

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

LEANDRO DALCIN CASTILHA

NÍVEIS DE ISOLEUCINA DIGESTÍVEL SOBRE O DESEMPENHO DE FÊMEAS
SUÍNAS 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

LEANDRO DALCIN CASTILHA

NÍVEIS DE ISOLEUCINA DIGESTÍVEL SOBRE O DESEMPENHO DE FÊMEAS
SUÍNAS 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

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

C352n	Castilha, Leandro Dalcin Níveis de isoleucina digestível sobre o desempenho de fêmeas suínas dos 15 aos 30 Kg / Leandro Dalcin Castilha. - Marechal Cândido Rondon, 2011. 52 p. Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2011. 1. Suinocultura. 2. Suínos - Exigências nutricionais. 3. Aminoácidos de cadeia ramificada. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título. CDD 22.ed. 636.4 636.40852 CIP-NBR 12899
-------	--

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

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

LEANDRO DALCIN CASTILHA

NÍVEIS DE ISOLEUCINA DIGESTÍVEL SOBRE O DESEMPENHO DE
FÊMEAS SUÍNAS DOS 15 AOS 30 Kg

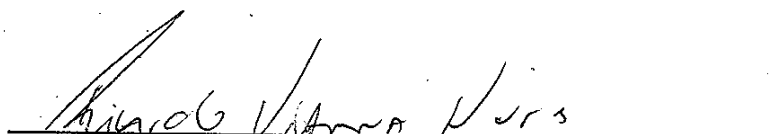
Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Zootecnia, Área de Concentração "Produção e Nutrição Animal", para a obtenção do título de "Mestre em Zootecnia".

Marechal Cândido Rondon, 21 de fevereiro de 2011.

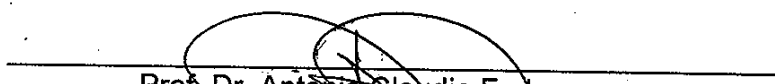
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza
Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes
Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan
Universidade Estadual de Maringá

À minha noiva, Clariane Leila Dallazen...

... Presença, Paciência, Paixão...

...Dedico.

AGRADECIMENTO

A Deus, cuja presença em minha vida foi primordial para vencer mais esta etapa.

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

Ao professor Paulo Cesar Pozza, pela paciência, pelas valorosas orientações, pelo conhecimento repassado, pelo caráter e pela amizade consolidada desde a graduação e ao longo do Curso de Pós-Graduação.

Aos professores Ricardo Vianna Nunes, Patrícia Barcellos Costa e Magali Soares dos Santos Pozza, pela co-orientação e pelos ensinamentos repassados durante este trabalho.

Aos amigos, Douglas Batista Lazzeri, Clauber Polese e Cristian Jonas Lüpke, pela força, pela amizade sincera e pela lealdade.

Aos colegas, Edson Richart, Marcelo Luis Somensi, Marcelo Eduardo Neumman e Rafael Nilton Pelizzeri, pela colaboração.

Aos meus pais, José e Neiva, pelo incentivo na conclusão de mais uma etapa.

Ao meu irmão, Eduardo, pelo apoio e pela torcida.

Ao meu irmão, Fabrício, pela colaboração nos experimentos.

À minha irmã, Luara, pelos momentos de alegria e descontração.

BIOGRAFIA

LEANDRO DALCIN CASTILHA, filho de José Sampaio de Castilha e Neiva Dalcin de Castilha, nasceu em Ariquemes-RO, em 06 de outubro de 1986.

Em março de 2004, iniciou o Curso de Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, no *campus* de Marechal Cândido Rondon-PR, e em fevereiro de 2005, iniciou o Curso de Graduação em Letras, Português-Inglês, na mesma instituição e *campus*.

Em dezembro de 2008, cumpriu as exigências para obtenção dos títulos de “Zootecnista” e “Licenciado em Letras – Português/Inglês”.

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

RESUMO

CASTILHA, LEANDRO DALCIN. Mestrado em Zootecnia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2011. **Níveis de isoleucina digestível sobre o desempenho de fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg.** Orientador: Dr. Paulo Cesar Pozza.

Com o objetivo de determinar a exigência de isoleucina digestível para fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg, foram realizados dois experimentos, um ensaio de desempenho e um balanço do nitrogênio. No primeiro experimento, foram utilizadas 40 fêmeas suínas, mestiças, de alto potencial genético e desempenho médio, com peso vivo inicial de $15,00 \pm 0,52$ kg, distribuídas em um delineamento experimental de blocos ao acaso, constituído de cinco tratamentos (0,45; 0,52; 0,59; 0,66; 0,73% de isoleucina digestível), quatro repetições e dois animais por unidade experimental. No início e no final do experimento, foi realizada a coleta de sangue de um animal por unidade experimental, para determinação da ureia do plasma. Ao final do experimento, o segundo animal de cada unidade experimental foi abatido, para a determinação da composição de carcaça e peso de órgãos. No segundo experimento, foram utilizados 20 suínos, mestiços, machos castrados, com peso vivo inicial de $22,26 \pm 1,79$ kg, distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo, em um delineamento experimental de blocos ao acaso, constituído de cinco tratamentos (0,45; 0,52; 0,59; 0,66; 0,73% de isoleucina digestível) e quatro repetições. No primeiro experimento, houve efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de isoleucina digestível sobre o consumo diário de ração, com estimativas de melhor consumo para o nível de 0,704%. Obteve-se efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de isoleucina digestível sobre a eficiência de utilização de isoleucina para ganho de peso, com aumento até o nível 0,506%. No segundo experimento, foi observada diferença linear ($P < 0,05$) apenas para o nitrogênio ingerido ($\text{g/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$), em que o modelo linear apresentou aumento nos valores de N ingerido à medida que aumentaram os níveis de isoleucina digestível nas rações. O nível de 0,506% de isoleucina digestível, para fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg, proporcionou a melhor eficiência de utilização de isoleucina para ganho de peso, conferindo uma relação isoleucina:lisina digestível de 0,51. A exigência diária de isoleucina digestível foi de 4,94 g/dia, proporcionando 1,56g de isoleucina digestível/Mcal de energia metabolizável.

Palavras-chave: exigências nutricionais, aminoácidos de cadeia ramificada, balanço de nitrogênio, composição de carcaça, parâmetros sanguíneos.

ABSTRACT

CASTILHA, LEANDRO DALCIN. Master Course in Animal Science. Paraná West State University, 2011, February. **Levels of digestible isoleucine on performance of female swines from 15 to 30 kg.** Adviser: Dr. Paulo Cesar Pozza.

Aiming to determine the digestible isoleucine requirement for female swines from 15 to 30 kg, two experiments were conducted, a performance one and a nitrogen balance. In the first experiment, 40 crossbred female swines of high genetic potential and average performance were used, with 15.00 ± 0.52 kg initial weight, distributed in a randomized blocks design, consisting of five treatments (0.45, 0.52, 0.59, 0.66, 0.73% digestible isoleucine), four replicates and two animals. At the beginning and the end of the performance experiment one animal per experimental unit was bled for determination of plasma urea. At the end of the experiment, the second animal of each experimental unit was slaughtered to determine carcass composition and organ weights. In the second experiment, 20 castrated crossbred pigs were used, averaging 22.26 ± 1.79 kg of initial weight, distributed individually in metabolism cages in a randomized blocks design, consisting of five treatments (0.45, 0.52, 0.59, 0.66, 0.73% digestible isoleucine) and four replications. In the first experiment, there was quadratic effect ($P < 0.05$) of digestible isoleucine levels over the daily feed intake, with estimation of best feed intake at level 0.704%. There was quadratic effect ($P < 0.05$) of digestible isoleucine levels over efficiency of isoleucine utilization for weight gain, with increase until 0.506% of digestible isoleucine. In the second experiment, only N intake ($\text{g/kg BW}^{0.75}/\text{day}$) was influenced ($P < 0.05$) by digestible isoleucine levels, with linear increase on N intake values as digestible isoleucine levels were increased in the rations. The level of 0.506% digestible isoleucine, for female swines from 15 to 30 kg, provided the best efficiency of isoleucine utilization for weight gain, which digestible isoleucine:lysine relation was 0.51. The daily requirement of digestible isoleucine was 4.94 g/day, providing 1.56g of digestible isoleucine/Mcal of metabolizable energy.

Keywords: nutritional requirements, branched chain amino acids, nitrogen balance, carcass composition, blood parameters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura química da isoleucina	18
Figura 2. Consumo diário de ração em função dos níveis de isoleucina digestível em rações para fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg	38
Figura 3. Eficiência de utilização de isoleucina para ganho de peso em função dos níveis de isoleucina digestível em rações para fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg	40
Figura 4. Nitrogênio ingerido em função dos níveis de isoleucina digestível em rações para suínos machos castrados na fase inicial	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição centesimal, química e energética das rações experimentais contendo diferentes níveis de isoleucina digestível para fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg	32
Tabela 2. Desempenho de fêmeas suínas, dos 15 aos 30 kg de PV, arraçadas com diferentes níveis de isoleucina digestível	37
Tabela 3. Consumo diário de nitrogênio e aminoácidos e eficiência de utilização para ganho de peso em fêmeas suínas, dos 15 aos 30 kg de PV, arraçadas com diferentes níveis de isoleucina digestível	40
Tabela 4. Características de carcaça de fêmeas suínas, dos 15 aos 30 kg de PV, arraçadas com diferentes níveis de isoleucina digestível	41
Tabela 5. Peso relativo de órgãos de fêmeas suínas, dos 15 aos 30 kg de PV, arraçadas com diferentes níveis de isoleucina digestível	42
Tabela 6. Efeito dos níveis de isoleucina digestível sobre o balanço de nitrogênio em suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg	44
Tabela 7. Metabolismo da proteína em suínos machos castrados, dos 15 aos 30 kg, arraçados com diferentes níveis de isoleucina digestível	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 Revisão de Literatura	13
2.1 Proteína ideal e nutrição aminoacídica para suínos	13
2.2 Redução de proteína bruta em rações para suínos	15
2.3 Importância da isoleucina em rações para suínos	18
2.4 Exigência de isoleucina para suínos	19
2.5 Referências	22
3 NÍVEIS DE ISOLEUCINA DIGESTÍVEL SOBRE O DESEMPENHO DE FÊMEAS SUÍNAS DOS 15 AOS 30 KG	28
RESUMO	28
ABSTRACT	29
3.1 Introdução	30
3.2 Material e métodos	31
3.2.1 Níveis de isoleucina digestível sobre o desempenho e qualidade da carcaça de fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg	31
3.2.2 Balanço de nitrogênio em suínos na fase inicial submetidos a rações com diferentes níveis de isoleucina digestível	35
3.3 Resultados e discussão	37
3.3.1 Níveis de isoleucina digestível sobre o desempenho e qualidade da carcaça de fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg	37
3.3.2 Balanço de nitrogênio em suínos na fase inicial submetidos a rações com diferentes níveis de isoleucina digestível	43
3.4 Conclusões	47
3.5 Referências	48
CONSIDERAÇÕES FINAIS	52

1 INTRODUÇÃO

Na produção de suínos, o conhecimento das exigências nutricionais dos animais é fundamental, pois permite fornecer aos animais quantidades adequadas de nutrientes, por meio de rações balanceadas, que atendam, principalmente, seus requerimentos em energia, proteína, aminoácidos, vitaminas e minerais. Visando melhorar a eficiência de utilização dos nutrientes, minimizar os custos de produção e reduzir a poluição ambiental, nos últimos anos, inúmeras pesquisas tem abordado a nutrição protéica de suínos.

Nesse contexto, o principal conceito utilizado é o da proteína ideal, segundo o qual é necessário fornecer aos animais o balanço exato de aminoácidos, sem deficiências ou excessos, com o objetivo de satisfazer as exigências de manutenção e ganho máximo de proteína corporal (EMMERT; BAKER, 1997). A principal vantagem na utilização do conceito de proteína ideal é que esta pode ser facilmente adaptada a uma variedade de situações, mantendo assim a proporção ideal dos aminoácidos com a lisina (aminoácido referência), permitindo principalmente a redução do nível protéico das rações. É uma alternativa para diminuir o excesso de nitrogênio presente nas dietas, de modo a viabilizar a nutrição animal, e reduzir a excreção de nitrogênio para o ambiente (BERTECHINI, 2006).

Com a disponibilidade de aminoácidos sintéticos, as rações podem ser formuladas com níveis destes nutrientes mais próximos das necessidades dos animais. Assim, o melhor conhecimento dos requerimentos nutricionais dos aminoácidos individuais 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 (SUIDA, 2007).

