growing rat and pig. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2525-2534, 2003.
- JANSMAN, A. J. M.; SMINK, W.; VAN LEEUWEN, P. et al. Evaluation through literature data of the amount and amino acid composition of basal endogenous crude protein at the terminal ileum of pigs. **Animal Feeding Science Technology**, v.98, p.49-60, 2002.
- JUST, A.; JORGENSEN, H.; FERNÁNDEZ, J.A. Correlations of protein deposited in growing female pigs to ileal and faecal digestible crude protein and amino acids. **Livestock Production Science**, v.12, p.145-159, 1985.
- KNABE, D. A. Bioavailability of amino acids in feedstuffs for swine. In: MILLER, E. R.; ULLREY, D. E.; LEWIS, A. J. J. **Swine nutrition**, 4th ed., 1991, p.327-339.
- KÖHLER, T.; VERSTEGEN, M. W. A.; HUISMAN, J. et al. Comparison of various techniques for measuring ileal digestibility in pigs In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991b, p.296-303.
- LAPLACE, J. P. Amino acid availability in pig feeding. In: WORLD CONGRESS OF ANIMAL FEEDING, 19, Madrid, **Anais...** Madrid, 1986, p.109-128.
- LE BELLEGO, L.; NOBLET, J. Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. **Livestock Production Science**, v.76, p.45-48, 2002.
- LETERME, P.; PIRARD, L.; THÉWIS, A. et al. Comparison of the rate of passage of digesta in pigs modified by ileo-rectal anastomosis or fitted with an ileal t-cannula. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991b, p.361-366.
- LIU, H.; ALLEE, G. L.; BERG, E. P. et al. Amino acid fortified corn diets for late-finishing barrows. **Journal of Animal Science**, v. 78 (Suppl. 2), p.45 (Abstr.), 2000a.
- LIU, H.; ALLEE, G. L.; TOUCHETTE, K. J. et al. Effect of reducing protein and adding amino acids on performance, carcass characteristics and nitrogen excretion, and the valine requirement of early-weaned finishing barrows. **Journal of Animal Science**, v.78 (Suppl. 2), p.66 (Abstr.), 2000b.
- LOW, A. G. Digestibility and availability of amino acids from feedstuffs for pigs: a review. **Livestock Production Science**, v.9, n.4, p.511-520, 1982.

- LOPES, M. A. F.; FONTES, D. O.; SOUZA, A. V. C. et al. Anastomose íleo-retal em suínos com colostomia (técnica de LAPLACE modificada). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998, v.4, p.327-329.
- MEJÍA, A. M. G.; FERREIRA, W. M. Métodos de avaliação da disponibilidade da proteína e dos aminoácidos nos alimentos para não ruminates. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE MONOGÁSTRICOS, 1996, Seropédica. **Anais...** Seropédica:UFRJ, 1996, p, 1-29.
- MILLWARD, D. J.; RIVERS, J. P. W. The nutritional role of indispensable amino acids and the metabolic basis for their requirements. **Eur. Journal Clinical Nutrition**, v.42, p.367–393, 1988.
- MITCHELL, J. R. Jr.; BECKER, D. E.; JENSEN, A. H. et al. Determination of amino acid needs of the young pig by nitrogen balance and plasma free amino acids. **Journal of Animal Science**. v.27. p.1327. 1968.
- MOUGHAN, P. J. Towards an improved utilization of dietary amino acids by the growing pig. **Recent Advances in Animal Nutrition**. Butterworths, London, p. 45–64, 1991
- MOSENTHIN, R.; SAUER, W. C.; BLANK, R. et al. The concept of digestible amino acids in diet formulation for pigs. **Livestock Production Science**, v.64, p.265-280, 2000.
- NAIR, K. S.; SCHWARTZ, R. G.; WELLE, S. Leucine as a regulator of whole body and skeletal muscle protein metabolism in humans. **American Journal of Physiology**. v.263, p.E928–E934. 1992.
- NOGUEIRA, E. T.; SANTIAGO, L. L. Avaliação de digestibilidade de aminoácidos com suínos. **Nutritime**, 102, v.7, n.1, janeiro/Fevereiro 2010.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10 ed, Washington, D.C.: National Academic of Science, 1998, 245p.
- NYACHOTI, C.M., de LANGE, C.F.M., McBRIDE, B.W., SCHULZE, H. Significance of endogenous gut nitrogen losses in the nutrition of growing pigs : a review. **Canadian Journal of Animal Science**, v.77, p.149-163, 1997.
- OESTEMER, G. A.; HANSON, L. E.; MEADE, R. J. Leucine–isoleucine interrelationship in the young pig. **Journal of Animal Science**, v. 36, p. 674–678, 1973.
- OLIVEIRA, G.C.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C. et al. Efeito das dietas de baixo teor de proteína bruta, suplementadas com aminoácidos, para leitões machos castrados (15 a 30 kg). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1747-1757 (Supl.1), 2004.
- PAPET, D.; BREUILLE, D.; GLOMOT, F. et al. Nutritional and metabolic effects of dietary leucine excess in preruminant lambs. **Journal of Nutrition**. v.118, p.450–455, 1988.
- PARR, T.M.; KERR, B.J.; BAKER, D.H. Isoleucine requirement of growing (25 to 45 kg) pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.745–752, 2003.

- PARTRIDGE, I. G.; LOW, A. G.; KEAL, H. D. A note on the effect of feeding frequency on nitrogen use in growing boars given diets with varying levels of free lysine. **Animal Production**. v.40, p.375–377, 1985.
- PEKAS, J. C. Versatile swine in laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.27, n. 5, p.1303-1306, 1968.
- PELLETIER, V. et al. Branched chain amino acid interactions with reference to amino acid requirements in adult men: leucine metabolism at different valine and isoleucine intakes. **Am. Journal Clinical Nutrition**, v.54, p.402–407, 1991.
- POZZA, P. C.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S. et al. Avaliação da perda endógena de aminoácido; em função de diferentes níveis de fibra para suíno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1354-1361, 2003.
- RICHERT, B. T.; GOODBANK, R. D.; TOKACH, M. D. et al. Increasing valine, isoleucine, and total branched-chain amino acids for lactating sows. **Journal of Animal Science**. v. 75, p. 2117–2128, 1997.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa, MG: UFV, 2005.186p.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007, 283 p.
- SAUER, W. C.; DE LANGE, C. F. M. Novel methods for determining protein and amino acid digestibilities in feedstuffs. In: *Modern methods in protein nutrition and metabolism*, London: **Academic Press Inc.**, 1992 London, 1992, p.87-120.
- SAUER, W. C.; OZIMEK, L. Digestibility of amino acids in swine : Results and their practical applications. **Annual Review. Livestock Production Science**, v.15, p.367-388, 1986.
- SAUER, W.C., CICHON, R., MISIR, R. Amino acid availability and protein quality of canola and rapeseed meal for pigs and rats. **Journal of Animal Science**, v.54, p.292-301, 1982.
- SERRANO, V. O. S.; TAFURI, M. L.; ROSTAGNO, H. S. et al. Digestibilidade da proteína bruta e dos aminoácidos de suplementos protéicos em suínos, submetidos ou não à anastomose íleo-retal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.6, p.476-488, 1990.
- SMITH, T. K.; AUSTIC, R. E The branched-chain amino acid antagonism in chicks. **Journal of Nutrition**. v.108, p.1180–1191, 1978.
- SOUFFRANT, W. B. Endogenous nitrogen losses during digestion in pigs. In: *DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS*, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991, p.147-166.
- SOUZA, A. V. C. Composição química e valor nutritivo do milho com diferentes níveis de carunchamento para suínos. Dissertação (**Mestrado em Zootecnia**) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 1999. 185 p.

- TACKMAN, J. M.; TEWS, J. K.; HARPER, A. E. Dietary disproportions of amino acids in the rat: effect on food intake, plasma and brain amino acids and brain serotonin. **Journal of Nutrition**. v.120, p.521–533, 1990.
- TAYLOR, A. J.; COLE, D. J. A.; LEWIS, D. Amino acid requirements of growing pigs. 5. The interactions between isoleucine and leucine. **Animal Production**. v.38, p.257–261, 1984.
- VAN LEEUWEN. P. Methodological aspects for determination of amino acid digestibilities in pigs fitted with ileocecal re-entrant cannulas. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 58, p.122-133, 1987.
- VIEIRA, M. S.; VIEIRA, A. A. Determinação do tempo de abate de suínos em ensaios de digestibilidade pelo método do sacrifício. **XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação** – Universidade do Vale do Paraíba, 2009.
- WILTAFSKY, M.K.; BARTELT, J.; RELANDEAU, C. et al. Estimation of the optimum ratio of standardized ileal digestible isoleucine to lysine for eight- to twenty-five-kilogram pigs in diets containing spray-dried blood cells or corn gluten feed as a protein source. **Journal of Animal Science**, v.87, p.2554-2564, 2009.
- ZANELLA, I.; SAKOMURA, N.K.; PIZAURO, J.A. et al. Efeito da adição de enzimas exógenas na dieta sobre a atividade enzimática da amilase e tripsina pancreática em frangos de corte. In: **CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS**, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1999. p.45.
- ZAVIEZO, D. Proteína ideal – novo conceito nutricional na formulação de rações para aves e suínos. **Avicultura Industrial**, v.10, p.16-20, 1998.

### 3 NÍVEIS DE ISOLEUCINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS CASTRADOS DOS 15 AOS 30 KG DE PESO VIVO

**RESUMO:** Com o objetivo de determinar a exigência de isoleucina digestível para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg de peso vivo, foram realizados dois experimentos, um de digestibilidade e outro de desempenho. Para determinar o coeficiente de digestibilidade ileal dos aminoácidos da ração basal, foram utilizados 10 suínos, machos castrados, mestiços, com peso médio inicial de  $15,00 \pm 0,27$  kg, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo, em um delineamento inteiramente ao acaso, com dois tratamentos, cinco repetições e um animal por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma dieta basal, com 14,13% de proteína bruta e 0,450% de isoleucina, e uma dieta isenta de proteína. Na determinação da exigência de isoleucina digestível para suínos machos castrados, foram utilizados 40 suínos mestiços, com peso médio inicial de  $15,00 \pm 0,87$  kg, distribuídos em um delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco tratamentos (0,45; 0,52; 0,59; 0,66 e 0,73% de isoleucina digestível), quatro repetições e dois animais por unidade experimental. Os valores dos coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos essenciais foram maiores do que os coeficientes de digestibilidade ileal aparente, sendo a treonina, a metionina + cistina e a valina os aminoácidos que apresentaram os maiores aumentos. Os valores de digestibilidade ileal verdadeira da dieta basal para lisina, treonina e triptofano foram superiores aos valores de aminoácidos digestíveis ileais verdadeiros calculados. O mesmo não foi observado para os valores de digestibilidade ileal verdadeira da dieta basal dos aminoácidos arginina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, metionina + cistina, fenilalanina e valina. A taxa de deposição de proteína apresentou efeito quadrático ( $P < 0,05$ ), em que o nível de 0,600% de isoleucina digestível proporcionou a maior deposição de proteína na carcaça dos suínos. Houve efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) dos níveis de isoleucina digestível sobre o consumo diário de isoleucina, com estimativas de melhor consumo para o nível de 0,938%. Foi observada diferença linear ( $P < 0,01$ ) apenas para a eficiência de utilização de isoleucina para ganho, em que o modelo linear apresentou redução nos valores de eficiência à medida que aumentaram os níveis de isoleucina digestível nas rações. Foi observado efeito quadrático ( $P = 0,09$ ) dos níveis de isoleucina digestível sobre o peso final, com melhores valores obtidos para o nível de 0,599%. O nível de 0,60% de isoleucina digestível, obtido no presente estudo, proporcionou uma relação isoleucina:lisina digestível de 0,60. A exigência diária de isoleucina digestível foi de 5,86 g/dia, proporcionando um consumo de 1,76 g de isoleucina digestível/Mcal de energia metabolizável.



**Palavras-chave:** aminoácido de cadeia ramificada, digestibilidade ileal, exigências nutricionais, método do sacrifício ou abate.

## LEVELS OF DIGESTIBLE ISOLEUCINE FOR BARROWS FROM 15 TO 30 KG

**ABSTRACT:** Aiming to determine the digestible isoleucine requirement for barrows from 15 to 30 kg, two experiments were conducted, being one of digestibility and another of performance. Ten crossbred barrows with average initial weight of  $15.00 \pm 0.27$  kg were used to determine the ileal digestibility coefficient of amino acids from basal diet. The animals were housed individually in metabolic cages in a completely randomized design, with two treatments, five replicates and one animal per experimental unit. The treatments consisted of a basal diet with 14.13% crude protein and 0.450% isoleucine, and a free protein diet. Forty crossbred barrows with average initial weight of  $15.00 \pm 0.87$  kg were used to determine the digestible isoleucine requirement. The animals were distributed in a randomized block design with five treatments (0.45, 0.52, 0.59, 0.66 and 0.73% digestible isoleucine), four replicates and two animals per experimental unit. The coefficients of true ileal digestibility of essential amino acids were higher than the coefficients of apparent ileal digestibility and threonine, methionine+cystine and valine had the biggest increases. The true ileal digestibility of basal diet for lysine, threonine and tryptophan were higher than the true ileal digestible calculated amino acids. The same was not observed for true ileal digestibility of basal diet of arginine, histidine, isoleucine, leucine, methionine, methionine+cystine, phenylalanine and valine. The protein deposition rate had a quadratic effect ( $P < 0.05$ ) which the level of 0.60% digestible isoleucine had the highest protein deposition in carcasses of pigs. The daily isoleucine intake had quadratic effect ( $P < 0.01$ ), which level of 0.938% digestible isoleucine provided the higher intake. There was linear effect ( $P < 0.01$ ) on efficiency of isoleucine utilization for weight gain, with reduction on values of  $E_{IleUWG}$  as levels of digestible isoleucine increased in rations. A quadratic effect ( $P = 0.09$ ) of digestible isoleucine levels on the final weight was observed, with better values for the level 0.599%. The level of 0.60% digestible isoleucine obtained in the present work provided a digestible isoleucine:lysine relation of 0.60. The daily requirement of digestible isoleucine was 5.86 g/day, providing 1.76g of digestible isoleucine/Mcal of metabolizable energy.

**Keywords:** branched-chain amino acid, ileal digestibility, nutritional requirements, sacrifice method or slaughter.

### 3.1 Introdução

A importância econômica da produção de carne suína e a pressão da sociedade para que se reduza a quantidade de dejetos eliminados no ambiente, obriga os nutricionistas e produtores a buscar em novas tecnologias que melhorem a eficiência na utilização de nutrientes pelos animais (BÜNZEN et al., 2008).

O melhor conhecimento dos requerimentos nutricionais dos aminoácidos permite uma nutrição mais precisa, oferecendo a possibilidade para o formulador de substituir parcialmente o requerimento do nível mínimo protéico por níveis mínimos de aminoácidos, gerando redução dos custos e da emissão de poluentes no ambiente (SUIDA, 2007).

Existem relatos de que o nível de proteína bruta dietética, nas fases de crescimento e terminação, pode ser reduzido em até 4 unidades percentuais sem influenciar a taxa de crescimento e a eficiência alimentar quando são fornecidas quantidades suficientes de aminoácidos essenciais na dieta (RADEMACHER, 1997; JONGBLOED & LENIS, 1998).

Entre os aminoácidos essenciais, a lisina, treonina, metionina e o triptofano são considerados como aminoácidos-chave (HAHN; BAKER, 1995). No entanto a redução acentuada da concentração protéica implica na necessidade de inclusão de outros aminoácidos sintéticos, como a valina e a isoleucina (LE BELLEGO; NOBLET, 2002).

De acordo com Kidd & Hackenhar (2006), a L-isoleucina pode ser o quarto aminoácido limitante nas dietas a base de milho, farelo de soja e farinhas de subprodutos avícolas. Segundo Parr et al., (2003) suínos submetidos a uma dieta deficiente em isoleucina apresentaram uma depressão no desempenho comparado aos animais submetidos a uma dieta controle positiva, e além disso mostraram um reestabelecimento do desempenho à medida que a isoleucina foi suplementada na dieta.

Os valores de nutrientes digestíveis são normalmente encontrados nas tabelas de composição de alimentos (NRC, 1998 e ROSTAGNO et al., 2011). No entanto, devido à variação das condições experimentais (idade dos animais, genótipo, nível de alimentação) muitas destas tabelas apresentam informações distintas, o que sugere a necessidade de utilizar valores adequados às condições brasileiras para permitir a expressão do potencial máximo de crescimento dos animais (ABREU et al., 2002). Desta forma, a determinação dos níveis adequados de aminoácidos digestíveis para suínos, com base na digestibilidade ileal verdadeira, poderia levar em consideração os valores de aminoácidos digestíveis das rações experimentais, ao invés de se formular as rações experimentais com base nos valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros dos alimentos individualmente.

Devido à correção da digestibilidade ileal aparente pelas perdas endógenas basais, de proteína bruta e aminoácidos, pode-se calcular os coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira (JANSMAN et al., 2002). Devido a estes valores serem independentes da perda endógena ileal basal, sugere-se que os coeficientes de digestibilidade de aminoácidos, baseados na digestibilidade ileal verdadeira, são mais aditivos em rações misturadas comparados aos valores baseados em digestibilidade ileal aparente (MOSENTHIN et al., 2000).

A disponibilidade dos aminoácidos é primariamente determinada pela sua digestibilidade, mensurada ao final do intestino delgado, visto que foi bem estabelecido que não há absorção de aminoácidos no intestino grosso. Além disso, a microflora ali presente metaboliza alguns aminoácidos não digeridos evitando seu aparecimento nas fezes (AFZ et al., 2000).

De acordo com Sauer & Ozimek (1986), a determinação da digestibilidade dos aminoácidos pelo método de análise ileal pode ser considerada um avanço quando comparada ao método de análise fecal. Mesmo considerando as diferenças existentes entre os termos digestibilidade e disponibilidade, e seu significado específico no campo da nutrição de aminoácidos, pode-se facilmente verificar a vantagem do uso da digestibilidade ileal sobre o uso da digestibilidade fecal em função das interferências originadas pela passagem do alimento através do intestino grosso (BATTERHAM, 1992).

A maioria dos dados de digestibilidade aparente até então publicados não são corrigidos e, portanto, não aditivos (AFZ et al., 2000). As perdas endógenas variam de alimento para alimento e também dependem do consumo de matéria seca e de proteína, da qualidade e estrutura da proteína, da composição e conteúdo da fibra bruta e da presença de fatores antinutricionais. A perda basal endógena de aminoácidos varia em função do peso corporal, do nível de arraçoamento e de fatores individuais. Hess & Seve (1999) sugerem que a avaliação da perda endógena ileal leve em consideração estas variáveis e sejam avaliadas para cada animal em ensaios de digestibilidade para correção dos dados de digestibilidade ileal dos aminoácidos.

Em experimentos conduzidos para determinar o efeito da condição fisiológica de suínos sobre a digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos para seis ingredientes em suínos em crescimento, matrizes em gestação e matrizes em lactação, ficou demonstrado que animais em crescimento não diferem de matrizes em lactação, com poucas exceções para a digestibilidade ileal verdadeira da proteína e dos aminoácidos. Estes resultados podem ser devidos mais ao consumo diário que ao estado fisiológico (STEIN et al., 2001).

A existência de uma perda endógena basal, independente do ingrediente e característica do animal, hoje é mundialmente reconhecida; e o conceito de digestibilidade verdadeira parece ser de muito mais interesse geral que o conceito de digestibilidade aparente. Futuramente ainda será necessário estimar o custo metabólico dos aminoácidos das perdas endógenas para que este seja considerado parte do requerimento do animal (AFZ et al., 2000).

Desse modo, os objetivos do presente trabalho foram avaliar os níveis de isoleucina digestível e determinar os coeficientes de digestibilidade ileal aparente e verdadeira dos aminoácidos da ração basal e a relação isoleucina:lisina digestíveis para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg de peso vivo.

## 3.2 Material e métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

### 3.2.1 Experimento I - Digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos da ração basal

Foram utilizados 10 suínos, mestiços, machos castrados, com peso médio inicial de aproximadamente  $15,00 \pm 0,27$  kg. Os animais foram alojados em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), ajustadas para dimensão mínima de 89 x 21 x 44 cm e dimensão máxima de 135 x 42 x 78 cm, providas de comedouros e bebedouros na sua porção frontal, com livre acesso à água, podendo esta porção ser removida para higienização.