A inclusão racional de aminoácidos corrobora os relatos de que a redução do nível de proteína bruta e a suplementação de aminoácidos sintéticos, mantendo-se a relação aminoacídica de uma dieta (proteína ideal), podem reduzir a emissão de nitrogênio nos dejetos sem prejudicar o desempenho dos animais (DE LA LLATA et al. 2002).

Entre os aminoácidos essenciais, a lisina, treonina, metionina e o triptofano são considerados aminoácidos-chave (HAHN; BAKER, 1995) e, segundo Fraga (2008), na formulação de rações, o modelo de proteína ideal geralmente é aplicado apenas aos aminoácidos mais limitantes. A lisina é o primeiro aminoácido limitante em dietas convencionais para suínos. A treonina é, normalmente, o segundo aminoácido limitante, podendo ser o primeiro, quando a ração for suplementada com lisina sintética.

De acordo com Ribeiro et al. (2006), a suplementação de aminoácidos às rações de suínos com baixos níveis de proteína tem o propósito de reduzir os excessos de aminoácidos que ocorrem em dietas práticas, sem, entretanto, reduzir o desempenho produtivo dos animais.

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 deve ser um aminoácido limitante em dietas com redução de proteína bruta, à base de milho e farelo de soja, para suínos com alto potencial genético para deposição de proteína. 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.

A exigência de aminoácidos para suínos em crescimento e terminação é dividida em exigência de manutenção e de crescimento, entretanto, a taxa de deposição de proteína sofre uma redução linear conforme aumenta o peso vivo. Suínos dos 10 aos 30 kg apresentam deposição protéica média de 170g / kg PV, enquanto suínos dos 100 aos 120 kg apresentam deposição de 145g / kg PV. Contudo, a deposição de gordura aumenta linearmente de acordo com o aumento do PV dos animais, uma vez que suínos dos 10 aos 30 kg apresentam deposição de gordura de 190 g / kg PV, enquanto que suínos dos 100 aos 120 kg apresentam deposição média de 420 g de gordura / kg PV (GFE, 2008).

Devido a essas alterações, as exigências de aminoácidos devem ser determinadas separadamente, para leitões desmamados, suínos em crescimento e terminação. Embora haja trabalhos recentes sobre as exigências de isoleucina para suínos (PARR et al., 2004; KERR et al., 2004a; DEAN et al., 2005; WILTAFSKY et al., 2009, BAREA et al., 2009), ainda há poucas informações disponíveis na literatura científica sobre as exigências de isoleucina digestível para fêmeas suínas, dos 15 aos 30 kg. Muitos dados experimentais sobre a determinação das exigências de isoleucina para suínos são antigos, o que dificulta a comparação, pois não há valores expressos em relação à energia metabolizável ou com base na digestibilidade dos aminoácidos, além de se observar níveis de proteína bruta diferentes dos praticados atualmente.

2 Revisão de Literatura

2.1 Proteína ideal e nutrição aminoacídica para suínos

O desenvolvimento da nutrição animal, mediante melhor conhecimento do metabolismo protéico, melhor avaliação nutricional dos ingredientes e produção de aminoácidos industriais, possibilitou a otimização de dietas animais visando atender os requerimentos nutricionais em proteína e aminoácidos, com o menor custo e o menor impacto da poluição ambiental gerada (SUIDA, 2001).

Segundo Suida (2007), os custos com alimentação representam cerca de 75% do custo total de produção e as fontes protéicas participam com aproximadamente 25% deste custo. Além disso, muitas formulações atuais de rações estão baseadas no conceito de proteína bruta, prejudicando o retorno econômico da atividade, pois o conteúdo aminoacídico da dieta é super ou subestimado, não permitindo que o animal expresse todo o seu potencial produtivo.

Nesse contexto, desde meados de 1960, os nutricionistas empenharam-se em determinar as exigências nutricionais dos animais, com vistas, principalmente, às necessidades de proteína dietética. A partir daí, estabeleceu-se o conceito de proteína ideal, definido primeiramente por Mitchel (1964) como uma mistura de aminoácidos ou proteína com disponibilidade total na digestão e metabolismo, e cuja composição seria idêntica às exigências do animal para manutenção e crescimento. Esse conceito foi primeiramente desenvolvido para a nutrição de suínos, vindo o American Research Council - ARC propor o uso da proteína ideal a partir de 1981.

Posteriormente, Parsons; Baker (1994) relataram que, para ser ideal, a combinação de proteínas de uma dieta deve apresentar os 20 aminoácidos conhecidos em níveis exatamente requeridos para atender às exigências de manutenção e máxima deposição de proteína corporal, sem excesso de aminoácidos. Portanto, o conceito de proteína ideal estabelece que cada aminoácido é igualmente limitante e a excreção de nitrogênio pelo animal é minimizada (VAN HEUGTEN; VAN KEMPEM, 1999).

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).

O conceito de proteína ideal, proposto para o uso na nutrição animal, estabelece que todos os aminoácidos essenciais sejam expressos como proporções ideais ou percentagens de um aminoácido-referência. Isto significa que as exigências de todos os aminoácidos podem

ser prontamente estimadas a partir da determinação da exigência do aminoácido-referência. Atualmente, o aminoácido utilizado como referência é a lisina (ARC, 1981; PARSONS; BAKER, 1994; CUARÓN, 2000). Por esse conceito, deve-se prever a relação entre os aminoácidos essenciais digestíveis e a lisina digestível, considerada padrão (100), por ser utilizada basicamente para a síntese protéica, principal componente do tecido magro de suínos.

Segundo Baker; Han (1994), a lisina é utilizada como aminoácido-referência por três razões principais:

- 1) sua análise nos alimentos é relativamente simples, diferente do triptofano e dos aminoácidos sulfurados;
- 2) há uma grande quantidade de dados existentes sobre a digestibilidade da lisina para suínos;
- 3) diferente de vários aminoácidos (metionina, cistina e triptofano), a absorção da lisina é utilizada principalmente para acréscimo de proteína corporal.

Caldara et al. (2001) reiteraram que a principal vantagem da aplicação do conceito da proteína ideal é que a relação entre os aminoácidos permanece idêntica, independente do potencial genético dos animais, ainda que as exigências sejam diferentes, conforme sexo, idade e capacidade em depositar tecido magro.

Uma grande contribuição para a evolução da nutrição protéica de suínos foi a disponibilização dos aminoácidos sintéticos. A disponibilidade econômica dos aminoácidos industriais (lisina, metionina, treonina, triptofano, valina e isoleucina) para suínos, assim como a melhor avaliação dos ingredientes e dos requerimentos nutricionais, permitem aos nutricionistas formularem rações com menores níveis protéicos e, por ser a proteína o nutriente mais caro da ração, a redução protéica é uma das vias de possível melhoria dos custos de produção (MOURA, 2004).

Entre os aminoácidos essenciais, a lisina, treonina, metionina e o triptofano são considerados como aminoácidos-chave (HAHN; BAKER, 1995) e, segundo Fraga (2008), na formulação de dietas, o modelo de proteína ideal geralmente é aplicado apenas aos aminoácidos mais limitantes nos ingredientes das rações. A lisina é o primeiro aminoácido limitante em dietas convencionais para suínos. A treonina é, normalmente, o segundo aminoácido limitante, podendo ser o primeiro, quando a ração for suplementada com lisina sintética (RIBEIRO et al., 2006). 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).

Ainda assim, a diminuição do nível de PB da ração implica na necessidade de medidas que possam reduzir ou eliminar os problemas gerados, não comprometendo o desempenho dos animais (SUIDA, 2007). Dessa forma, uma das possíveis soluções seria a utilização de níveis mais baixos de proteína bruta, atendendo juntamente às exigências nutricionais mínimas (com a suplementação de aminoácidos sintéticos na forma cristalina), maximizando de modo geral a utilização das proteínas e atendendo às exigências dos animais pela manutenção dos padrões de produção, obtidos em rações com níveis mais elevados de proteína bruta (SILVA, 1998). No entanto, há algumas interações animal/alimento que não podem ser ignoradas, pois influem na disponibilidade dos nutrientes.

Os suínos têm uma exigência diária de aminoácidos para manutenção e síntese de proteínas teciduais. Os aminoácidos são utilizados pelos suínos e a necessidade de substituição constitui as exigências de manutenção (MOUGHAN, 1994), e a exigência para deposição tecidual é diretamente associada com a capacidade de síntese de proteína do animal (NRC, 1998). A quantidade de aminoácidos que é fornecida acima das necessidades não pode ser armazenada no corpo e, assim, todo o excesso é catabolizado. O catabolismo envolve a remoção e excreção do grupo amino e o uso do esqueleto carbônico na gliconeogênese, lipogênese ou, ainda, sua oxidação até gás carbônico e água (LARBIER; LECLERCQ, 1994).

De acordo com Wang; Fuller (1989), em suínos, a relação de aminoácidos essenciais e aminoácidos não essenciais deve estar em torno de 50/55-45. Outros nutrientes a serem sempre verificados, ao reduzir a proteína da dieta, são a colina e os minerais que influenciam no balanço eletrolítico (K, Na, Cl).

2.2 Redução de proteína bruta em rações para suínos

Durante muitos anos, a formulação de rações para suínos foi baseada no conceito de proteína bruta, que na maioria das vezes fazia com que as dietas tivessem níveis de aminoácidos desbalanceados, resultando em excesso de vários desses nutrientes, ocasionando sua desaminação, ficando o nitrogênio resultante disponível para a síntese de outros compostos ou simplesmente excretado, enquanto a cadeia carbônica era predominantemente utilizada como fonte de energia (NONES, 2002).

Com a disponibilidade de aminoácidos sintéticos, as rações passaram a ser formuladas com níveis desses nutrientes mais próximos das necessidades dos animais, atendendo ao

conceito de proteína ideal. Dessa forma, a exigência de proteína total foi reduzida, devido à melhor eficiência de utilização dos aminoácidos, diminuindo a excreção de nitrogênio e o impacto negativo dos dejetos de suínos sobre o meio ambiente (RADEMACHER, 1997).

Assim, a suplementação de aminoácidos às rações com baixos níveis de proteína para suínos tem apresentado, entre outros, o propósito de reduzir os excessos de aminoácidos que ocorrem em dietas práticas sem, entretanto, reduzir o desempenho produtivo dos animais (DE LA LLATA et al., 2002).

De acordo com Kerr; Easter (1995), para cada 1% de redução da proteína da ração diminui em 8% o nitrogênio excretado nos dejetos. Ford (2003) mostrou que a utilização de quatro aminoácidos sintéticos (lisina, metionina, treonina e triptofano) levou à redução de 40% de excreção de nitrogênio nas fezes e urina, melhorando o aspecto sanitário das instalações e as condições de trabalho para os funcionários das granjas.

Em um estudo com suínos em fase de crescimento, reduzindo o nível de proteína de 16,60 para 13,00%, com suplementação adequada dos aminoácidos limitantes, Tuitoeck et al. (1997) não verificaram efeito nas taxas de crescimento, no consumo de ração e na eficiência alimentar dos animais.

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

Avaliando a suplementação de aminoácidos em dietas com baixo teor de proteína bruta, para leitões machos castrados dos 15 aos 30 kg, Oliveira et al. (2004) concluíram que dietas com baixo teor de proteína bruta, com suplementação de aminoácidos sintéticos, formuladas com base no conceito de proteína ideal, não prejudicaram o desempenho dos animais e as variáveis econômicas e, ainda, proporcionaram redução da excreção de nitrogênio.

Por outro lado, Hansen et al. (1993), utilizando suínos dos 20 aos 50 kg, observaram que rações com 12,00% de PB, mesmo suplementadas com aminoácidos, proporcionaram resultados de desempenho inferiores em relação a rações com 16,00% de PB. Esses autores concluíram que a redução do nível de PB deve ser realizada até dois pontos percentuais, para não comprometer o desempenho dos animais.

Ao avaliar dietas com redução de proteína bruta para leitões na fase inicial, Zangeronimo et al. (2006) observaram uma redução na incidência de diarreia. Resultados

semelhantes foram encontrados por Ferreira et al. (2006) ao avaliarem o desempenho reprodutivo de porcas primíparas e multíparas.

De modo semelhante, Ferreira et al. (2005), trabalhando com suínos machos castrados, na fase de crescimento (30 aos 60 kg de peso vivo), obtiveram uma melhora nos parâmetros de desempenho ao reduzirem o nível de proteína bruta nas rações até o limite de 13%.