Os suínos adaptaram-se as gaiolas e às rações por um período de cinco dias. No sexto dia foram realizadas as coletas das digestas no íleo terminal por meio da técnica do sacrifício ou abate. Foi realizado um protocolo experimental para determinar o momento ideal para a coleta da digesta, no qual parte da dieta fornecida era encontrada ainda no estômago e parte no intestino grosso. Determinou-se um jejum prévio de 24 horas e o tempo para coleta de três horas após a ingestão da dieta experimental. Os animais foram contidos para aplicação via intramuscular de 1,5 mL de tranquilizante a base de cloridrato de xilazina associado a 1 mL de sulfato de atropina. Decorridos 5 minutos após este procedimento foi aplicado 3 mL de anestésico geral a base de cetamina, via intramuscular. Após a anestesia, e já realizada a tricotomia e a assepsia da área cirúrgica na cavidade abdominal, procedeu-se com a laparotomia, por meio de uma incisão ventral no sentido encéfalo caudal de aproximadamente 10 cm.

O segmento íleo-proximal foi exteriorizado e a passagem da digesta, entre a válvula ileocecal e o fim da prega ileocecal, foi obstruída com auxílio de pinças hemostáticas. Um segmento de aproximadamente 20 cm foi retirado, lavado com água destilada e enxugado com papel toalha, para oclusão da digesta.

As amostras de digesta foram armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados e mantidas em freezer a  $-10^{\circ}\text{C}$ , sendo posteriormente homogeneizadas e liofilizadas.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos e cinco repetições os tratamentos foram constituídos da ração basal (0,450% de

isoleucina digestível) e outra ração sem proteína, denominada dieta isenta de proteína (DIP), com a finalidade de determinar a excreção endógena de aminoácidos, para que fosse possível calcular a digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos.

A DIP foi formulada para conter o mesmo nível de fibra em detergente neutro (FDN) da ração basal. Para tanto foi utilizado a casca de arroz como fonte de FDN. A casca de arroz usada como fonte de fibra foi separada dos grãos de arroz quebrados, dos grãos remanescentes dentro da casca e das impurezas contidas na palha, por meio de ventilador. A proteína bruta remanescente foi considerada como sendo lignificada.

A ração basal foi formulada à base de milho e farelo de soja, e adequada às exigências nutricionais propostas por Rostagno et al. (2005) para suínos na fase de 15 a 30 kg de peso vivo, exceto os níveis de proteína bruta e isoleucina. A proteína bruta da ração basal foi reduzida em 4,00% em relação ao valor proposto por Rostagno et al. (2005).

As composições química e energética dos ingredientes utilizados nas rações experimentais encontram-se na Tabela 1. A composição centesimal e os valores nutricionais calculados da ração basal e da dieta isenta de proteína estão apresentadas na Tabela 2.

As rações experimentais continham 0,50% de óxido crômico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), utilizado como indicador na determinação dos coeficientes de digestibilidade.

As rações foram umedecidas e fornecidas duas vezes ao dia, às 7:00 hs e às 19:00 hs, em quantidades calculadas com base no tamanho metabólico ( $K^{0,75}$ ). Os animais receberam água à vontade após terem consumido toda a ração.

Tabela 1. Composição química e energética dos ingredientes utilizados nas rações experimentais

Ingrediente	Matéria Seca (%)	Proteína Bruta <sup>1</sup> (%)	Energia Metabolizável <sup>2</sup> (Kcal/kg)	Cálcio <sup>2</sup> (%)	Fósforo <sup>2</sup> (%)	Fibra Detergente Neutro <sup>1</sup> (%)	Fibra Detergente Ácido <sup>1</sup> (%)	Hemicelulose <sup>1</sup> (%)	Isoleucina Total <sup>2</sup> (%)
Milho	87,64 <sup>1</sup>	7,97	3340	0,03	0,08	21,56	4,49	17,07	0,25
Farelo de soja	89,79 <sup>1</sup>	44,23	3154	0,24	0,18	10,71	7,56	3,15	1,88
Casca de arroz	91,12 <sup>1</sup>	4,08	-	0,03	0,06	68,48	53,81	14,67	-
Fosfato bicálcico	-	-	-	24,5	18,5	-	-	-	-
Calcário	-	-	-	38,4	-	-	-	-	-
Óleo vegetal	-	-	8300	-	-	-	-	-	-
Açúcar	99,93 <sup>2</sup>	-	3737	-	-	-	-	-	-
Amido	87,69 <sup>2</sup>	-	3520	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> Valores médios obtidos por análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Unioeste (UNIOESTE).

<sup>2</sup> Valores obtidos de Rostagno et al. (2005), na matéria natural.



Tabela 2. Composição centesimal da ração basal e da dieta isenta de proteína

Ingrediente	Ração basal (kg)	Dieta isenta de proteína (kg)
Milho	78,50	-
Farelo de soja	14,50	-
Fosfato bicálcico	1,68	2,21
Calcário	0,65	0,46
Sal comum	0,04	0,10
Óleo vegetal	0,81	4,00
L – Lisina HCL (78,4%)	0,61	-
L – Treonina (98,0%)	0,21	-
L – Triptofano	0,04	-
L – Valina	0,15	-
L – Isoleucina	-	-
DL – Metionina (99,0%)	0,14	-
Mistura vitamínica <sup>1</sup>	0,10	0,10
Mistura mineral <sup>2</sup>	0,05	0,05
Promotor de crescimento	0,02	0,02
Antioxidante	0,01	0,01
Bicarbonato de sódio	0,62	0,69
Ácido glutâmico	0,88	-
Inerte	0,49	0,10
Óxido crômico	0,50	0,50
Amido	-	22,88
Casca de arroz	-	18,88
Açúcar	-	50,00
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição Calculada (%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
EM (kcal/kg)	3230	3006
Proteína Bruta	14,12	-
Cálcio	0,72	0,733
Fósforo Disponível	0,40	0,409
Cloro	0,02	0,060
FDN	11,21	11,21
FDA	9,20	10,154
Arginina Digestível	0,71	-
Lisina Digestível	0,99	-
Met+Cis Digestível	0,55	-
Treonina Digestível	0,62	-
Leucina Digestível	1,17	-
Metionina Digestível	0,34	-
Triptofano Digestível	0,16	-
Isoleucina Digestível	0,45	-
Valina Digestível	1,17	-
Potássio	0,47	-
Sódio	0,20	0,266

<sup>1</sup> Conteúdo/kg: vit. A, 10.000.000 U.I.; vit. D3, 1.500.000 U.I.; vit B1, 2 g; vit B2, 5,0 g; vit. B6, 3,0 g; vit B12, 30.000 mcg; ácido nicotínico, 30.000 mcg; ácido pantotênico 12.000 mcg; vit K3, 2.000 mg; ácido fólico, 800 mg; biotina, 100 mg; e veículo q.s.p. p/1000 g.

<sup>2</sup> Conteúdo/kg: ferro 100 g; cobre 10 g; cobalto 1 g; manganês 40 g; zinco 100 g; iodo 1,5 g; e veículo q.s.p. p/1000g.

Foram determinados os teores de matéria seca e cromo nas digestas, ração basal e DIP de acordo com as técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002). A composição em aminoácidos das digestas e rações (Tabela 3) foram realizadas na Ajinomoto do Brasil Ind. e Com. de alimentos Ltda por meio de cromatografia líquida de alta eficiência.

Tabela 3. Composição em aminoácidos da ração basal e da dieta isenta de proteína

Aminoácido essencial	Ração basal (%)	Dieta isenta de proteína (%)
Arginina	0,577	-
Histidina	0,353	-
Isoleucina	0,473	0,034
Leucina	1,159	0,062
Lisina	1,140	0,180
Metionina	0,333	0,023
Metionina + Cistina	0,519	0,040
Fenilalanina	0,607	0,022
Treonina	0,648	0,037
Triptofano	-	-
Valina	0,713	0,052
Não-essencial <sup>1</sup>		
Alanina	0,695	0,053
Ácido Aspártico	1,063	0,091
Ácido Glutâmico	3,028	0,136
Cistina	0,186	0,017
Glicina	0,505	0,046
Prolina	-	-
Serina	0,604	0,040
Tirosina	0,406	-

Foram determinadas as digestibilidades ileais aparentes e verdadeiras dos aminoácidos da ração basal, que foram calculadas com base nos níveis de cromo (Cr), nas rações e fezes, por meio do cálculo do fator de indigestibilidade (FI), seguindo as seguintes fórmulas:

$$1 - \text{Fator de indigestibilidade (FI)}_1 = \text{FI}_1 = \frac{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ dieta}}{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ fezes}}$$

2 - Coeficiente de digestibilidade aparente de aminoácidos (CD<sub>ap</sub>AA)

(Fórmula descrita por ROSTAGNO & FEATHERSON, 1977)

$$\text{CDapAA} = \frac{(\text{mg AA/g dieta} - \text{mg AA/g } E_1 \times \text{FI}_1)}{\text{mg AA/g dieta}} \times 100$$

em que:

E<sub>1</sub> = Fezes dos animais que receberam a dieta basal

### 3 - Coeficiente de digestibilidade verdadeira de aminoácidos (CD<sub>v</sub>AA )

(Fórmula descrita por ROSTAGNO & FEATHERSON, 1977)

$$CD_{vAA} = \frac{\text{mg AA/g dieta} - (\text{mg AA/g } E_1 \times FI_1 - \text{mg AA/g } E_2 \times FI_2)}{\text{mg AA/g dieta}} \times 100$$

em que:

$E_2$  = Fezes dos animais que receberam a dieta isenta de proteína.

$FI_2$  = Fator de indigestibilidade da dieta isenta de proteína.

#### **3.2.2 Experimento II – Níveis de isoleucina digestível para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg de peso vivo.**

Foram utilizados 40 suínos, mestiços, machos castrados com alto potencial genético, com peso vivo inicial de 15,00±0,87 kg, em delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco tratamentos (0,45, 0,52, 0,59, 0,66 e 0,73% de Isoleucina digestível), quatro repetições e dois animais por unidade experimental.

Os animais foram alojados na creche experimental, com baias metálicas suspensas, piso de polipropileno e laterais teladas, dotadas de comedouros semi-automáticos e de bebedouros tipo chupeta, localizada em prédio de alvenaria.

Com os valores dos coeficientes de digestibilidade ileal verdadeiros dos aminoácidos obtidos no ensaio de digestibilidade (experimento 1) foi realizada a correção dos aminoácidos essenciais, em que se utilizou aminoácidos sintéticos, às custas do inerte, para atender em no mínimo as recomendações de Rostagno et al. (2005) para suínos dos 15 aos 30 kg de peso vivo, exceto os níveis de proteína bruta e isoleucina digestível.

A proteína bruta da ração basal foi reduzida em 4,00% em relação ao valor proposto por Rostagno et al. (2005). Para atender os níveis de isoleucina digestível, a L-Isoleucina foi adicionada na ração basal às custas do inerte. As rações experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja (Tabela 4).

O ácido glutâmico foi utilizado nas rações experimentais para proporcionar que as mesmas apresentassem o mesmo nível de nitrogênio.

Tabela 4. Composição das rações experimentais contendo diferentes níveis de isoleucina digestível para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg

Ingredientes (%)	Nível de isoleucina digestível (%)				
	0,45	0,52	0,59	0,66	0,73
Milho	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50
Farelo de soja	14,50	14,50	14,50	14,50	14,50
Fosfato bicálcico	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680
Calcário	0,651	0,651	0,651	0,651	0,651
Sal comum	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
Óleo vegetal	0,810	0,810	0,810	0,810	0,810
L – Lisina HCL (78,4%)	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611
L – Treonina (98,0%)	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211
L – Triptofano	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
L- Valina	0,314	0,314	0,314	0,314	0,314
L – Isoleucina	0,012	0,084	0,156	0,228	0,300
DL – Metionina (99,0%)	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346
Mistura vitamínica <sup>3</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Mistura mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Promotor de crescimento <sup>5</sup>	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Antioxidante <sup>1</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Bicarbonato de sódio	0,619	0,619	0,619	0,619	0,619
Ácido glutâmico	0,874	0,782	0,697	0,611	0,525
Inerte <sup>4</sup>	0,602	0,622	0,635	0,649	0,663
Total	100	100	100	100	100
Composição Calculada (%)					
EM (Mcal/kg)	3230	3230	3230	3230	3230
Proteína Bruta	14,13	14,13	14,13	14,13	14,13
Cálcio	0,720	0,720	0,720	0,720	0,720
Fósforo Disponível	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Sódio	0,204	0,204	0,204	0,204	0,204
Potássio	0,487	0,487	0,487	0,487	0,487
Cloro	0,191	0,191	0,191	0,191	0,191
Lisina Digestível	0,991	0,991	0,991	0,991	0,991
Treonina Digestível	0,624	0,624	0,624	0,624	0,624
Met+Cis Digestível	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555
Metionina Digestível	0,336	0,336	0,336	0,336	0,336
Triptofano Digestível	0,168	0,168	0,168	0,168	0,168
Arginina Digestível	0,718	0,718	0,718	0,718	0,718
Valina Digestível	0,684	0,684	0,684	0,684	0,684
Leucina Digestível	1,173	1,173	1,173	1,173	1,173
Isoleucina Digestível	0,45	0,52	0,59	0,66	0,73
BED (meq/kg) <sup>6</sup>	159	159	159	159	159

<sup>1</sup> Butil hidroxil tolueno. <sup>2</sup> Conteúdo/kg: ferro, 100 g; cobre, 10 g; cobalto, 1 g; manganês, 40 g; zinco, 100 g; iodo, 1,5 g; e veículo q.s.p. p/1000g. <sup>3</sup> Conteúdo/kg: vit. A, 10.000.000 U.I.; vit. D3, 1.500.000 U.I.; vit B1, 2 g; vit B2, 5,0 g; vit. B6, 3,0 g; vit B12, 30.000 mcg; ácido nicotínico, 30.000 mcg; ácido pantotênico 12.000 mcg; vit K3, 2.000 mg; ácido fólico, 800 mg; biotina, 100 mg; e veículo q.s.p. p/1000 g. <sup>4</sup> Areia. <sup>5</sup> Fosfato de tilosina.

<sup>6</sup> Balanço eletrolítico da dieta.

O balanço eletrolítico da dieta (BED) foi calculado com base nos níveis de Na, K e Cl dos alimentos e dos aminoácidos contidos nas rações, conforme proposto por Mongin (1981), utilizando-se a seguinte fórmula:

$$BE = (Na/23,00 + K/39,10 - Cl/35,45) \times 10$$

Em que:

Na = quantidade de sódio presente em cada um dos alimentos, expresso em mg/kg.

K = quantidade de potássio presente em cada um dos alimentos, expresso em mg/kg.

Cl = quantidade de cloro presente em cada um dos alimentos, expresso em mg/kg.

Os animais foram pesados no início e no final do experimento para determinação do ganho de peso. Para a determinação do consumo de ração dos tratamentos, as rações foram pesadas todas as vezes que fornecidas, bem como descontados os desperdícios e sobras.

No início e no final do experimento, foi realizada a coleta de sangue de um animal por unidade experimental, para determinação de uréia do plasma. As amostras de sangue foram obtidas através de punção na veia jugular, conforme técnicas descritas por Cai et al. (1994), com auxílio de agulhas de 100mm de comprimento (MORENO et al., 1997).

O sangue foi colhido em tubos de vidro do tipo vacutainer, contendo anticoagulante EDTA. Após a coleta, o sangue foi encaminhado ao Laboratório de Parâmetros Sanguíneos da Unioeste, onde as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm, por um período de 10 minutos, para obtenção dos plasmas, que foram retirados com auxílio de pipeta automática, acondicionados em tubos do tipo ependorf e armazenados para análises posteriores de uréia.

As análises de uréia no plasma foram realizadas pelo método colorimétrico, após realizados os procedimentos operacionais descritos no kit Ureia Lab-test. A dosagem da uréia plasmática foi multiplicada por 0,467, que representa a fração de nitrogênio na molécula de uréia (NEWMAN & PRICE, 1999), para obtenção do nitrogênio na uréia plasmática inicial (NUPi) e final (NUPf). Os valores do NUP obtidos no início do experimento foram utilizados como co-variável para as análises estatísticas do NUP obtido no final do experimento.

Ao final do experimento, o segundo animal de cada unidade experimental foi abatido, após jejum alimentar de 24 horas e jejum hídrico de 12 horas. Os animais foram abatidos por sangramento, depilados e eviscerados, de acordo com técnicas descritas por Pacheco & Yamanaka (2006). As carcaças inteiras, incluindo cabeça e pés, foram pesadas e a metade direita foi resfriada por 24 horas para posterior moagem. Após homogeneização, foram retiradas amostras e conservadas a  $-12^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, foram pré-secas, pré-

desengorduradas e moídas, conforme descrito por Fontes et al. (2000), para determinação de umidade, proteína bruta e gordura, conforme técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002).

Um grupo adicional de quatro animais, com peso vivo médio de  $15,00 \pm 1,52$  kg, foi abatido para determinar a composição da carcaça dos suínos no início do experimento. As taxas de deposição de proteína (TDP) e de gordura (TDG) nas carcaças foram calculadas comparando-se as composições das carcaças dos animais no início e no fim do período experimental. Foram determinadas, também, a matéria seca da carcaça (MSC), a proteína bruta da carcaça (PBC), o extrato etéreo da carcaça (EEC), a eficiência de deposição de proteína (EDP) e energia retida na carcaça (ERC), além do peso relativo de fígado, rins, pâncreas, coração e baço.

O modelo estatístico utilizado para análise dos dados de desempenho e composição de carcaça foi o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + BL_j + E_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  = variáveis de desempenho e composição de carcaça, referentes ao nível de isoleucina digestível  $i$  no bloco  $j$ .

$\mu$  = constante geral.

$T_i$  = Efeito dos níveis de isoleucina digestível, sendo  $i = 1, 2, 3, 4$  e  $5$ .

$BL_j$  = efeito do bloco  $j$ , sendo  $j = 1, 2, 3, 4$ .

$E_{ij}$  = erro aleatório associado a cada observação/ $ij$ .

Para a análise da uréia plasmática, foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + BL_j + \beta (X_{ij} - \bar{X}) + E_{ij}$$

Em que:

$\beta$  = coeficiente de regressão de uréia plasmática final ( $y$ ) sobre os níveis de uréia plasmática inicial ( $x$ ).

$Y_{ij}$  = valor de uréia plasmática inicial na  $i$ -ésima unidade experimental e na  $j$ -ésima repetição

$\bar{X}$  = média geral da uréia plasmática inicial.

$\mu$  = constante geral.

$T_i$  = Efeito dos níveis de isoleucina digestível, sendo  $i = 1, 2, 3, 4$  e  $5$ .

$BL_j$  = efeito do bloco  $j$ , sendo  $j = 1, 2, 3, 4$ .

$E_{ij}$  = erro aleatório associado a cada observação/ $ij$ .

O efeito dos níveis de isoleucina digestível sobre as diversas variáveis foram verificados pela análise de variância e estimados por meio de equações polinomiais, respeitando-se o efeito significativo de Ti no modelo estatístico.

Os graus de liberdade e as somas de quadrados referentes aos níveis de isoleucina digestível foram desdobrados em polinômios ortogonais. A estimativa do melhor nível de isoleucina digestível foi feita com base nos resultados de desempenho, composição de carcaça e uréia no plasma. O nível de significância adotado foi de 0,10.

Todas as análises de estatística foram feitas utilizando-se o sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 2000).

### 3.3 Resultados e discussão

#### 3.3.1 Experimento I - Digestibilidade ileal dos aminoácidos da ração basal

As perdas ileais endógenas de aminoácidos de suínos alimentados com dieta isenta de proteína e ração basal estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores médios de aminoácidos endógenos ileais (AEI), determinados utilizando uma dieta isenta de proteína (DIP), coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDIA) e verdadeira (CDIV) e valores de aminoácidos digestíveis ileal verdadeiros (ADIVRB) e calculados (ADIVCalc) da ração basal

Aminoácido Essencial	AEI (mg/g DIP consumida)	CDIA (%)	CDIV(%)	ADIVRB (%)	ADIVCalc (%) <sup>1</sup>
Arginina	0,049	84,90	92,55	0,534	0,717
Histidina	0,022	84,25	89,86	0,327	0,335
Isoleucina	0,041	84,82	92,67	0,438	0,450
Leucina	0,070	84,50	89,90	1,042	1,173
Lisina	0,036	89,89	92,73	1,057	0,991
Metionina	0,008	92,21	94,45	0,315	0,336
Met.+ Cis.	0,046	86,78	94,80	0,492	0,555
Fenilalanina	0,045	84,51	91,11	0,553	0,590
Treonina	0,101	85,62	99,64	0,646	0,624
Valina	0,071	85,82	94,79	0,676	0,684

<sup>1</sup> Valores obtidos de Rostagno et al. (2005)

A excreção endógena de aminoácidos essenciais não apresentaram o mesmo perfil em relação aos apresentados por Pozza et al. (2003), que trabalhando com suínos anastomosados, com peso médio inicial de  $50,17 \pm 4,10$  kg e utilizando uma dieta isenta de proteína, observaram uma menor excreção endógena para a metionina e maior excreção para a valina, sendo de 0,065 e 0,400 mg/g de DIP consumida, respectivamente, valores estes superiores aos obtidos no presente estudo.