Ainda assim, a redução do nível de PB nas rações deve vir acompanhada da suplementação aminoacídica. De acordo com Figueroa et al. (2002), a adição de lisina, metionina, treonina e triptofano nas rações pode proporcionar uma redução de até quatro unidades percentuais de proteína bruta, ou ainda, até cinco unidades percentuais se adicionados também a valina e a isoleucina, sem prejuízos ao desempenho.

Entretanto, Gómez et al. (2002) avaliaram rações à base de milho e farelo de soja, suplementadas com os quatro principais aminoácidos limitantes, reduzindo o nível de PB em quatro unidades percentuais, e observaram piora no ganho de peso e na eficiência alimentar de suínos em terminação.

A redução da proteína dietética, com a respectiva suplementação de aminoácidos sintéticos, pode reduzir o impacto ambiental, e as quantidades adicionais de cloro (Cl) fornecidas pela lisina-HCl podem exercer efeito mínimo sobre o equilíbrio ácido-base e sobre o desempenho dos animais. Porém, quando além da lisina outros aminoácidos como a treonina e o triptofano são adicionados em grandes quantidades às rações, eles podem propiciar dietas acidogênicas, com efeitos negativos sobre o desempenho (PATIENCE, 1990). Nesse caso, a correção do equilíbrio ácido-base torna-se imprescindível para garantir a produtividade dos animais.

Pesquisas realizadas por Rerát; Corring (1991), Wu (1998) e Webb (2003) demonstraram que durante a digestão da proteína é fundamental o tempo de ação enzimática na luz intestinal e que, com o excesso de aminoácidos disponíveis para absorção, estes podem competir entre si pelos locais de absorção presentes nos enterócitos ou pelos locais de síntese protéica, pois são absorvidos mais rapidamente.

Segundo Suida (2001), para iniciar a redução do nível mínimo protéico deve-se revisar as matrizes nutricionais dos ingredientes disponíveis e os requerimentos de suínos para cada fase produtiva. Além disso, deve-se introduzir os requerimentos em aminoácidos essenciais, avançando gradativamente e checando os resultados obtidos.

Desse modo, conforme Figueroa et al. (2000), deve haver muito cuidado quando se pretende reduzir o teor de PB de rações para suínos, uma vez que se faz necessário introduzir

aminoácidos sintéticos à dieta, além de atentar para o balanço eletrolítico e a excreção de nitrogênio fecal e urinário.

2.3 Importância da isoleucina em rações para suínos

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

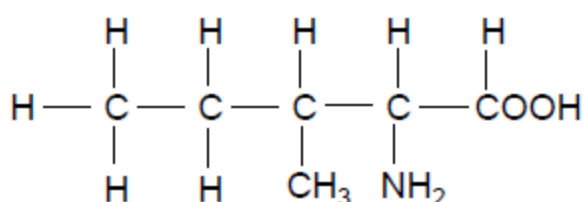


Figura 1. Estrutura química da isoleucina

Diversos ingredientes tais como a gelatina, a farinha de carne e ossos, a farinha de sangue e a farinha de subprodutos avícolas possuem baixos níveis de isoleucina (BOOMGAARDT; BAKER, 1972; WANG et al., 1997; WANG; PARSONS, 1998). Em todos esses 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.

Subprodutos do sangue são comuns em rações para determinadas espécies, não somente pela alta qualidade protéica, mas também devido à biodisponibilidade dos aminoácidos presentes (HINSON et al., 2007). Recentemente, efeitos positivos da inclusão de subprodutos do sangue tem sido obtidos em trabalhos conduzidos com suínos (DEROUCHEY et al., 2002). O plasma sanguíneo spray-dried apresenta um padrão aminoacídico estável, alta digestibilidade e grande quantidade de PB (NRC, 1998).

Contudo, altas inclusões de plasma sanguíneo spray-dried (4 a 5%) podem influenciar negativamente o crescimento dos animais, pois esse alimento apresenta grande quantidade de leucina e valina, o que torna a isoleucina um aminoácido limitante (KERR et al., 2004b ; HINSON et al., 2007).

A quantidade de isoleucina em grãos de cereais (milho, sorgo e trigo) e farelo de soja, quando misturados à dieta de suínos, indica que pode ser um aminoácido potencialmente limitante, ocupando o sexto lugar entre os limitantes, calculados com base na lisina, sendo, entretanto, juntamente com a valina, um dos mais limitantes quando há redução acentuada na proteína bruta da dieta (LIU et al., 2000a).

Em rações à base de milho e farelo de soja, com 11% de PB, suplementadas com lisina, triptofano, treonina e metionina, para suínos em crescimento, a valina foi o quinto aminoácido limitante, seguida da isoleucina e da histidina, que foram igualmente o sexto aminoácido limitante (FIGUEROA et al., 2003).

Em experimento realizado por Brudevold; Southern (1994), para suínos dos 10 aos 20 kg, a histidina, a isoleucina, o triptofano e a valina foram igualmente limitantes após a lisina, a metionina e a treonina, em rações com 12% de PB, à base de sorgo e farelo de soja. Da mesma forma, Mavromichalis et al. (1998), ao avaliarem dietas com 13,5% de PB para suínos com o mesmo peso vivo, observaram que a treonina, a metionina, a valina e a isoleucina foram igualmente limitantes após a lisina e o triptofano, em rações à base de milho, farelo de soja e soro de leite-em-pó.

Liu et al. (2000a, b) sugeriram que a isoleucina deve ser um aminoácido limitante em rações com redução de proteína bruta, à base de milho e farelo de soja, para suínos com alto potencial genético para deposição de proteína.

2.4 Exigência de isoleucina para suínos

Embora haja poucos dados na literatura, sobre as exigências de isoleucina para fêmeas suínas na fase inicial, diversos estudos sobre esse aminoácido para suínos já foram realizados, sendo o trabalho de Brinegar et al. (1950) um dos primeiros. Ao trabalhar com níveis de 0,23 a 0,93% de isoleucina total, em rações sem redução de proteína bruta (20%PB), para suínos dos 18 aos 35 kg de peso vivo, os autores obtiveram a exigência de 0,70% de isoleucina total, com base nas variáveis ganho de peso diário e eficiência alimentar.

Posteriormente, Becker et al. (1963) avaliaram níveis de isoleucina total, variando de 0,41 a 1,01%, em rações sem redução de proteína bruta (20%PB), para suínos dos 5 aos 12 kg, e observaram uma exigência de 0,76% de isoleucina total, com base nas variáveis ganho de peso diário e eficiência alimentar.

De modo semelhante, Bravo et al. (1970) e Oestemer et al. (1973) detectaram efeito dos níveis de isoleucina total sobre o ganho de peso diário, a eficiência alimentar e a

isoleucina plasmática. Ao trabalhar com suínos dos 20 aos 45 kg, Bravo et al (1970) obtiveram a exigência de 0,32% de isoleucina total, enquanto que, Oestemer et al. (1973) concluíram que a exigência foi de 0,38%, para suínos dos 6 aos 18kg.

Entretanto, Henry et al. (1976), avaliando 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, concluindo que o menor nível supriu a exigência desse aminoácido.

Embora o ganho de peso diário e a eficiência alimentar tenham sido decisivos nos primeiros estudos sobre exigências de isoleucina para suínos, Taylor et al. (1985) avaliaram o efeito de níveis de isoleucina total sobre a espessura de toucinho. Os autores obtiveram um nível ótimo de 0,45% de isoleucina total, para suínos machos castrados dos 25 aos 55 kg, com base na espessura de toucinho e parâmetros sanguíneos, além do ganho de peso diário e eficiência alimentar.

Ao trabalhar com suínos machos castrados, dos 18 aos 40 kg, Lenis; Van Diepen (1997) observaram uma exigência de 0,51%, com base nas variáveis de desempenho.

Em estudo realizado sobre a exigência de isoleucina digestível para suínos dos 6 aos 9 kg, James et al. (2000) concluíram que a exigência foi de 0,69%, cuja relação isoleucina:lisina digestível foi de 55%, com base nas variáveis consumo diário de ração, ganho de peso diário, eficiência alimentar, nitrogênio da ureia plasmática e isoleucina plasmática.

Posteriormente, as exigências de isoleucina para suínos passaram a ser expressas em isoleucina digestível, de modo que Parr et al. (2003), ao avaliarem níveis de isoleucina digestível para suínos dos 25 aos 45 kg, obtiveram uma exigência de 0,50%, com base nas variáveis de desempenho e parâmetros sanguíneos. Além disso, os autores obtiveram um maior valor em relação à estimativa fatorial (NRC, 1998). Baseados no máximo ganho de peso, e na concentração de uréia plasmática, os autores relataram que a exigência de isoleucina digestível verdadeira, para suínos em crescimento, é de 1,46g/Mcal de energia metabolizável, que se mostrou superior ao valor de 1,38g/Mcal de energia metabolizável proposto pelo NRC (1998).

As exigências de isoleucina propostas pelo NRC (1998) são baseadas em relações ideais de aminoácidos (WANG; FULLER, 1989; CHUNG; BAKER, 1992; BAKER, 1997), mas existem poucos dados na literatura mostrando a exigência atual de isoleucina digestível verdadeira para suínos dos 15 aos 30 kg de peso vivo.

Ao avaliarem níveis de isoleucina digestível para suínos machos castrados, na fase inicial (7-11 kg), Kerr et al. (2004a) determinaram uma exigência de 0,64%, com base nas variáveis de desempenho e parâmetros sanguíneos. Entretanto, Fu et al. (2006), ao avaliarem

níveis de 0,60 a 0,88% de isoleucina digestível, para suínos machos castrados, dos 12 aos 22 kg, não observaram efeito sobre as variáveis de desempenho, concluindo que o nível de 0,60% atendeu às exigências dos animais.

Ao avaliarem níveis de isoleucina digestível para suínos na fase de terminação (87-100kg), Parr et al. (2004) obtiveram uma exigência de 0,30%, concluindo que há uma relação inversa entre a idade dos suínos e sua exigência de isoleucina digestível.

De modo semelhante, Dean et al. (2005) concluíram que a exigência foi de 0,34% de isoleucina digestível, para suínos dos 80 aos 120 kg, com base nas variáveis de desempenho e parâmetros sanguíneos, o que corrobora os relatos supracitados de Parr et al. (2004).

Buscando avaliar o efeito dos níveis de isoleucina digestível sobre o metabolismo do nitrogênio, Lordelo et al. (2008) forneceram dietas contendo 0,595 a 0,825% de Ile Dig, para suínos dos 5 aos 20 kg, e obtiveram efeito sobre o nitrogênio retido, concluindo que a exigência foi de 0,63%.

Wiltafsky et al. (2009), ao avaliar níveis de isoleucina digestível (Ile Dig) de 0,360 a 0,720% para suínos machos mestiços, dos 8 aos 25 kg de PV, com e sem leucina suplementar, sugeriram um nível ótimo de 0,540% de Ile Dig, com base nas variáveis de desempenho, para uma ração balanceada. Entretanto, os autores obtiveram um nível ótimo de 0,590% de Ile Dig, para uma ração com excesso de leucina, o que pode ter ocorrido devido ao desequilíbrio entre os aminoácidos leucina e isoleucina, uma vez que ambos possuem estrutura química semelhante, competindo pela absorção intestinal e elevando a exigência de um quando o outro está em excesso.

Ao avaliarem níveis de Ile Dig de 0,500 a 0,580%, para suínos machos e fêmeas, dos 11 aos 23 kg, Barea et al. (2009) não observaram efeito sobre as variáveis de desempenho e concluíram que o nível ótimo de Ile Dig é de 0,500%, o menor nível avaliado. Entretanto, os autores relataram que a exigência de Ile Dig pode ser ainda menor, para leitões na fase inicial, alimentados com rações à base de milho e farelo de soja.

Para evitar problemas de desempenho, quando dietas com teor reduzido de PB são fornecidas, as necessidades nutricionais dos animais devem ser conhecidas. É necessário estimar as exigências de aminoácidos para categorias de peso, sexo e idade específicos, pois as exigências são diferentes (WILTAFSKY et al., 2009).