Dentre os aminoácidos essenciais observou-se uma maior excreção endógena para a treonina, sendo de 0,101 mg/g de DIP consumida. Por outro lado, suínos anastomosados com peso médio inicial de 22,0 kg e alimentados com dieta isenta de proteína com 2,36% de fibra bruta, proveniente da inclusão de casca de arroz, apresentaram menor excreção endógena para



a cistina (0,05 mg/g de DIP consumida) e maior excreção para o ácido glutâmico (0,53 mg/g de DIP consumida), em relação aos demais aminoácidos avaliados (POZZA, 1999). Essas diferenças entre o conteúdo de aminoácidos ileais endógenos, segundo Fan et al. (1995), podem ser atribuídas, principalmente, às diferenças nas concentrações das várias secreções endógenas do trato digestivo.

Os valores médios de excreção endógena de isoleucina, determinados com suínos machos castrados consumindo dieta isenta de proteína, apresentados por Pozza (1999), Pozza et al. (2003) e Costa et al. (2008) foram de 0,240, 0,265 e 0,268 mg/g DIP consumida, respectivamente, mostrando-se superiores ao obtidos no presente estudo, que foi de 0,041 mg/g DIP consumida.

As perdas endógenas de aminoácidos observadas no presente estudo, em relação à literatura consultada são variáveis sendo que a treonina, apresentou uma perda endógena expressiva o que pode estar relacionado ao aumento de glicoproteínas provenientes do muco intestinal, que são ricas nesse aminoácido (GRALA et al.,1998). Segundo Fan & Sauer (1993) a camada de mucina possui grandes quantidades desse aminoácido, apresentando uma grande perda endógena.

Os maiores valores de CDIV em relação aos CDIA (Tabela 5) foram causados pela correção da digestibilidade ileal aparente pelas perdas endógenas basais, de proteína bruta e aminoácidos (JANSMAN et al., 2002). Devido a estes valores serem independentes da perda endógena ileal basal, sugere-se que os coeficientes de digestibilidade de aminoácidos, baseados na digestibilidade ileal verdadeira, sejam mais aditivos em rações misturadas comparados aos valores baseados em digestibilidade ileal aparente (MOSENTHIN et al., 2000).

Desta maneira, a correção pela perda endógena de aminoácidos, proporcionou aumento da digestibilidade de aminoácidos essenciais, sendo a treonina, a metionina + cistina e a valina os que apresentaram maiores aumentos (Tabela 5). As diferenças entre os coeficientes de digestibilidade ileal encontrados em diferentes pesquisas podem ser devido a diferenças no consumo de ração, nas composições das rações estudadas e na temperatura ambiente, entre outros fatores que afetam a digestibilidade de aminoácidos (POZZA, 1999).

O coeficiente de digestibilidade ileal verdadeira da isoleucina (Tabela 5) foi superior aos relatados por Pozza (1999) e Costa et al. (2008) que foram de 88,46 e 85,98%, respectivamente, no entanto foi inferior ao observado por Parr et al. (2003) em um estudo conduzido com suínos canulados, onde o valor correspondente para a isoleucina foi de 97,00%.

A digestibilidade ileal verdadeira, da ração basal, dos aminoácidos arginina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, metionina + cistina, fenilalanina e valina estão aquém dos valores de digestibilidade ileal verdadeira calculados (Tabela 5) ao se utilizar os valores de aminoácidos digestíveis dos ingredientes propostos por Rostagno et al. (2005). No entanto, a metionina + cistina e a valina foram os aminoácidos que não atenderam às exigências propostas pelos autores.

Desta forma, se faz necessário a suplementação de DL-metionina e L-Valina na ração basal, pois o consumo de dietas com conteúdo de aminoácidos inferiores às necessidades metabólicas levam a alterações fisiológicas com efeitos metabólicos que influenciam no comportamento alimentar desses animais, e de acordo com Bertechini (2006), a ingestão de dieta imbalanceada altera a concentração dos aminoácidos do plasma e tecidos, com redução substancial do aminoácido que estiver limitante.

### **3.3.2 Experimento II - Níveis de isoleucina digestível para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg de peso vivo**

#### **3.3.2.1 Desempenho**

O consumo diário de ração (CDR) não foi influenciado pelos níveis de isoleucina (Tabela 6). Resultados semelhantes foram obtidos por Lordelo (2008), que avaliando rações com baixa proteína bruta para suínos, suplementadas apenas com isoleucina, não observaram alterações no consumo de ração e no ganho diário de peso (GDP). Entretanto, Parr et al. (2003) encontraram diferença significativa para CDR ( $P < 0,05$ ) ao nível de 0,46% de isoleucina digestível, que proporcionou um CDR de 1288 g.

Tabela 6 – Valores médios de desempenho e de utilização de nitrogênio em suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg

Variáveis	Nível de isoleucina (%)					CV <sup>1</sup>	P-value
	0,45	0,52	0,59	0,66	0,73		
PF (kg)	29,83	31,94	32,49	30,52	31,24	5,29	=0,09
CDR (g)	982	1008	1033	913	951	11,59	NS
GPD (g)	507	578	578	532	554	12,55	NS
CA	1,93	1,75	1,79	1,72	1,72	10,85	NS
CDLis (g)	9,73	9,99	10,32	9,05	9,43	11,36	NS
CDIle (g)	4,54	5,37	6,29	6,17	7,11	10,60	<0,01
CDN (g)	22,62	23,28	23,28	21,24	22,2	11,56	NS
EUNG (gGP/gN)	22,64	24,88	24,62	25,27	25,00	11,86	NS
EUIleG (gGP/gIle)	112,81	107,83	94,48	86,97	78,11	11,04	<0,01
EULisG (gGP/gLis)	52,59	57,99	63,9	59,33	58,88	9,61	NS
NUP (mg/dL)	6,81	7,55	10,34	9,30	13,34	40,83	NS

<sup>1</sup> Coeficiente de Variação

PF - peso final; CDR - consumo diário de ração; GPD - ganho de peso diário; CA - conversão alimentar; CDLis - consumo diário de lisina; CDIle - consumo diário de isoleucina; CDN - consumo diário de nitrogênio; EUNG - eficiência de utilização de nitrogênio para ganho; EUIleG - eficiência de utilização de isoleucina para ganho; EULisG - eficiência de utilização de lisina para ganho; NUP - nitrogênio na uréia plasmática.

De modo geral, os níveis mais baixos de isoleucina não foram influenciados pelos níveis constantes de leucina em relação ao CDR, pois de acordo com Lima & Silva (2007) o antagonismo entre os aminoácidos de cadeia ramificada pode causar aumento e/ou redução da atividade de enzimas específicas do metabolismo dos aminoácidos. Uma das consequências do antagonismo entre aminoácidos de mesmo grupo estrutural, quando um aminoácido está em excesso em relação a outro, é a queda no consumo de ração (D'MELLO 2003). Além disso, o desequilíbrio entre os aminoácidos de cadeia ramificada, principalmente os excessos de leucina, em rações com redução do teor de proteína bruta têm deprimido o crescimento, a ingestão de alimentos e provocado uma redução da associação de isoleucina e valina no organismo (HARPER et al., 1984 e HARPER et al., 1970). Em um estudo conduzido por Harper et al. (1984) o excesso de leucina aumentou a oxidação de isoleucina e valina, limitando assim a sua disponibilidade para sintetizar proteínas.

Os consumos diários de lisina (CDLis) e de nitrogênio (CDN) foram semelhantes entre os tratamentos. Isto pode ser atribuído ao CDR não ter apresentado diferença e ao fato das rações experimentais serem isoprotéicas e isolisínicas.

Os níveis de isoleucina digestível na ração proporcionaram uma resposta quadrática (P=0,09) em relação ao peso final, com melhores resultados obtidos para o nível de 0,599% (Figura 2), estimado pela equação  $\hat{Y} = - 8,32393 + 136,660 X - 114,125 X^2$  ( $R^2 = 0,50$ ), correspondente à relação isoleucina:lisina digestível de 0,60. No entanto, a estimativa de

isoleucina citada anteriormente é intermediária aos níveis de 0,570 e 0,601 propostos por Rostagno et al. (2011), para suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho médio e superior, respectivamente.

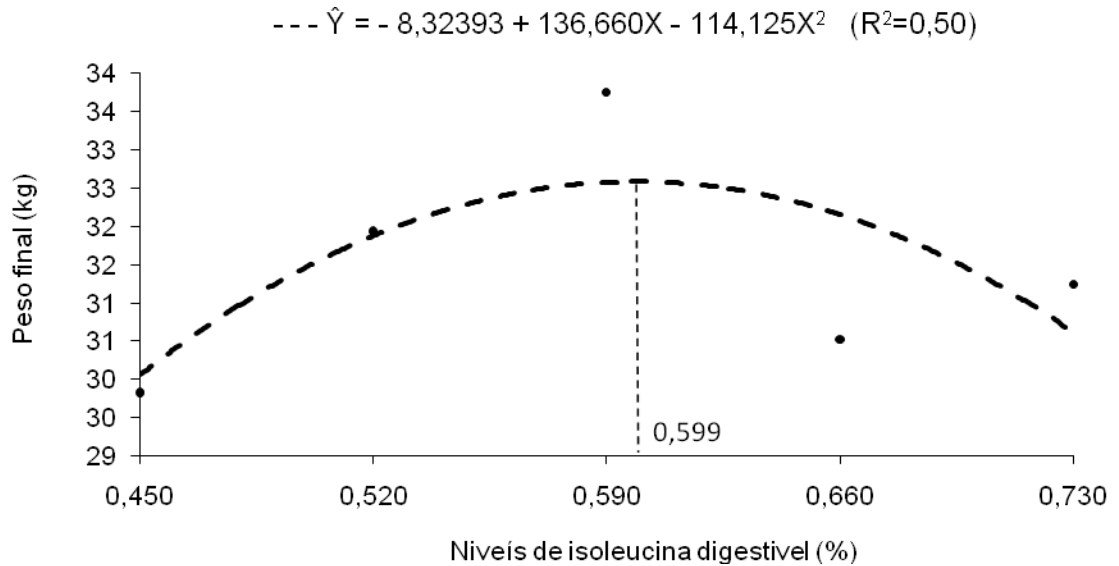


Figura 2. Peso final em função dos níveis de isoleucina digestível em rações para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.

Não houve efeito ( $P>0,10$ ) dos níveis de isoleucina sobre o GPD. Tal resultado pode ser devido à grande quantidade de aminoácidos utilizados nas rações experimentais, uma vez que Webb (1990) e Wu (1998) demonstraram que durante a digestão da proteína é fundamental o tempo de ação enzimática na luz intestinal, e com excesso de aminoácidos disponíveis para absorção, estes podem competir entre si pelos sítios de absorção presentes nos enterócitos ou pelos locais de síntese, uma vez que são absorvidos mais rapidamente.

A eficiência de utilização de isoleucina para ganho (EUIleG), conforme apresentado na Figura 3, e com melhor ajustamento dos dados proporcionado pelo modelo linear através da equação  $\hat{Y} = - 129,797 + 172,559X$  ( $R^2 = 0,97$ ), apresentou redução ( $P<0,01$ ) a partir do menor nível de isoleucina digestível avaliado. Assim, pode-se inferir que o nível ótimo de isoleucina digestível, para maior eficiência de utilização do aminoácido é o menor nível avaliado. De acordo com Lordelo (2008) apenas a suplementação de isoleucina em dietas à base de milho, farelo de soja e trigo, com redução de proteína bruta para leitões, não melhorou o consumo de ração e a taxa de crescimento.

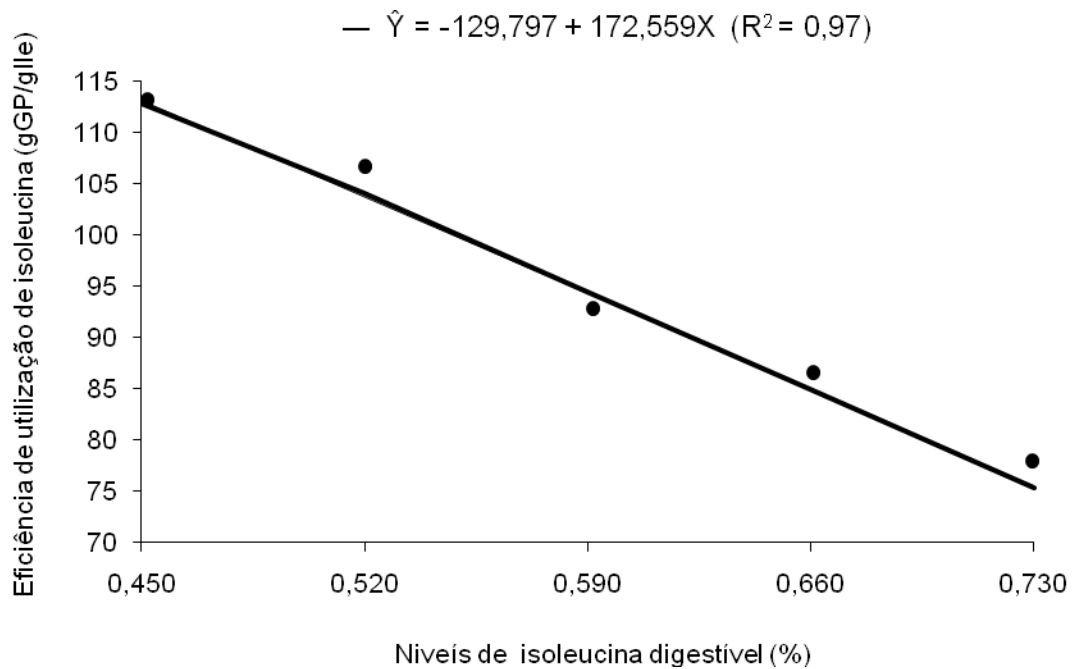


Figura 3. Eficiência de utilização de isoleucina em função dos níveis de isoleucina digestível em rações para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.

A conversão alimentar não foi influenciada pelos níveis de isoleucina digestível (Tabela 6). Resultados semelhantes foram apresentados por Lordelo (2008) e Mavromichalis et al. (1998), os quais observaram que rações com baixa proteína bruta, suplementadas com isoleucina, não influenciaram a eficiência alimentar. Além disso, a isoleucina tem se mostrado menos limitante que a valina em dietas a base de milho e farelo de soja e com redução de proteína bruta para suínos jovens (MAVROMICHALIS et al., 1998).

A suplementação única de isoleucina, em uma dieta à base de milho e farelo de soja e com baixo teor de proteína bruta, também não contribuiu para a melhoria no crescimento dos suínos em crescimento (RUSSELL et al., 1987). Contudo, Kerr et al. (2004a), avaliando níveis entre 0,47 a 0,83% de isoleucina digestível para suínos mestiços (machos e fêmeas), dos 7 aos 11 kg de peso vivo, observaram que o melhor valor de CA (1,29) foi obtido para o nível de 0,65%.

A redução do nível de proteína bruta na ração foi de aproximadamente quatro pontos percentuais e, mesmo assim, não se observou comprometimento no desempenho dos leitões. Do mesmo modo, Hansen et al. (1993) e Ferreira et al. (2001), ao reduzirem o teor de PB em quatro pontos percentuais, com adequada suplementação de aminoácidos sintéticos, não observaram alterações no desempenho de suínos na fase inicial.

O conteúdo de nitrogênio na uréia plasmática (NUP), apesar de apresentar variação de 6,81 a 13,34 mg/dL, não foi influenciado pelos níveis de isoleucina das rações (Tabela 6), em virtude do elevado coeficiente de variação obtido para esta variável.

Os teores médios reduzidos de NUP referentes aos tratamentos com menores níveis de isoleucina digestível indicaram melhor adequação na ingestão de aminoácidos dietéticos, permitindo que os animais alimentados com dietas de baixo nível protéico, suplementadas com aminoácidos sintéticos, utilizassem a proteína dietética mais eficientemente que os leitões alimentados com dieta contendo alto nível protéico (OLIVEIRA 2004). De acordo com Fraga (2008), o NUP é um eficiente parâmetro para indicar a utilização dos aminoácidos dietéticos pelos suínos.

### 3.3.2.2 Características de carcaça e peso de órgãos

Os níveis de isoleucina digestível não influenciaram o peso relativo dos órgãos de suínos machos castrados (Tabela 7). Kerr et al. (2003), ao avaliarem o peso relativo de órgãos de suínos alimentados com rações contendo 12 e 16% de PB suplementadas com aminoácidos sintéticos, também não observaram alterações no peso relativo dos órgãos. Entretanto, Rao & Mccracken (1992) relataram que os mesmos deveriam variar em função do consumo de energia e/ou proteína, além do período experimental, pois de acordo com Gómez (2002) essas variáveis podem ser significativas apenas em longo prazo.

Tabela 7 – Pesos médios relativos de fígado, rins, pâncreas, coração e baço de suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg, em percentagem do peso de carcaça, submetidos a rações com diferentes níveis de isoleucina digestível

Variável	Nível de isoleucina (%)					CV <sup>1</sup>	P-value
	0,45	0,52	0,59	0,66	0,73		
Peso do Fígado	4,63	3,51	3,75	3,96	3,57	19,44	NS
Peso dos Rins	0,58	0,54	0,52	0,57	0,52	17,38	NS
Peso do Pâncreas	0,35	0,31	0,32	0,30	0,31	18,76	NS
Peso do Coração	0,57	0,57	0,58	0,62	0,57	15,30	NS
Peso do Baço	0,16	0,17	0,28	0,21	0,17	24,64	NS

<sup>1</sup> Coeficiente de variação

Segundo Bikker et al. (1994) o peso do fígado pode aumentar em função do maior consumo de proteína bruta, bem como do consumo de rações com variação nos níveis de energia metabolizável. Chen et al. (1999) acrescentaram que este órgão é um dos principais

locais de degradação de aminoácidos e do metabolismo de nitrogênio. No entanto, os níveis de isoleucina digestível não influenciaram os pesos relativos do fígado, mesmo havendo desequilíbrio dos aminoácidos.

Em outro experimento, Kerr et al. (2003) avaliaram a influência do nível de proteína bruta da ração sobre o peso do fígado de suínos. Não foi observada alteração do peso do órgão em função da concentração de proteína bruta da ração.

Os pesos relativos do pâncreas e rins não foram alterados pelos níveis de isoleucina digestível (Tabela 7), embora os rins, juntamente com o fígado, sejam os principais órgãos envolvidos no metabolismo do nitrogênio (CHEN et al., 1999).

Os pesos relativos de coração não foram influenciados pelos níveis de isoleucina digestível, o que também foi verificado em outros trabalhos (KNOWLES et al. 1998; CHEN et al. 1999; KERR et al. 2003).

A duração do período experimental talvez explique os resultados observados, pois Gómez et al. (2002) realizaram dois experimentos com períodos experimentais diferentes (27 e 57 dias) e constataram que o consumo de PB influenciou o peso de coração apenas no experimento de maior duração. No presente trabalho o período experimental médio foi de 29 dias, o que pode ter colaborado para a obtenção de resultados semelhantes para os pesos relativos de coração. Além disso, foram avaliados níveis de isoleucina digestível, o que pode ter proporcionado desequilíbrios menos expressivos em relação à avaliação de níveis de proteína bruta das rações.