2.5 Referências

- AMERICAN RESEARCH COUNCIL – ARC. **The Nutrient Requirements of Pigs**. Commonwealth Agricultural Bureau. Slough, UK. 1981, 307p.
- BAKER, D. H., HAN, Y., Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. **Poultry Science Journal**, v.73, p.1441-1447, 1994.
- BAKER, D.H. Ideal amino acid profiles for swine and poultry and their applications in feed formulation. **BioKiyowa Technology Review**. v.9, p.1-21, 1997.
- 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.
- BECKER, D.E.; SMITH, I.D.; TERRIL, S.W. et al. Isoleucine need of swine at two stages of development. **Journal of Animal Science**, v.22, p.1093-1096, 1963.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Ed. UFLA, Lavras, MG, 2006, 303p.
- 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.
- BRAVO, F.O.; MEADE, R.J.; STOCKLAND, W.L. et al. Reevaluation of the isoleucine requirement of the growing pig-plasma free isoleucine as a response criterion. **Journal of Animal Science**, v.31, p.1137-1141, 1970.
- BRINEGAR, M.J.; LOOSLI, J.K.; MAYNARD, L.A. et al. The isoleucine requirement for the growth of swine. **Journal of Nutrition**, v.42, p.619-624, 1950.
- BRUDEVOLD, A.B.; SOUTHERN, L.L. Low-protein, crystalline amino acid-supplemented, sorghum-soybean meal diets for the 10- to 20-kilogram pig. **Journal of Animal Science**, v.72, p.638-647, 1994.
- CALDARA, F.R.; BERTO, D.A. ; BISINOTO, S.K. et al. Exigências de Lisina de Leitões (6 a 11 kg) Alimentados com Rações Formuladas com Base no Conceito da Proteína Ideal. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39, 2001, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: SBZ. 2001, p.884-885.
- CHUNG, T. K., BAKER, D.H. Ideal amino acid pattern for 10-kg pigs. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3102–3111, 1992.
- CUARÓN, J.A. Proteína Ideal en la Alimentación de Cerdos: Aspectos Práticos. In: BUTOLO, J.E., JUNQUEIRA, O.M.; MIYADA, V.S.; CYRINO, J.E.P. (Eds.). Simpósio Sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos. Campinas, **Anais...**CBNA. Campinas, SP. 2000, p.197-220.
- DE LA LLATA, M.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D. et al. Effects of increasing L-lysine HCl in corn- or sorghum-soybean meal-based diets on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2420-2432, 2002.

- DEAN, D.W.; SOUTHERN, L.L.; KERR, B.J. et al. Isoleucine requirement of 80- to 120-kilogram barrows fed cornsoybean meal or corn-blood cell diets. **Journal of Animal Science**, v.83, p.2543-2553, 2005.
- DEROUCHEY, J.M.; TOKACH, M.D.; NELSEN, J.L. et al. Comparison of spray-dried blood meal and blood cells in diets for nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2879-2886, 2002.
- DUARTE, K. F. **Crêterios de avaliação das exigências em treonina, triptofano, valina e isoleucina para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade**. 2009. 138f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista - Jaboticabal.
- EMMERT, J.L.; BAKER, D.H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. **Journal of Appliance and Poultry Research**, v.6, p.462-470, 1997.
- FERREIRA, A.S.; LOPES, T.H.C.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de proteína bruta na ração para porcas plur paras em gestação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.761-767, 2006.
- FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Redução do nível de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.548-556, 2005.
- FIGUEROA, J.L.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S. et al. Growth performance of gilts fed low crude protein diets supplemented with crystalline amino acids including valine, isoleucine and histidine. **Journal of Animal Science**, v.78 (suppl1), p.65 (Abstra), 2000.
- FIGUEROA, J.L.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S. et al. Growth carcass traits and plasma amino acid concentration of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine and valine. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1529-1537, 2003.
- FIGUEROA, J.L.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S. et al. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standart corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2911-2919, 2002.
- FORD, A.L. Protein vs amino acids where less is better? **Kempal Articles**. www.kempal.on.ca/ohfaf041.pdf, (acessado em 2003), p.1-3.
- FRAGA, A.L.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C. et al. Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups fed on low crude protein diets. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, p.49-56, 2008.
- 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.
- GFE. **Recommendations for the supply of energy and nutrients to pigs**. Frankfurt-Germany: DLG Verlag, 2008, 216p.

- GÓMEZ, R.S.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.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**, v.80, p.644-653, 2002.
- 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. et al. Amino acid supplementation of low protein sorghum-soybean meal diets for 20 to 50 kilogram swine. **Journal of Animal Science**, v.71, p.442-451, 1993.
- 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.
- HINSON, R.B.; ALLEE, G.L.; CRENSHAW, J.D. Use of spraydried blood cells and isoleucine supplementation in pig starter diets. **Journal of Animal Science**, v.85, (Suppl. 2):93, 2007.
- JAMES, B.W.; GOODBAND, R.D.; TOKACH, M.D. et al. The optimum isoleucine:lysine ratio in starter diets to maximize growth performance of the earlyweaned pigs. **Kansas State University Swine Day**, p.20-21, 2000.
- JONGBLOED, A.W.; LENIS, N.P. Environmental concerns about animal manure. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2641-2648, 1998.
- KERR, B.J.; EASTER, R.A. Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3000-3008, 1995.
- KERR, B.J.; KIDD, M.T.; CUARON, J.A. et al. Utilization of spray-dried blood cells and crystalline isoleucine in nursery pig diets. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2397-2404, 2004b.
- 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.
- LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Nottingham-USA: University Press, 1994, 305p.
- 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.
- LENIS, N.P.; VAN DIEPEN, J.T.M. Requirement for apparent ileal digestible isoleucine of young pigs. **Journal of Animal Science**, v.75 (Suppl.1), p.186 (Abstr.), 1997.

- 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.
- LORDELO, M.M.; GASPAR, A.M.; LE BELLEGO, L. et al. Isoleucine and valine supplementation of 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.; WEBEL, D.M.; EMMERT, J.L. 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.
- MITCHELL, H.H. **Comparative nutrition of man and domestic animals**. New York: Academic Press, 1964, 118p.
- MOUGHAN, P.J. Modeling amino acid absorption and metabolism in the growing pig. In: D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 1994, p.133-154.
- MOURA, A.M.A. Conceito da proteína ideal aplicada na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, p.31-34, julho/agosto de 2004.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10Ed, Washington, D.C.: National Academic of Science, 1998, 245p.
- NONES, K., LIMA, G.J.M.M., BELLAVER, C. et al. Formulação das dietas, desempenho e qualidade da carcaça, produção e composição de dejetos de suínos. **Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)**, v.59, p.635-644, 2002.
- OESTEMER, G. A.; HANSON, L. E.; MEADE, R. J. Leucine–isoleucine interrelationship in the young pig. **Journal of Animal Science**. vol. 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.
- 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.
- PARR, T.M.; KERR, B.J.; BAKER, D.H. Isoleucine requirement for late-finishing (87 to 100 kg) pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1334-1338, 2004.
- PARSONS, C. M., BAKER, D. H., 1994. The concept and use of ideal proteins in the feeding of nonruminants. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994, p.120-128.
- PATIENCE, J.F. A review of the role of acid-base balance in amino acid nutrition. **Journal of Animal Science**, v.68, p.398-408, 1990.

- 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.
- RERÁT, A.; CORRING, T. Animal factors affecting protein digestion and absorption. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5., 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen. The Netherlands: EAAP, p.5-34, 1991.
- RIBEIRO, A.M.L., PEDROZZO, S.A., KESSLER, A.M. Relações treonina:lisina no desempenho e metabolismo de leitões desmamados. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, p.205-210, 2006.
- SILVA, M.A., ALBINO, L.F.T., ROSTAGNO, H.S. et al. Exigências nutricionais em metionina + cistina e de proteína bruta, para frangos de corte, em função do nível de proteína bruta da ração. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.357-363, 1998.
- SUIDA, D. Formulação por proteína ideal e consequências técnicas, econômicas e ambientais. In: I Simpósio Internacional de Nutrição Animal: Proteína ideal, energia líquida e modelagem. Santa Maria, 2007. **Anais...** Santa Maria, 2007.
- SUIDA, D., 2001. Proteína ideal, energia líquida e modelagem. In: I Simpósio Internacional de Nutrição Animal. Santa Maria, 2001. **Anais...** Santa Maria, 2001.
- TAYLOR, S.J.; COLE, D.J.A.; LEWIS, D. Amino acid requirements of growing pigs. **Animal Production**, v.40, p.153-160, 1985.
- TUITOEK K., YOUNG L.G., DE LANGE C.F.M. et al. The effect of reducing excess dietary amino acids on growing-finishing pig performance: an evaluation of the ideal protein concept. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1575-1583, 1997.
- VAN HEUGTEN, C.; VAN KEMPEN, T. Methods may exist to reduce nutrient excretion. **Feedstuffs**, v.71, p.12-19, 1999.
- WANG, T. C., FULLER, M.F. The optimal dietary amino acid pattern for growing pigs. 1. Experiments by amino acid deletion. **Brazilian Journal of Nutrition**, v.52, p.77-89, 1989.
- WANG, X.; PARSONS, C. M. Order of limitation in poultry by-product meal. **British Poultry Science**, v. 39, p.113-116, 1998.
- WEBB, K.E. Intestinal absorption of protein hydrolysis products: a review. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1772-1780, 2003.
- 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 mucosal amino acid catabolism. **Journal of Nutrition**, v.128, p.1249-1252, 1998.

ZANGERONIMO, M.G.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F. et al. Redução do nível de proteína bruta da ração com suplementação de aminoácidos sintéticos para leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.849-856, 2006.

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 SOBRE O DESEMPENHO DE FÊMEAS SUÍNAS DOS 15 AOS 30 KG

RESUMO: Com o objetivo de determinar a exigência de isoleucina digestível para fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg, foram realizados dois experimentos, um ensaio de desempenho e um balanço do nitrogênio. No primeiro experimento, foram utilizadas 40 fêmeas suínas, mestiças, de alto potencial genético e desempenho médio, com peso vivo inicial de $15,00 \pm 0,52$ kg, distribuídas em um delineamento experimental de blocos ao acaso, constituído de cinco tratamentos (0,45; 0,52; 0,59; 0,66; 0,73% de isoleucina digestível), quatro repetições e dois animais por unidade experimental. No início e no final do experimento, foi realizada a coleta de sangue de um animal por unidade experimental, para determinação da ureia do plasma. Ao final do experimento, o segundo animal de cada unidade experimental foi abatido, para a determinação da composição de carcaça e peso de órgãos. No segundo experimento, foram utilizados 20 suínos, mestiços, machos castrados, com peso vivo inicial de $22,26 \pm 1,79$ kg, distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo, em um delineamento experimental de blocos ao acaso, constituído de cinco tratamentos (0,45; 0,52; 0,59; 0,66; 0,73% de isoleucina digestível) e quatro repetições. No primeiro experimento, houve efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de isoleucina digestível sobre o consumo diário de ração, com estimativas de melhor consumo para o nível de 0,704%. Obteve-se efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de isoleucina digestível sobre a eficiência de utilização de isoleucina para ganho de peso, com aumento até o nível 0,506%. No segundo experimento, foi observada diferença linear ($P < 0,05$) apenas para o nitrogênio ingerido ($\text{g/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$), em que o modelo linear apresentou aumento nos valores de N ingerido à medida que aumentaram os níveis de isoleucina digestível nas rações. O nível de 0,506% de isoleucina digestível, para fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg, proporcionou a melhor eficiência de utilização de isoleucina para ganho de peso, conferindo uma relação isoleucina:lisina digestível de 0,51. A exigência diária de isoleucina digestível foi de 4,94 g/dia, proporcionando 1,56g de isoleucina digestível/Mcal de energia metabolizável.

Palavras-chave: exigências nutricionais, aminoácidos de cadeia ramificada, balanço de nitrogênio, composição de carcaça, parâmetros sanguíneos.

LEVELS OF DIGESTIBLE ISOLEUCINE ON PERFORMANCE OF FEMALE SWINES FROM 15 TO 30 KG

ABSTRACT: Aiming to determine the digestible isoleucine requirement for female swines from 15 to 30 kg, two experiments were conducted, a performance one and a nitrogen balance. In the first experiment, 40 crossbred female swines of high genetic potential and average performance were used, with 15.00 ± 0.52 kg initial weight, distributed in a randomized blocks design, consisting of five treatments (0.45, 0.52, 0.59, 0.66, 0.73% digestible isoleucine), four replicates and two animals. At the beginning and the end of the performance experiment one animal per experimental unit was bled for determination of plasma urea. At the end of the experiment, the second animal of each experimental unit was slaughtered to determine carcass composition and organ weights. In the second experiment, 20 castrated crossbred pigs were used, averaging 22.26 ± 1.79 kg of initial weight, distributed individually in metabolism cages in a randomized blocks design, consisting of five treatments (0.45, 0.52, 0.59, 0.66, 0.73% digestible isoleucine) and four replications. In the first experiment, there was quadratic effect ($P < 0.05$) of digestible isoleucine levels over the daily feed intake, with estimation of best feed intake at level 0.704%. There was quadratic effect ($P < 0.05$) of digestible isoleucine levels over efficiency of isoleucine utilization for weight gain, with increase until 0.506% of digestible isoleucine. In the second experiment, only N intake ($\text{g/kg BW}^{0.75}/\text{day}$) was influenced ($P < 0.05$) by digestible isoleucine levels, with linear increase on N intake values as digestible isoleucine levels were increased in the rations. The level of 0.506% digestible isoleucine, for female swines from 15 to 30 kg, provided the best efficiency of isoleucine utilization for weight gain, which digestible isoleucine:lysine relation was 0.51. The daily requirement of digestible isoleucine was 4.94 g/day, providing 1.56g of digestible isoleucine/Mcal of metabolizable energy.