Não houve efeito dos níveis de isoleucina digestível sobre a taxa de deposição de proteína (TDG), eficiência de deposição de proteína (EDP) e energia retida na carcaça (ERC), no entanto os níveis de isoleucina digestível influenciaram a TDP ( $P < 0,05$ ), conforme apresentado na Tabela 8. A equação que melhor se ajustou aos dados de TDP foi  $\hat{Y} = -287,592 + 1250,70X - 1042,56X^2$  ( $R^2 = 0,87$ ), obtida por meio do modelo quadrático, em que o nível de 0,60% de isoleucina digestível proporcionou a melhor deposição de proteína na carcaça 87,708 g/dia (Figura 4), correspondendo à relação isoleucina:lisina digestível de 0,60. Szabo et al. (2001) avaliando diferentes níveis de isoleucina digestível aparente, para suínos dos 30 aos 105 kg, constataram que o melhor valor de proteína na carcaça foi referente ao nível de 0,95% de isoleucina digestível, sendo consideravelmente superior ao observado no presente trabalho.

Tabela 8 – Valores médios de taxa de deposição de proteína (TDP), taxa de deposição de gordura (TDG), eficiência de deposição de proteína (EDP) e energia retida na carcaça (ERC) de suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg

Variável <sup>2</sup>	Nível de isoleucina (%)					CV <sup>1</sup>	P-value
	0,45	0,52	0,59	0,66	0,73		
TDP (g/dia)	62,52	83,05	90,32	77,66	72,39	13,66	<0,05
TDG (g/dia)	86,53	84,38	101,78	91,37	89,70	18,83	NS
EDP (g/dia)	6,66	8,31	9,11	8,75	7,72	15,25	NS
ERC (kcal/dia)	1164,70	1260,73	1464,84	1295,71	1250,18	14,89	NS

<sup>1</sup> Coeficiente de Variação

<sup>2</sup> TDP – taxa de deposição de proteína; TDG – taxa de deposição de gordura; EDP – eficiência de deposição de proteína; ERC – energia retida na carcaça.

Essas diferenças, entre os níveis de isoleucina digestível estabelecidos, podem ser devido a vários fatores e dentre eles pode-se citar o genótipo dos animais, pois de acordo com Chen et al. (1999), suínos com maior capacidade de deposição de carne utilizam o alimento de maneira mais eficiente, produzindo carcaças com mais carne e menos gordura em relação a animais de baixo potencial para deposição de carne.

De acordo com Stahley (1993), a ingestão de aminoácidos em excesso reduz a energia disponível para crescimento devido ao gasto energético para degradação e excreção dos produtos nitrogenados, enquanto a ingestão de rações deficientes em aminoácidos diminui a taxa de crescimento de músculo e aumenta a quantidade de alimento requerido para deposição de carne. Esse autor relatou ainda que em genótipos de baixo potencial genético para deposição de carne magra a TDP tende a ser pior, caracterizando menor eficiência em relação aos de alto potencial.



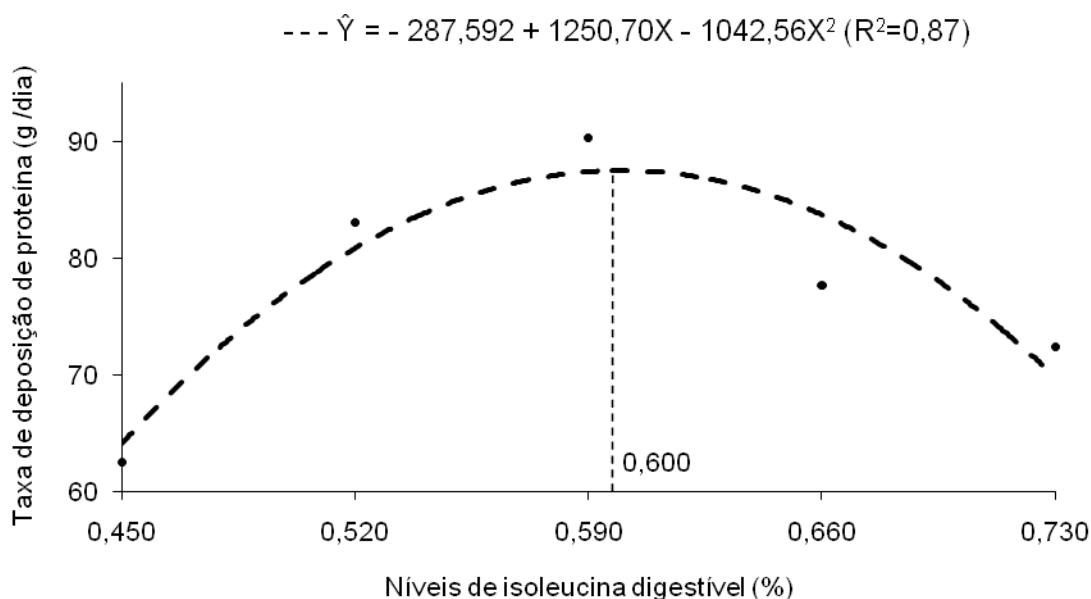


Figura 4. Taxa de deposição de proteína em função dos níveis de isoleucina digestível em rações para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.

Constatou-se que o nível de 0,60% de isoleucina digestível, obtido para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg, foi 5,4% maior que o nível de 0,57% proposto por Rostagno et al. (2011) para suínos machos castrados de desempenho médio, mas semelhante a 0,601% para genótipos com desempenho superior. Os níveis de isoleucina digestível propostos pelo NRC (1998) foram de 0,55% para suínos machos castrados dos 10 aos 20 kg e de 0,45% para suínos machos dos 20 aos 50 kg ambos menores ao obtido no presente trabalho. Entretanto, Henry et al. (1976), ao avaliarem níveis de 0,38 a 0,62% de isoleucina total, para suínos dos 15 aos 50 kg, não observaram efeito sobre as variáveis de desempenho e os parâmetros sanguíneos, e concluíram que o menor nível supriu a exigência desse aminoácido.

Ao avaliarem níveis de 0,60 a 0,88% de isoleucina digestível, para suínos machos castrados, dos 12 aos 22 kg, Fu et al. (2006) também não obtiveram efeito sobre as variáveis de desempenho, concluindo que o nível de 0,60% atendeu às exigências dos animais. Do mesmo modo, Barea et al. (2009), ao avaliarem níveis de isoleucina digestível de 0,50 a 0,58%, para suínos machos e fêmeas, dos 11 aos 23 kg, não observaram efeito sobre as variáveis de desempenho e concluíram que o nível ótimo de isoleucina digestível foi de 0,50%, ou seja, o menor nível avaliado.

O nível de 0,60% de isoleucina digestível, obtido no presente estudo, proporcionou uma relação isoleucina:lisina digestível de 0,60 valor esse 8,33% superior a relação proposta por Rostagno et al. (2011), NRC (1998) e Wiltafsky et al. (2009) cuja as relações

isoleucina:lisina digestível apresentadas foram de 0,55 e 0,54 para suínos machos castrados e fêmeas dos 10 aos 20 kg, e dos 20 aos 50 kg, respectivamente.

A exigência diária de isoleucina digestível foi de 5,86 g/dia, valor esse 17,12% menor que o proposto por Rostagno et al. (2011), de 7,07 g/dia para suínos machos castrados de desempenho médio, e 6,14% maior que o proposto pelo NRC (1998) de 5,50 g/ para suínos machos castrados e fêmeas dos 10 aos 20 kg.

Os resultados obtidos proporcionaram um consumo de 1,76g isoleucina digestível/Mcal de energia metabolizável (EM), sendo esse valor 17,05% maior que o observado por Parr et al. (2003) para suínos machos dos 25 aos 40 kg, correspondente a 1,46g isoleucina digestível/McalEM. De acordo com os autores, à medida que aumenta o peso dos animais, diminui sua exigência de isoleucina digestível/McalEM. Os valores propostos pelo NRC (1998) corroboram essa tese, uma vez que correspondem a 1,68g isoleucina digestível/McalEM, para suínos machos castrados e fêmeas dos 10 aos 20 kg, e a 1,38g isoleucina digestível/McalEM, para suínos machos castrados e fêmeas dos 20 aos 50 kg. No entanto, Kerr et al. (2004a) ao avaliarem níveis de isoleucina digestível para suínos machos dos 7 aos 11 kg, obtiveram um consumo de 2,10g isoleucina digestível/McalEM, valor este superior ao obtido pelo presente estudo.

### **3.4 Conclusões**

O nível de 0,60% de isoleucina digestível é o recomendado para maximizar o desempenho e a taxa de deposição de proteína na carcaça de suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg de peso vivo alimentados com rações com 14,13% de proteína bruta.

A exigência diária de isoleucina digestível é de 5,86 g/dia, proporcionando 1,76g isoleucina digestível/Mcal de energia metabolizável.

### 3.5 Referências

- AFZ, AJINOMOTO EUROLYSINE, AVENTIS ANIMAL NUTRITION, INRA, ITCF. **Digestibilidade ileal estandarizada de aminoácidos em ingredientes para rações de suínos**. 2000. 44p.
- APOLÔNIO, L. D. et al. Digestibilidade ileal de aminoácidos de alimentos utilizados em dietas pré-iniciais para leitões, determinada pelo método do sacrifício. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p. 1983-1992, 2002.
- BAREA, R.; BROSSARD, L.; FLOC'H N. et al. The standardized ileal digestible isoleucine-to-lysine requirement ratio may be less than fifty percent in eleven- to twenty-three-kilogram piglets. **Journal of Animal Science**, v.87, p.4022-4031, 2009.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006, 301p.
- BÜNZEN, S. et al. **Recentes avanços na nutrição de suínos**. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG- Brasil. 2008.
- BIKKER, P. et al. Partitioning of dietary nitrogen between body components and waste in young growing pigs. **Netherlands Journal of Agriculture Science**, v.42, p.37- 45, 1994.
- BOOMGAARDT, J.; BAKER, D. H. Sequence of limiting amino acids in gelatin for the growing chick. **Poultry Science**, Champaing, vol. 51, p. 1650-1655, 1972.
- CAI, Y.; ZIMMERMAN, D.R.; EWAN, R.C. et al. Diurnal variation in concentrations of plasma urea nitrogen and amino acids in pigs given free access to feed or fed twice daily. **Journal of Nutrition**, v.124, p.1088-1093, 1994.
- COSTA et al. Determinação das perdas endógenas e da digestibilidade ileal da proteína e dos aminoácidos em suínos utilizando-se duas técnicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1243-1250, 2008.
- CHEN, H.Y.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S. et al. The effect of excess protein on growth performance and protein metabolism of finishing barrows and gilts. **Journal of Animal Science**, v.77, n.12, p.3238-3247, 1999.
- D'MELLO, J. P. F. **Amino acid in farm animal nutrition**, 2ª ed. CABI, Wallingford. 440 p. 2003.
- FAN, M. Z., SAUER, W. C., LI. S. The additivity of the digestible energy and apparent ileal digestible amino acid supply in barley, wheat and canola meal or soybean meal diets for growing pigs. **Journal Animal Physiology Animal Nutrition**, v.70, p.72-81, 1993.
- FAN, M. Z.; SAUER, W. C. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in barley and canola meal for pigs with the direct, difference, and regression methods. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2364-2374, 1995.
- FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L. et al. Redução da proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para suínos machos castrados dos 15 a 30 kg mantidos em estresse de calor (32oC). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE

- BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.874-876.
- FONTES, D. O.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S. et al. Níveis de lisina para leitões selecionadas geneticamente para deposição de carne magra, dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n.29, v.3, p.784-793, 2000.
- FU, S.X.; GAINES, A.M.; FENT, R.W. et al. True ileal digestible isoleucine requirement and ratio in 12 to 22 kg pigs. **Journal of Animal Science**, v.84 (Suppl.1), p.283. (Abstr.), 2006.
- FRAGA, A. L. et al. Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups Fe Don low crude protein diets. **Brazilian Archives of Biology and Tecnology**, v.51, n.1, p.49-56, 2008.
- GÓMEZ, R. S. et al. Growth performance, diet apparent digestibility and plasma metabolite concentrations of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding levels. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.80, n.3, p.644-653, 2002.
- GRALA, W.; VERSTEGEN, M. W. A.; JANSMAN, A. J. M. et al. Ileal apparent protein and amino acid digestibilities and endogenous nitrogen losses in pigs fed soybean a rapeseed products. **Journal of Animal Science**, v.76, p.557-568, 1998.
- HAHN, J. D.; BAKER, D. H. Optimum ratio of threonine, tryptophan, and sulfur amino acids for finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.73, p.482-489, 1995.
- HANSEN, J. A.; KNABE, D. A.; BURGOON, K. G. Amino acid supplementation of low-protein sorghum – soybean meal diets for 5– to 20– kilogram swine. **Journal of Animal Science**, v.71, p.452-458, 1993.
- HARPER, A. E., BENEVENGA, N. J.; WOHLHUETER, R. M. Effects of ingestion of disproportionate amounts of amino acids. **Physiology Review**. v. 50, p.428. 1970.
- HARPER, A. E.; MILLER, R. H.; BLOCK, K. P. Branchedchain amino acid metabolism. **Annual Review of Nutrition**. v.4, p.409-454, 1984.
- HENRY, Y.; DUE'E, P. H.; RÉRAT, A. Isoleucine requirement of the growing pig and leucine–isoleucine interrelationship. **Journal of Animal Science**, vol. 42, p.357–364. 1976.
- JANSMAN, A. J. M.; SMINK, W.; VAN LEEUWEN, P. et al. Evaluation through literature data of the amount and amino acid composition of basal endogenous crude protein at the terminal ileum of pigs. **Animal Feeding Science Technology**, v.98, p.49-60, 2002.
- JONGBLOED, A. W.; LENIS, N. P. Environmental concerns about animal manure. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2641-2648, 1998.
- KERR, B. J. et al. Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environmental temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. **Journal of Animal Science**. v.81, p. 1998-2007, 2003.

- KERR, B. J.; KIDD, M. T.; CUARON, J. A. et al. Isoleucine requirements and ratios in starting (7 to 11 kg) pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2333-2342, 2004a.
- KIDD, M. T.; HACKENHAR, L. Dietary threonine for broilers: Dietary interactions and feed additive supplement use. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, Wallingford, v.1, n° 005, p. 6, 2006.
- KNOWLES, T. A. et al. Effect of dietary fiber or fat in low-crude protein, crystalline amino acid-supplemented diets for finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2818-2832, 1998.
- LE BELLEGO, L.; NOBLET, J. Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. **Journal of Animal Science**. v.76, p.45-58, 2002.
- LIMA, M. R. de; SILVA, J. H. V. Efeito da relação lisina:arginina digestível sobre o desempenho de poedeiras comerciais no período de postura. **Acta Veterinaria Brasilica**, vol.1, n.4, p.118-124, 2007.
- LORDELO, M. M. et al. Isoleucine and valine supplementation of a low-protein corn-wheat-soybean meal-based diet for piglets: Growth performance and nitrogen balance. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2936-2941, 2008.
- MAVROMICHALIS, I. et al. Limiting order of amino acids in a low-protein corn-soybean meal-based diet for nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2833-2837, 1998.
- MONGIN, P. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.40, p.285-294, 1981.
- MORENO, A. M.; SOBESTYANKY, J.; LOPEZ, A. C. et al. **Colheita e processamento de amostras de sangue em suínos para fins de diagnóstico**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 41), 1997, 30p.
- MOSENTHIN, R.; SAUER, W. C.; BLANK, R. et al. The concept of digestible amino acids in diet formulation for pigs. **Livestock Production Science**, v.64, p.265-280, 2000.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirement of swine**. 10 ed. Washington DC: National Academic Press, 1998. 189p.
- NEWMAN, D. J.; PRICE, C. P. Renal function and nitrogen metabolites. In: BURTIS, C.A. e ASHWOOD, E.R. **Tietz textbook of clinical chemistry**. 3 ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1999. p.1204-1270.
- OLIVEIRA, G. C., MOREIRA, I., FURLAN, A. C. et al. Efeito das dietas de baixo teor de proteína bruta, suplementadas com aminoácidos, para leitões machos castrados (15 a 30 kg). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1747-1757, 2004.
- PACHECO, J. W.; YAMANAKA, H. T. **Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno)**. São Paulo: CETESB, 2006. 98p.
- PARR, T. M., KERR, B. J., BAKER, D. H. Isoleucine requirement of growing (25 to 45 kg) pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.745-752, 2003.

- PEKAS, J. C. Versatile swine in laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.27, n. 5, p.1303-1306, 1968.
- POZZA, P. C.; GOMES, P. C.; DONZELE, J. L. et al. Exigência de treonina digestível para suínos machos castrados dos 15 a 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.560-568, 1999.
- POZZA, P. C.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S. et al. Avaliação da perda endógena de aminoácido; em função de diferentes níveis de fibra para suíno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1354-1361, 2003.
- RAO, D. S.; MCCRACKEN, K. J. Energy:protein interactions in growing boars on high genetic potential for lean growth. Effects on growth, carcass characteristics and organ weights. **Animal Production**, Edingurgh, v.54, n.1, p.75-82, 1992.
- RADEMACHER, M. **Manejo nutricional de suínos na fase de crescimento - terminação: Conceitos básicos e novas idéias**. In: ENCONTRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL,4., São Paulo, 1997. São Paulo: Degussa Feed Additives, 1997. p.1-11.
- ROSTAGNO, H. S., ALBINO, L. F. T., DONZELE, J. L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa, MG: UFV, 2005, 186p.
- 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, MG: UFV, 2011, 252p.
- ROSTAGNO, H. S., FEATHERSTON, W. R. Estudos de métodos para determinação de disponibilidade de aminoácidos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.6, n.1, p.64-75, 1977.
- RUSSELL, L. E.; KERR, B. J.; EASTER, R. A. Limiting amino acids in an 11% crude protein corn-soybean meal diet for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.65, p.1266-1272, 1987.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa-MG: UFV, 2002. 235p.
- SUIDA, D. Formulação por proteína ideal e conseqüências técnicas, econômicas e ambientais. In: I Simpósio Internacional de Nutrição Animal: Proteína ideal, energia líquida e modelagem. Santa Maria, 2007. **Anais...** Santa Maria, 2007.
- STAHLEY, T. Nutrition effects lean growth, carcass composition. **Feedstuffs**, v.65, n.26, p.12, 1993.
- SZABO, C.; JANSMAN, A. J.; BABINSZKY, L. et al. Effect of dietary protein source and lysine:DE ratio on growth performance, meat quality, and body composition of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2857-2865, 2001.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV.CPD. **SAEG – Sistema para análise estatística e genética**. Viçosa, MG:1999. 59p.

- WANG, X.; CASTANON, F.; PARSONS, C. M. Order of limitation in meat and bone meal. **Poultry Science**, Champaing, v. 76, p. 54-58, 1997.
- WANG, X.; PARSONS, C. M. Order of limitation in poultry by-product meal. **British Poultry Science**, London v. 39, p. 113-116, 1998.
- WEBB, K. E. Intestinal absorption of protein hydrolysis products: a review. **Journal of Animal Science**, v.68, n.9, p.3011-3022, 1990.
- WILTAFSKY, M. K.; BARTELT, J.; RELANDEAU, C. et al. Estimation of the optimum ratio of standardized ileal digestible isoleucine to lysine for eight- to twenty-five-kilogram pigs in diets containing spray-dried blood cells or corn gluten feed as a protein source. **Journal of Animal Science**, v.87, p.2554-2564, 2009.
- WU, G, Intestinal mucosa acid catabolism. **Journal of nutrition**, Bethesda, v.128, n.8, p.1249-1252, Ago 1998.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apontou resultados consistentes e em conformidade com outros estudos de mesmo gênero, bem como apontou para algumas dificuldades tais como, baixo consumo da dieta isenta de proteína, passagem de digesta de um segmento para outro do intestino no transcorrer do abate e obtenção de amostras de digesta ileal pouco representativas.

Além disso, o estudo permitiu observar que o tempo previamente determinado entre o consumo das dietas e o sacrifício dos animais é decisivo para o sucesso na coleta de amostras em quantidades satisfatórias. O tempo de armazenamento das amostras de sangue também requer muita atenção, uma vez que podem influenciar sobre maneira nos valores de variáveis, como por exemplo, o nitrogênio na uréia plasmática, bem como na acurácia estatística da variável analisada.

Por outro lado, níveis de 0,450 a 0,730% de isoleucina digestível não influenciaram, o nitrogênio da uréia plasmática, o peso relativo de órgãos e a taxa de gordura de suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.

O nível de 0,60% de isoleucina digestível é o recomendado para maximizar o desempenho e a taxa de deposição de proteína na carcaça de suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg de peso vivo alimentados com rações com 14,13% de proteína bruta.

A exigência diária de isoleucina digestível é de 5,86 g/dia, proporcionando 1,76g isoleucina digestível/Mcal de energia metabolizável.