Keywords: nutritional requirements, branched chain amino acids, nitrogen balance, carcass composition, blood parameters.

3.1 Introdução

Durante muitos anos a formulação de rações para suínos foi baseada no conceito de proteína bruta, que, na maioria das vezes, fazia com que as dietas tivessem níveis de aminoácidos desbalanceados, resultando em excesso desses nutrientes, ocasionando sua desaminação, ficando o nitrogênio resultante disponível para a síntese de outros compostos ou simplesmente excretado, gerando poluição ambiental (NONES, 2002).

Com a disponibilidade de aminoácidos sintéticos, as rações passaram a ser formuladas com níveis desses nutrientes mais próximos das necessidades dos animais, atendendo ao conceito de proteína ideal. Dessa forma, a exigência de proteína total foi reduzida, devido à melhor eficiência de utilização dos aminoácidos, reduzindo a excreção de nitrogênio e o impacto negativo dos dejetos sobre o ambiente (PENZ JR., 1992; RADEMACHER, 1997).

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 afetar 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).

Liu et al. (2000a, b) sugeriram que a isoleucina deve 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.

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 (PARR et al., 2003).

Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi determinar a exigência de isoleucina digestível para fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg, com base nas variáveis de desempenho, composição de carcaça e uréia no plasma sanguíneo e no metabolismo do nitrogênio de suínos na fase inicial.

3.2 Material e métodos

Foram realizados dois experimentos na Fazenda Experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. O primeiro experimento foi um ensaio de desempenho, para determinar os índices zootécnicos e a composição de carcaça dos animais, e o segundo, um ensaio de metabolismo, para determinar o balanço de nitrogênio.

3.2.1 Níveis de isoleucina digestível sobre o desempenho e qualidade de carcaça de fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg

Foi realizado um ensaio de desempenho, para determinar os índices zootécnicos e a composição de carcaça dos animais, na Creche Demonstrativa Experimental, na Fazenda Experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

Foram utilizadas 40 fêmeas suínas, mestiças, de alto potencial genético e desempenho médio, com peso médio inicial de $15,00 \pm 0,52$ kg, as quais foram distribuídas em um delineamento experimental de blocos ao acaso, constituído de cinco tratamentos, quatro repetições e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de cinco níveis de Ile Dig (0,450; 0,520; 0,590; 0,660 e 0,730%).

Os animais foram alojados em creches metálicas, suspensas, com piso de polipropileno, dotadas de comedouros semi-automáticos e de bebedouros tipo chupeta, localizada em prédio de alvenaria com piso de concreto e janelas basculantes.

A média de temperaturas mínima e máxima registradas foi de $21,01^{\circ}\text{C} \pm 3,09$ e $29,87^{\circ}\text{C} \pm 3,75$; respectivamente, e a média de umidade relativa do ar, mínima e máxima, variou entre $47,51\% \pm 16,98$ e $84,50\% \pm 12,79$.

A ração basal foi formulada à base de milho e farelo de soja, sendo que houve redução no teor de PB em 4%. Para atender os níveis de 0,520; 0,590; 0,660 e 0,730% de Ile Dig, a L-Isoleucina foi adicionada na ração basal às custas do inerte (Tabela 1). Foi utilizado o ácido glutâmico nas rações experimentais para proporcionar que as mesmas apresentassem o mesmo nível de nitrogênio.

Tabela 1. Composição centesimal, química e energética das rações experimentais contendo diferentes níveis de isoleucina digestível para fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg.

Ingredientes (%)	Níveis de isoleucina digestível (%)				
	0,450	0,520	0,590	0,660	0,730
Milho	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50
Farelo de soja	14,50	14,50	14,50	14,50	14,50
Óleo de soja	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Fosfato bicálcico	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
Calcário	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Bicarbonato de sódio	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Antioxidante ¹	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Sal comum	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Mistura mineral ²	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Mistura vitamínica ³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
L-Lisina HCl	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
DL-Metionina	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
L-Treonina	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
L-Triptofano	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
L-Valina	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
L-Isoleucina	0,01	0,08	0,15	0,22	0,30
Ácido glutâmico	0,87	0,78	0,70	0,61	0,52
Inerte ⁴	0,96	0,98	0,99	1,01	1,02
Promotor de crescimento ⁵	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada					
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.232	3.237	3.241	3.245	3.250
Proteína bruta (%)	14,158	14,206	14,255	14,304	14,353
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 (%)	0,583	0,583	0,583	0,583	0,583
Metionina digestível (%)	0,363	0,363	0,363	0,363	0,363
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 (%)	0,450	0,520	0,590	0,660	0,730
BED (Meq/kg) ⁶	159,48	159,47	159,47	159,47	159,46

¹ BHT. ² 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/ 1000 g. ³ Conteúdo/kg: vit. A, 10.000.000 U.I.; vit D₃ 1.500.000 U.I.; vit. E, 30.000 U.I.; vit B₁- 2,0 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; selênio, 300 mg; e veículo q.s.p. p/ 1000 g. ⁴ Areia fina lavada. ⁵ Fosfato de tilosina. ⁶ Balanço eletrolítico da dieta.

Um experimento de digestibilidade ileal dos aminoácidos, da ração com o menor nível de Ile Dig, foi previamente realizado (LAZZERI et al., 2010) para se obter os valores de aminoácidos digestíveis e, em seguida, procedeu-se à correção dos aminoácidos essenciais, utilizando-se aminoácidos sintéticos (L-lisina, L-treonina, DL-metionina, L-triptofano e L-valina), para garantir em, no mínimo, as recomendações de Rostagno et al. (2005).

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:

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

onde:

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 diário (GPD). As rações foram pesadas sempre que fornecidas aos animais, para determinação do consumo diário de ração (CDR), conversão alimentar (CA), consumo e eficiência de utilização de nitrogênio (CDN e EUN), lisina (CDLis e EULis) e isoleucina (CDIle e EUIle).

No início e no final do experimento, foi realizada a coleta de sangue de um animal por unidade experimental, para determinação da ureia 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 Sangüíneos da UNIOESTE, onde as amostras foram centrifugadas à 3000 rpm, por um período de 10 minutos, para obtenção do plasma, que foi retirado com auxílio de pipeta automática e acondicionado em tubos do tipo ependorf, armazenados para análises posteriores de ureia.

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 (24 horas) e hídrico (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 resfriada por 24 horas para posterior moagem. Após homogeneização, foram retiradas amostras e conservadas a -12°C . Posteriormente, foram pré-secas, pré-desengorduradas e moídas, conforme descrito por Fontes et al. (2000), para análises 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 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 (PR-FÍG), rins (PR-RIM), pâncreas (PR-PÂNC), coração (PR-COR) e baço (PR-BAÇO).

O modelo estatístico utilizado para as análises das variáveis de desempenho, ureia plasmática e composição de carcaça foi o seguinte:

$$Y_{ij} = B_0 + BL_j + B_1T_i + B_2T_i^2 + FA + E_{ij}$$

onde:

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

B_0 = constante geral.

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

B_1 = coeficiente de regressão linear em função dos níveis de isoleucina digestível.

T_i = níveis de isoleucina digestível (0,450; 0,520; 0,590; 0,660; 0,730).

B_2 = coeficiente de regressão quadrática em função dos níveis de isoleucina digestível.

FA = falta de ajustamento.

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

Os dados foram submetidos às análises estatísticas, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 2000). Os graus de liberdade referentes aos níveis de Ile Dig foram desdobrados em polinômios. A estimativa do melhor nível de isoleucina digestível foi feita com base nos resultados de desempenho, composição de carcaça e uréia no plasma, utilizando-se os modelos linear e/ou quadrático, conforme o ajustamento obtido para cada variável.

3.2.2 Balanço de nitrogênio em suínos na fase inicial submetidos a rações com diferentes níveis de isoleucina digestível

Foi realizado um ensaio de metabolismo, para determinar o balanço de nitrogênio dos animais, na Sala de Metabolismo de Suínos, na Fazenda Experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Foram utilizados 20 suínos mestiços, machos castrados, com PV inicial de $22,26 \pm 1,79$ kg, distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), em delineamento experimental de blocos ao acaso, constituído por cinco níveis de isoleucina digestível (0,450; 0,520; 0,590; 0,660 e 0,730%) e quatro repetições.

As rações experimentais foram as mesmas do Experimento I (Tabela 1). Os animais receberam ração umedecida, em quantidade pré-estabelecida individualmente de acordo com o peso metabólico de cada animal ($\text{kg}^{0,75}$), em duas porções, às 07:00 e às 19:00 horas. A água foi fornecida à vontade, após a ingestão da ração.

O período experimental teve duração de 12 dias, sendo sete dias de adaptação dos animais às gaiolas de metabolismo e às rações, e cinco dias de coleta de fezes e urina. A média de temperaturas mínima e máxima registradas foi de $13,94^{\circ}\text{C} \pm 3,53$ e $22,53^{\circ}\text{C} \pm 7,83$, respectivamente, e a média de umidade relativa do ar, mínima e máxima, variou entre $62,23\% \pm 23,75$ e $92,95\% \pm 4,63$.

A metodologia utilizada foi a de coleta total de fezes e urina, utilizando óxido férrico (Fe_2O_3) na ração como marcador fecal, a fim de determinar o início e final do período de coleta de fezes. As fezes foram coletadas e pesadas diariamente, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer (-18°C).

A urina foi filtrada e coletada, diariamente, em baldes de plástico contendo 20 mL de HCL 1:1, para evitar perda de nitrogênio e proliferação de microrganismos. Após nova filtragem, a quantidade diária de 5,00% do valor total de urina coletada foi acondicionada em

recipientes de vidro, um para cada animal, que foram armazenados em refrigerador (3 °C), para posteriores análises de nitrogênio.

As análises de nitrogênio (N), das fezes e urina, foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, de acordo com as técnicas descritas por Silva; Queiroz (2002).

Foram determinados o N ingerido, N excretado nas fezes, N excretado na urina, N absorvido, N retido, N retido/N ingerido, N retido/N absorvido, e excreção total de N.

Os valores de proteína bruta consumida (PBC), proteína bruta excretada nas fezes (PBF) e excretada na urina (PBU) foram obtidos por meio da multiplicação dos teores de proteína pelas quantidades de ração consumida, de fezes e de urina excretadas, respectivamente. A partir desses valores, foram calculadas a PB retida ($PBR = PBC - PBF - PBU$) e a utilização líquida de proteína ($ULP = PBR/PBC$), descritos por Adeola (2001).

O modelo estatístico utilizado para as variáveis supracitadas foi o seguinte:

$$Y_{ij} = B_0 + BL_j + B_1T_i + B_2T_i^2 + FA + E_{ij}$$

onde:

Y_{ij} = variáveis do experimento, referentes ao nível de isoleucina digestível i no bloco j.

B_0 = constante geral.

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

B_1 = coeficiente de regressão linear em função dos níveis de isoleucina digestível.

T_i = níveis de isoleucina digestível (0,450; 0,520; 0,590; 0,660; 0,730).

B_2 = coeficiente de regressão quadrática em função dos níveis de isoleucina digestível.

FA = falta de ajustamento.

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

Para as análises estatísticas, foi utilizado o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 2000). Os graus de liberdade referentes aos níveis de Ile Dig foram desdobrados em polinômios. A estimativa do nível de Ile Dig foi feita com base nos resultados obtidos para o balanço de nitrogênio, utilizando-se os modelos linear e/ou quadrático, conforme o ajustamento obtido para cada variável.

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Níveis de isoleucina digestível sobre o desempenho e qualidade de carcaça de fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg

Houve efeito quadrático ($P<0,05$) dos níveis de Ile Dig sobre o consumo diário de ração (Tabela 2), com estimativas de melhor consumo para o nível de 0,704% de Ile Dig (Figura 2).

Tabela 2. Desempenho de fêmeas suínas, dos 15 aos 30 kg, arraçadas com diferentes níveis de isoleucina digestível.

Variáveis ¹	Níveis de isoleucina digestível (%)					CV(%)
	0,450	0,520	0,590	0,660	0,730	
CDR (g/dia) ²	993,50	972,90	930,94	967,63	900,50	5,90
GPD (g/dia)	490,25	500,50	493,25	509,50	487,75	13,62
CA (g/g)	2,042	1,944	1,852	1,896	1,853	6,51
PI (kg)	15,375	15,438	15,350	15,400	15,500	0,81
PF (kg)	30,188	30,575	29,663	30,750	30,175	6,74
NUP (mg/dL)	13,242	22,691	22,107	16,210	20,885	37,55

¹ CDR: consumo diário de ração, GPD: ganho de peso diário, CA: conversão alimentar, PI: peso inicial, PF: peso final, NUP: nitrogênio da uréia plasmática; ²Efeito quadrático ($\hat{Y} = 1046,39 - 36,6983X - 200,437X^2$).

Entretanto, Parr et al. (2003) encontraram diferença significativa ($P<0,05$) para o CDR em suínos dos 25 aos 45 kg, ao nível de 0,46% de Ile Dig, que propiciou um CDR de 1.288 g. Barea et al. (2009), ao avaliarem níveis de Ile Dig de 0,500 a 0,580% para suínos dos 11 aos 23 kg de PV, também obtiveram efeito sobre o CDR, sendo que o menor nível avaliado proporcionou um CDR de 736 g. A variação significativa nos valores de CDR pode ser explicada pela variação nos níveis de Ile Dig das rações experimentais, uma vez que pode haver antagonismo com a valina e a leucina. De acordo com D'Mello (2003), 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.

Diversos resultados, de pesquisas e avaliações práticas, comprovaram que o excesso de aminoácidos na dieta não contribui para melhorar o desempenho animal, ou seja, não são utilizados eficientemente (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007). Os aminoácidos absorvidos que estão em excesso, em relação ao primeiro limitante, são oxidados e excretados como compostos nitrogenados, sendo que a degradação do excesso de aminoácidos na ração tem alto custo energético para os animais (MCLEOD, 1997).

Quando a qualidade e/ou quantidade da proteína dietética está inadequada, pode haver redução do crescimento e perda de peso, devido à degradação de proteína dos tecidos, feita com o objetivo de manter as funções vitais (MILLWARD, 1989). O consumo de dietas com conteúdo de aminoácidos desproporcionais às reais necessidades metabólicas dos animais monogástricos leva a alterações fisiológicas, com efeitos metabólicos que influenciam no comportamento alimentar desses animais. A ingestão da dieta imbalanceada altera a concentração dos aminoácidos do plasma e tecidos, com redução substancial do aminoácido que estiver limitante. Este fato é acompanhado de um decréscimo no consumo e retardo no crescimento do animal (BERTECHINI, 2006).

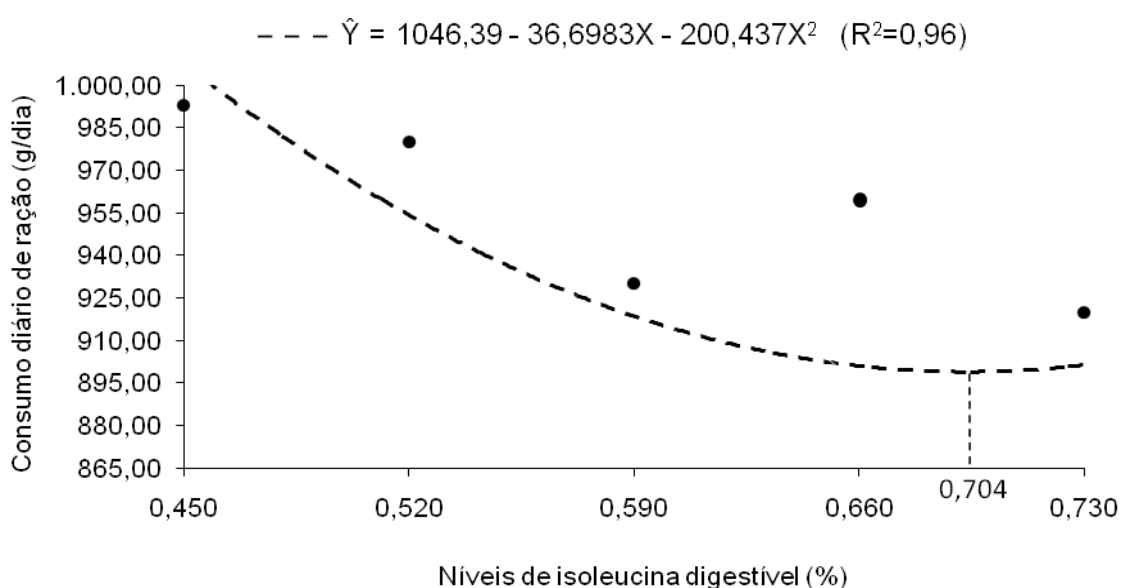


Figura 2. Consumo diário de ração, em função dos níveis de isoleucina digestível, em rações para fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg.

Não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) para GPD. Do mesmo modo, Barea et al. (2009) não obtiveram efeito dos níveis de isoleucina sobre o GPD. Entretanto, Henry et al. (1976), ao avaliarem níveis de isoleucina total para fêmeas suínas, dos 19,8 aos 51,0 kg, variando de 0,38 a 0,62%; encontraram diferença significativa ($P<0,05$) para GPD. Conforme Henry et al. (1976), o melhor GPD, de 624 g/dia, foi obtido no menor nível de isoleucina total presente na ração, correspondente a 0,38%. Do mesmo modo, Parr et al. (2003), ao avaliarem níveis de 0,38 a 0,58% de Ile Dig para fêmeas suínas dos 25 aos 40kg observaram que o nível de 0,54% de Ile Dig propiciou um GPD de 729g, sendo superior ao nível de 0,58%, que resultou em GPD de 725g. Os resultados obtidos no presente trabalho, para o GPD, podem ter ocorrido devido à grande quantidade de aminoácidos sintéticos

utilizados nas rações experimentais, o que pode ter gerado uma competição pela absorção em nível intestinal, bem como pelos locais de síntese protéica, uma vez que são absorvidos mais rapidamente (WEBB, 1990; RERÁT; CORRING, 1991; WU, 1998). Esse evento metabólico pode gerar efeitos sobre o consumo de ração, influenciando de forma direta o crescimento do indivíduo por meio da redução do GPD.

Embora os valores de CA tenham variado entre 1,852 e 2,042; não foram observadas diferenças ($P>0,05$). De modo semelhante, Lordelo et al. (2008) não obtiveram diferença para eficiência alimentar ao avaliarem dietas com níveis de Ile Dig variando entre 0,595 e 0,825% para suínos na fase inicial. Contudo, Kerr et al. (2004a), avaliando níveis de Ile Dig para suínos mestiços (machos e fêmeas), dos 7 aos 11 kg de peso vivo, variando de 0,47 a 0,83% de Ile Dig, observaram que o melhor valor de CA (1,29) foi obtido para o nível de 0,65%. Do mesmo modo, Dean et al. (2005), ao avaliarem níveis de Ile Dig de 0,24 a 0,32%, para suínos com PV médio de 80kg, obtiveram diferença para eficiência alimentar.

O NUP não foi influenciado ($P>0,05$) pelos níveis de isoleucina digestível. No entanto, Kerr et al. (2004a) obtiveram efeito dos níveis de Ile Dig sobre o NUP, observando um menor valor (23,8 mg/dL) para o nível de 0,77% de Ile Dig.

Valores reduzidos de NUP estão relacionados à melhor utilização de nitrogênio para a deposição de tecido (COMA et al., 1995b), o que confirma a melhora no perfil de aminoácidos, que aumenta a retenção e reduz a excreção de nitrogênio. Segundo Fraga et al. (2008), o NUP é um eficiente parâmetro para indicar a utilização dos aminoácidos dietéticos pelos suínos. Embora não tenha sido observada significância dos valores de NUP no presente trabalho, seu aumento pode indicar ineficiência na utilização de aminoácidos (GASPAROTTO et al., 2001).

O CDN, EUNGP, CDLis e EULisGP (Tabela 3) foram semelhantes entre os tratamentos ($P>0,05$), o que pode ser atribuído ao fato do N ingerido e da PBC, expressos em g/dia, não terem sido influenciados pelos níveis de Ile Dig presentes nas dietas. Ainda assim, Lordelo et al. (2008), obtiveram diferença para CDN, ao avaliarem dietas com níveis de Ile Dig variando entre 0,595 e 0,825%, para suínos na fase inicial.

Tabela 3. Consumo diário de nitrogênio e aminoácidos e eficiência de utilização para ganho de peso em fêmeas suínas, dos 15 aos 30 kg de PV, arraçadas com diferentes níveis de isoleucina digestível.

Variáveis ¹	Níveis de isoleucina digestível (%)					CV(%)
	0,450	0,520	0,590	0,660	0,730	
CDN (g/dia)	22,874	20,008	20,522	22,617	21,018	9,60
EUNGP (g/mg)	21,426	25,061	23,034	22,435	23,178	8,07
CDLis (g/dia)	9,846	8,582	8,773	9,635	8,924	9,59
EULisGP (g/mg)	49,779	58,426	53,884	52,664	54,590	8,06
CDIle (g/dia) ²	4,590	4,598	5,329	6,534	6,682	9,99
EUileGP (g/mg) ³	106,778	109,041	88,702	77,664	72,909	8,63

¹ CDN: consumo diário de nitrogênio, EUNGP: eficiência de utilização de nitrogênio para ganho de peso, CDLis: consumo diário de lisina, EULisGP: eficiência de utilização de lisina para ganho de peso, CDIle: consumo diário de isoleucina, EUileGP: eficiência de utilização de isoleucina para ganho de peso; ²Efeito linear ($\hat{Y} = 0,40563 + 8,7408X$); ³Efeito quadrático ($\hat{Y} = 153,690 - 64,6591X - 63,8703X^2$).

Foi observado efeito linear crescente ($P < 0,05$) dos níveis de Ile Dig sobre os valores de CDIle (Tabela 3). Contudo, esse efeito já era esperado, uma vez que os níveis de isoleucina digestível foram a hipótese testada, variando de forma crescente entre os tratamentos.

Para a EUileGP, foi obtido efeito quadrático ($P < 0,05$), com aumento dos valores até o nível de 0,506 de Ile Dig (Figura 3).

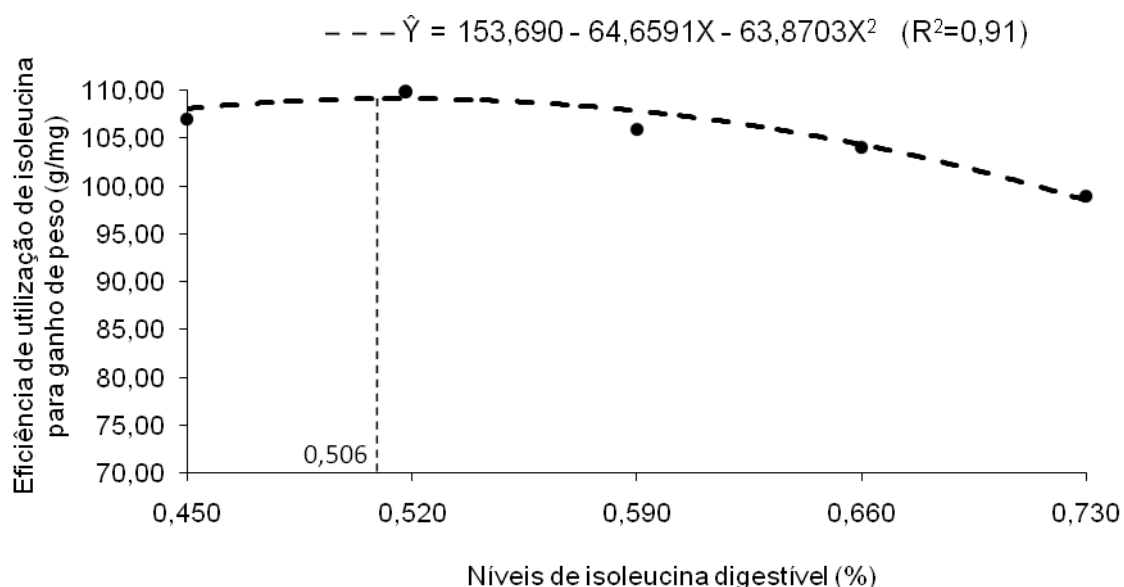


Figura 3. Eficiência de utilização de isoleucina para ganho de peso, em função dos níveis de isoleucina digestível, em rações para fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg.

As variáveis matéria seca da carcaça, proteína bruta da carcaça e extrato etéreo da carcaça não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelos níveis de Ile Dig (Tabela 4). Do mesmo

modo, a taxa de deposição de proteína (TDP) não foi influenciada ($P>0,05$) pelos níveis de Ile Dig. Entretanto, Szabo et al. (2001), ao avaliarem diferentes níveis de isoleucina digestível, para suínos dos 30 aos 105 kg, obtiveram o melhor valor de PB na carcaça para o nível de 0,95% de Ile Dig. Embora os autores não tenham calculado TDP, o teor de PB é um indicativo diretamente associado a esta variável.

Não houve diferença significativa para TDG ($P>0,05$), embora a variação observada tenha sido de 71,41 a 78,44 g/dia. Entretanto, Figueroa et al. (2003), ao avaliarem níveis de PB em rações para suínos dos 20 aos 50kg de PV, obtiveram valores satisfatórios de espessura de toucinho para o tratamento em que houve redução de PB e adição de aminoácidos sintéticos, em detrimento de tratamentos com valores tradicionais de PB ou com redução mas sem adição de aminoácidos. De acordo com os autores, para o tratamento em que a ração apresentou 11% de PB com adição de L-lisina, L-treonina, DL-metionina, L-triptofano, L-valina e L-isoleucina, a espessura de toucinho foi de 0,83 cm; sendo inferior aos demais tratamentos (16, 12 e 11% de PB). Embora os autores supracitados tenham avaliado características de carcaça diferentes do presente trabalho, a espessura de toucinho está diretamente ligada à deposição de gordura.

Tabela 4. Características de carcaça de fêmeas suínas, dos 15 aos 30 kg de PV, arraçadas com diferentes níveis de isoleucina digestível.

Variáveis ¹	Níveis de isoleucina digestível (%)					CV (%)
	0,450	0,520	0,590	0,660	0,730	
MSC (%)	33,15	33,16	32,23	33,21	31,97	4,62
PBC (%)	36,33	39,01	33,92	38,01	33,78	7,41
EEC (%)	43,30	46,94	42,27	43,91	42,08	6,69
TDP (g/dia)	76,58	75,31	75,14	77,59	75,27	12,62
TDG (g/dia)	78,44	74,23	75,02	73,55	71,41	21,96
EDP (g/dia)	7,79	7,77	8,66	8,37	8,02	13,78
ERC (kcal)	1.168,4	1.164,36	1.128,25	1.214,97	1.075,44	15,86

¹ MSC: matéria seca da carcaça, PBC: proteína bruta da carcaça, EEC: extrato etéreo da carcaça, TDP: taxa de deposição de proteína, TDG: taxa de deposição de gordura, EDP: eficiência de deposição de proteína, ERC: energia retida na carcaça.

De acordo com D'Mello (2003) a isoleucina pode ser um aminoácido glicogênico ou cetogênico, influenciando positivamente a síntese de gordura no organismo, se estiver em excesso. Entretanto, no presente trabalho esse efeito não foi observado, uma vez que o EEC e a TDG não foram influenciados positivamente pelos níveis crescentes de Ile Dig.

As variáveis de peso relativo de órgãos (Tabela 5) foram semelhantes ($P>0,05$). Por outro lado, ao avaliar o peso relativo de órgãos em suínos alimentados com rações contendo

16% de PB, 12% de PB e 12% de PB suplementada com aminoácidos sintéticos, Kerr et al. (2003b) obtiveram valores de 2,03; 1,98 e 2,11%; respectivamente, para PR-FÍG, entretanto não significativos. De acordo com os autores, a redução do peso relativo do fígado pode ocorrer porque o fígado é o órgão mais exigido para a síntese e degradação de proteínas, quando a PB está desbalanceada.

Tabela 5. Peso relativo de órgãos de fêmeas suínas, dos 15 aos 30 kg de PV, arraçadas com diferentes níveis de isoleucina digestível.

Variáveis ¹	Níveis de isoleucina digestível (%)					CV (%)
	0,450	0,520	0,590	0,660	0,730	
PR-FÍG (%)	3,27	3,70	3,15	3,20	3,76	13,25
PR-RIM (%)	0,56	0,56	0,53	0,51	0,52	12,97
PR-PÂNC (%)	0,33	0,32	0,38	0,33	0,40	17,41
PR-COR (%)	0,59	0,59	0,64	0,59	0,62	12,86
PR-BAÇO (%)	0,24	0,19	0,21	0,18	0,22	22,18

¹ PR-FÍG: peso relativo de fígado, PR-RIM: peso relativo de rins, PR-PÂNC: peso relativo de pâncreas, PR-COR: peso relativo de coração, PR-BAÇO: peso relativo de baço.

Para PR-RIM, Kerr et al. (2003b) também não observaram diferença significativa ($P>0,05$). Contudo, para dietas contendo 16, 12 e 12% de PB + aminoácidos sintéticos, o PR-BAÇO apresentou decréscimo de 0,16 para 0,15%; nos tratamentos de 16% e 12% de PB, respectivamente.

O nível de 0,506% de isoleucina digestível, para fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg, obtido no presente trabalho, foi inferior ao proposto por Rostagno et al. (2005), de 0,509%, para a mesma fase e sexo, mas intermediário aos níveis propostos pelo NRC (1998), de 0,55% para suínos machos castrados e fêmeas dos 10 aos 20 kg, e de 0,45% para suínos machos e fêmeas dos 20 aos 50 kg. 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, concluindo 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 Ile Dig 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 Ile Dig é de 0,50%, o menor nível avaliado.

O nível de 0,506% de Ile Dig obtido no presente estudo proporcionou uma relação isoleucina:lisina digestível de 0,51; inferior à relação proposta por Rostagno et al. (2005), de 0,55; para a mesma fase e sexo, e à relação proposta pelo NRC (1998), de 0,54% para suínos machos castrados e fêmeas dos 10 aos 20 kg, e dos 20 aos 50 kg. De modo semelhante, Wiltafsky et al. (2009) obtiveram uma relação de 0,54 para isoleucina:lisina digestível, reiterando que a composição da ração pode alterar a exigência dos aminoácidos, uma vez que a leucina digestível pode provocar desequilíbrio de aminoácidos, elevando a exigência de isoleucina. Conforme Moser et al. (2000), a interrelação entre aminoácidos de cadeia ramificada pode alterar o metabolismo desses no organismo animal.

A exigência diária de Ile Dig foi de 4,94 g/dia, sendo inferior ao proposto por Rostagno et al. (2005), de 5,64 g/dia, para a mesma fase e sexo, e ao proposto pelo NRC (1998), de 5,5 g/dia, para suínos machos castrados e fêmeas dos 10 aos 20 kg.

Os resultados obtidos para a EUileGP proporcionaram um consumo de 1,56g Ile Dig/Mcal de energia metabolizável (EM), sendo esse valor superior ao observado por Parr et al. (2003) para suínos machos dos 25 aos 40 kg, correspondente a 1,46g Ile Dig/McalEM. De acordo com os autores, à medida que aumenta o peso dos animais, diminui sua exigência de Ile Dig/McalEM. Os valores propostos pelo NRC (1998) corroboram essa tese, uma vez que correspondem a 1,78g Ile Dig/McalEM, para suínos machos castrados e fêmeas dos 5 aos 10 kg; a 1,68g Ile Dig/McalEM, para suínos machos castrados e fêmeas dos 10 aos 20 kg; e a 1,38g Ile Dig/McalEM, para suínos machos castrados e fêmeas dos 20 aos 50 kg.

Ao avaliar níveis de Ile Dig para suínos machos dos 7 aos 11 kg, Kerr et al. (2004a) obtiveram um consumo de 2,10g Ile Dig/McalEM. Entretanto, Parr et al. (2004) ao determinarem a exigência de Ile Dig para fêmeas suínas dos 87 aos 120 kg, obtiveram um consumo de 0,87g Ile Dig/McalEM, reiterando que há uma redução na exigência de Ile Dig/McalEM à medida que aumenta o peso dos animais.

3.3.2 Balanço de nitrogênio em suínos na fase inicial submetidos a rações com diferentes níveis de isoleucina digestível

Foi observada diferença ($P < 0,05$) para nitrogênio (N) ingerido ($\text{g/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$), conforme apresentado na tabela 6, em que o modelo linear apresentou aumento nos valores de N ingerido à medida que aumentaram os níveis de isoleucina digestível (Figura 4). De modo semelhante, Wiltafsky et al. (2009), ao avaliar níveis de Ile Dig de 0,360 a 0,720% para

suínos machos, com PV inicial de 7,7kg; obtiveram efeito linear crescente ($P<0,05$) dos níveis de Ile Dig sobre o N ingerido.

Tabela 6. Efeito dos níveis de isoleucina digestível sobre o balanço de nitrogênio em suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.

Variáveis	Níveis de isoleucina digestível (%)					CV(%)
	0,450	0,520	0,590	0,660	0,730	
Nitrogênio ingerido (g/dia)	25,20	24,89	25,37	26,43	26,64	4,11
Nitrogênio ingerido (g/kg PV ^{0,75} /dia) ¹	2,15	2,16	2,16	2,17	2,17	0,31
Nitrogênio fezes (g/dia)	5,02	5,17	5,04	5,44	5,10	13,53
Nitrogênio fezes (g/kg PV ^{0,75} /dia)	0,43	0,45	0,43	0,45	0,43	12,62
Nitrogênio urina (g/dia)	4,86	6,47	7,16	6,67	5,62	22,49
Nitrogênio urina (g/kg PV ^{0,75} /dia)	0,41	0,56	0,60	0,54	0,46	24,02
Nitrogênio absorvido (g/dia)	20,18	19,72	20,33	21,00	21,54	5,33
Nitrogênio absorvido (g/kg PV ^{0,75} /dia)	1,72	1,71	1,73	1,72	1,74	3,22
Nitrogênio retido (g/dia)	15,32	13,25	13,17	14,33	15,92	12,70
Nitrogênio retido (g/kg PV ^{0,75} /dia)	1,30	1,15	1,13	1,18	1,29	10,88
Nitrogênio retido/ingerido (%)	60,79	53,23	51,91	54,22	59,76	11,01
Nitrogênio retido/absorvido (%)	75,91	67,20	64,79	68,25	73,91	10,38
Excreção total N (g/dia)	9,88	11,64	12,20	12,10	10,72	13,48
Excreção total N (g/kg PV ^{0,75} /dia)	0,84	1,01	1,03	0,98	0,89	14,04

¹ Efeito linear ($\hat{Y} = 2,1102 + 0,08526X$).

As variáveis N nas fezes e N na urina não foram influenciadas pelos níveis de Ile Dig ($P>0,05$). Por outro lado, Lordelo et al. (2008), ao avaliarem níveis de 0,595 a 0,825% de Ile Dig para suínos com PV inicial de 6,92kg, obtiveram efeito ($P<0,05$) dos níveis de Ile Dig sobre o N nas fezes e na urina.

Não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de Ile Dig sobre as variáveis N absorvido e N retido. Embora tenha havido diferença ($P<0,05$) para o N ingerido, as variáveis N nas fezes e N na urina não foram influenciadas pelos níveis de Ile Dig, sendo que ambas são utilizadas para determinar o N absorvido e retido, respectivamente. Entretanto, Wiltafsky et al. (2009) obtiveram valores significativos de N retido, os quais variaram entre 5,51 e 9,12 g/dia, para níveis de Ile Dig variando entre 0,360 e 0,720%. De modo semelhante, Lordelo et al. (2008) obtiveram diferença ($P<0,05$) dos níveis de Ile Dig sobre o N retido, citando valores entre 18,02 e 24,73 g/dia.

O percentual de N retido em relação ao N ingerido, variou entre 51,91 e 60,79% (Tabela 6); sendo próximo aos valores obtidos por Figueroa et al. (2002), segundo os quais esses valores podem variar de 50,00 a 60,00% do nitrogênio consumido pelos suínos, alimentados com rações convencionais, e o restante é eliminado nas fezes e urina.

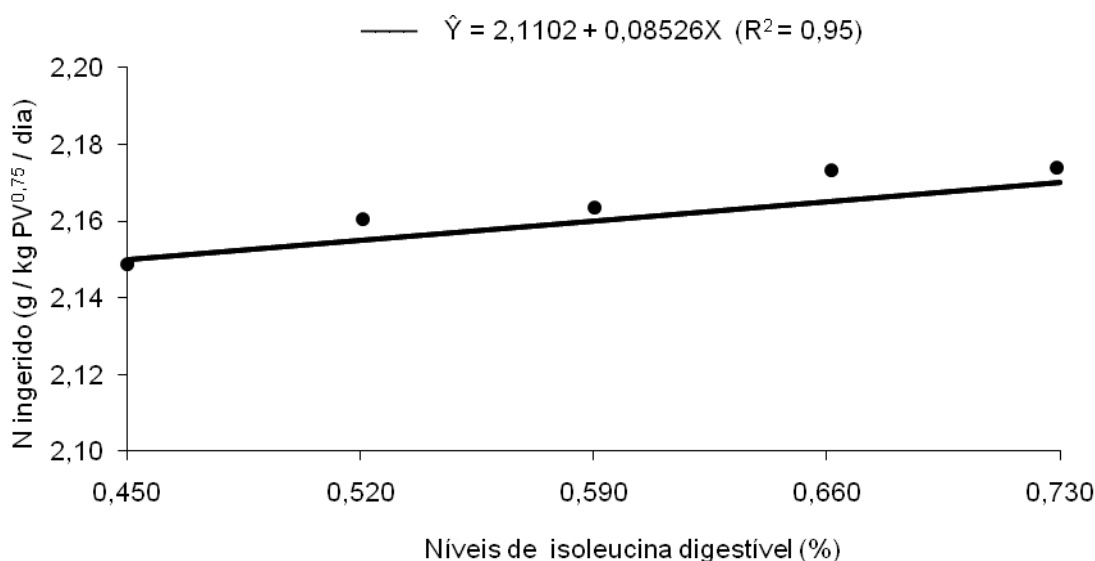


Figura 4. Nitrogênio ingerido, em função dos níveis de isoleucina digestível, em rações para suínos machos castrados na fase inicial.

Os valores obtidos para a relação N retido : N absorvido variaram entre 64,79 e 75,91% (Tabela 6) e não foram significativos ($P > 0,05$), sendo inferiores aos valores apresentados por Lordelo et al. (2008), que obtiveram relações variando entre 73,84 e 83,88%. Entretanto, os autores também não observaram efeito ($P > 0,05$) dos níveis de isoleucina sobre a relação N retido: N absorvido, e justificaram esse efeito como sendo uma ineficiência metabólica do animal em reter o nitrogênio absorvido que está além das suas necessidades de consumo, excretando-o por meio da urina.

A excreção total de N não foi influenciada ($P > 0,05$) pelos níveis de Ile Dig, variando entre 9,88 e 12,20 g/dia, sendo superior aos valores obtidos por Wiltafsky et al. (2009), entre 4,18 e 5,25 g/dia, ao avaliar níveis de Ile Dig para suínos com PV inicial de 7,7 kg. Os autores também não observaram efeito ($P > 0,05$) dos níveis de Ile Dig sobre a excreção total de N. Ainda assim, Russel et al. (1983), ao avaliarem níveis de isoleucina variando entre 0,60 e 0,82%; para suínos com PV inicial de 22,5kg, observaram diferença ($P < 0,05$) para excreção total de N (8,93 a 14,13 g/dia), sendo esses valores mais próximos aos obtidos no presente trabalho. De certa forma, o resultado obtido para essa variável pode ser explicado pelo fato de não ter sido obtido efeito dos níveis de Ile Dig sobre a excreção de N nas fezes e/ou na urina, isoladamente, uma vez que a excreção total de N corresponde à soma destas.

Os níveis de Ile Dig não influenciaram ($P > 0,05$) os valores de proteína bruta consumida (PBC), proteína bruta excretada nas fezes (PBF), proteína bruta excretada na urina

(PBU), proteína bruta retida (PBR) e utilização líquida de proteína (ULP), conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Metabolismo da proteína bruta em suínos machos castrados, dos 15 aos 30 kg, arraçoados com diferentes níveis de isoleucina digestível.

Variáveis ¹	Níveis de isoleucina digestível (%)					CV(%)
	0,450	0,520	0,590	0,660	0,730	
PBC (g/dia)	157,51	155,56	158,59	165,21	166,49	4,11
PBF (g/dia)	31,39	32,30	31,52	33,97	31,86	13,53
PBU (g/dia)	30,38	40,42	44,74	41,67	35,12	22,49
PBR (g/dia)	95,74	82,83	82,33	89,56	99,51	12,70
ULP (%)	60,78	53,25	51,91	54,21	59,77	11,01

¹ PBC: proteína bruta consumida, PBF: proteína bruta excretada nas fezes, PBU: proteína bruta excretada na urina, PBR: proteína bruta retida, ULP: utilização líquida de proteína.

A ausência de efeito dos níveis de Ile Dig sobre a PBC pode estar relacionada à ausência de significância para a variável N ingerido (Tabela 6), haja vista que ambas as variáveis são expressas em g/dia e não houve efeito para a variável N ingerido.

De modo semelhante, não foi observada diferença ($P>0,05$) para os valores de PBF, PBU e PBR, uma vez que os valores de N nas fezes, N na urina e N retido também não foram influenciados pelos níveis de Ile Dig (Tabela 6).

A ULP variou entre 51,91 e 60,78%, estando próxima à obtida por Wiltafsky et al. (2009), que variou entre 54,10 e 65,60%; em que os autores observaram efeito quadrático dos níveis de Ile Dig sobre a ULP, estimando um nível ótimo de 0,560% de Ile Dig. Conforme Adeola (2001), nutricionalmente, busca-se o valor de ULP mais próximo de 100%, o que indicaria a total utilização do nitrogênio dietético como proteína para deposição corporal.

Embora a ULP seja pouco influenciada pela mobilização de aminoácidos essenciais no organismo, é bastante dependente dos níveis de aminoácidos limitantes em rações para suínos (ADEOLA, 2001), o que não foi observado no presente trabalho ao se variar somente a isoleucina digestível nas rações. Portanto, não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de Ile Dig sobre os valores percentuais de ULP.

Apesar de não se observar diferenças ($P>0,05$) para as variáveis avaliadas no estudo do balanço de nitrogênio, Lordelo et al. (2008) e Wiltafsky et al. (2009) propuseram exigências de Ile Dig correspondentes a 0,745% (5-10kg) e 0,560% (10-20kg); respectivamente, ambas com base no balanço de nitrogênio.

Conforme Moser et al. (2000), a interrelação entre aminoácidos de cadeia ramificada pode alterar o metabolismo desses no organismo animal, uma vez que a leucina digestível em excesso provoca desequilíbrio de aminoácidos, elevando a exigência de isoleucina e valina.

3.4 Conclusões

O nível de 0,506% de isoleucina digestível, para fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg, proporcionou a melhor eficiência de utilização de isoleucina para ganho de peso, conferindo uma relação isoleucina:lisina digestível de 0,51.

A exigência diária de isoleucina digestível foi de 4,94 g/dia, proporcionando 1,56g de isoleucina digestível/Mcal de energia metabolizável.

3.5 Referências

- ADEOLA, O. Digestion and balance techniques in pigs. In: LEWIS, a.j.; SOUTHERN, L.L. **Swine nutrition**. 2Ed. Boca Raton: CRC, p.903-916, 2001.
- 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**. Ed. UFLA, Lavras, MG, 2006, 303p.
- BRAGA, J.M. **Avaliação da fertilidade do solo (ensaios de campo)**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1983, 101p.
- 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.
- COMA, J.; CARRION, D.; ZIMMERMAN, D.R. et al. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine lysine requirement of pigs. **Journal of Animal Science**, v.73, p.472-481, 1995.
- D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in animal nutrition**. CABI Publishing, United Kingdom: Edinburgh, 2Ed, 2003, 515p.
- DEAN, D.W.; SOUTHERN, L.L.; KERR, B.J. et al. Isoleucine requirement of 80- to 120-kilogram barrows fed cornsoybean meal or corn-blood cell diets. **Journal of Animal Science**, v.83, p.2543-2553, 2005.
- FIGUEROA, J.L.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S. et al. Growth carcass traits and plasma amino acid concentration of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine and valine. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1529-1537, 2003.
- FIGUEROA, J.L.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S. et al. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standart corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2911-2919, 2002.
- FONTES, D.O.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA R.F.M. et al. Níveis de lisina para leitoas selecionadas geneticamente para deposição de carne magra, dos 30 aos 60 kg, mantendo constante a relação entre lisina e metionina+cistina, treonina, triptofano, isoleucina e valina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.776-783, 2000.
- FORD, A.L. Protein vs amino acids where less is better? **Kempal Articles**. www.kenpal.on.ca/ohfaf041.pdf, (acessado em 2003), p.1-3.
- FRAGA, A.L.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C. et al. Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups fed on low crude protein diets. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, p.49-56, 2008.
- 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.

- GASPAROTTO, L.F.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C. et al. Exigência de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de dois grupos genéticos, na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1742-1749, 2001.
- 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.
- 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.
- JONGBLOED, A.W.; LENIS, N.P. Environmental concerns about animal manure. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2641-2648, 1998.
- KERR, B.J.; KIDD, M.T.; CUARON, J.A. et al. Utilization of spray-dried blood cells and crystalline isoleucine in nursery pig diets. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2397-2404, 2004b.
- 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.
- LAZZERI, D.B.; POZZA, P.C.; COSTA, P.B. et al. Determinação da digestibilidade ileal dos aminoácidos de ração com baixa proteína e isoleucina para leitões. In: PORK EXPO 2010 & V FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 2010, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Animal World, 2010, p.516-517 (CD-ROM).
- 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.
- 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.
- LORDELO, M.M.; GASPAR, A.M.; LE BELLEGO, L. et al. Isoleucine and valine supplementation of 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.
- MCLEOD, M. Effects of amino acid balance and energy: protein ratio on energy and nitrogen metabolism in male broiler chickens. **British Poultry Science**, vol. 38, p. 405-411, 1997.
- MILLWARD, D. J. The nutritional regulation of muscle growth and protein turnover. **Aquaculture**, vol.79, p.1-28, 1989.
- 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.
- MOSER, S.A.; TOKASH, M.D.; DRITZ, S.S. et al. The effects of branched-chain amino acids on sow and litter performance. **Journal of Animal Science**, v.78, p.658-667, 2000.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10Ed, Washington, D.C.: National Academic of Science, 1998, 245p.
- NEWMAN, D.J.; PRICE, C.P. Renal function and nitrogen metabolites. In: BURTIS, C.A. & ASHWOOD, E.R. **Tietz textbook of clinical chemistry**. 3ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, p.1204-1270, 1999.
- NONES, K., LIMA, G.J.M.M., BELLAYER, C. et al. Formulação das dietas, desempenho e qualidade da carcaça, produção e composição de dejetos de suínos. **Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)**, v.59, p.635-644, 2002.
- 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.
- PARR, T.M.; KERR, B.J.; BAKER, D.H. Isoleucine requirement for late-finishing (87 to 100 kg) pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1334-1338, 2004.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiology and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v.27, p.303-1306, 1968.
- PENZ JR., A.M. Programa de alimentação de suínos em crescimento – acabamento: múltiplas fases e criação de animais de diferentes sexo em separado. In: SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 4.; SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 3.; Campinas, 1992. **Anais...** Campinas: CBNA, p. 135-148, 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.
- RERÁT, A.; CORRING, T. Animal factors affecting protein digestion and absorption. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5., 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen. The Netherlands: EAAP, p.5-34, 1991.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV. 2005, 186p.
- RUSSEL, L.E.; CROMWELL, G.L.; STAHLY, T.S. Tryptophan, Threonine, Isoleucine and Methionine Supplementation of a 12% Protein, Lysine-Supplemented, Corn-Soybean Meal Diet for Growing Pigs. **Journal of Animal Science**, v.56, p.1115-1123, 1983.

- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3Ed, Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- 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. **Sistema para análise estatística e genética - SAEG**. Versão 8.0. Viçosa, MG, 2000, 142p.
- WEBB, K.E. Intestinal absorption of protein hydrolysis products: a review. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1772-1780, 2003.
- 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 mucosal amino acid catabolism. **Journal of Nutrition**, v.128, p.1249-1252, 1998.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Níveis de 0,450 a 0,730% de isoleucina digestível não influenciaram o balanço de nitrogênio de suínos, machos castrados, na fase inicial, o nitrogênio da uréia plasmática, o peso relativo de órgãos e as taxas de deposição de proteína e gordura de fêmeas suínas, dos 15 aos 30 kg.

O nível de 0,506% de isoleucina digestível, para fêmeas suínas dos 15 aos 30 kg, proporcionou a melhor eficiência de utilização de isoleucina para ganho de peso, conferindo uma relação isoleucina:lisina digestível de 0,51.

A exigência diária de isoleucina digestível foi de 4,94 g/dia, proporcionando 1,56g de isoleucina digestível/Mcal de energia metabolizável.