

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA DE SUÍNOS MACHOS
CASTRADOS DA RAÇA DUROC EM FUNÇÃO DOS NÍVEIS DE PROTEÍNA
E AMINOÁCIDOS**

LILIANE OLÍMPIO PALHARES

**RECIFE – PE
JULHO - 2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇA DE SUÍNOS MACHOS
CASTRADOS DA RAÇA DUROC EM FUNÇÃO DOS NÍVEIS DE PROTEÍNA E
AMINOÁCIDOS**

LILIANE OLÍMPIO PALHARES

Zootecnista

RECIFE – PE

JULHO - 2018

LILIANE OLÍMPIO PALHARES

**DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE
SUÍNOS MACHOS CASTRADOS DA RAÇA DUROC EM FUNÇÃO
DOS NÍVEIS DE PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Júnior - Orientador Principal

Prof. Dr^a. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke - Coorientador

Prof^a. Dr^a. Helena Emília Cavalcanti da Costa Cordeiro Manso - Coorientador

**RECIFE – PE
JULHO – 2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Centra, Recife-PE, Brasil

P161d Palhares, Liliane Olímpio
Desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados da raça Duroc em função dos níveis de proteína e aminoácidos / Liliane Olímpio Palhares. – 2018.
111 f. : il.

Orientador: Wilson Moreira Dutra Júnior.
Coorientadores: Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke e Helena Emília Cavalcanti da Costa Cordeiro Manso.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2018.
Inclui referências.

1. Suíno 2. Duroc (Porco) 3. Aminoácidos 4. Proteínas
5. Nutrição animal I. Dutra Júnior, Wilson Moreira, orient.
II. Ludke, Maria do Carmo Mohaupt Marques, coorient. III. Manso, Helena Emília Cavalcanti da Costa Cordeiro, coorient. IV. Título

CDD 636

LILIANE OLÍMPIO PALHARES

DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE SUÍNOS MACHOS CASTRADOS DA RAÇA DUROC EM FUNÇÃO DOS NÍVEIS DE PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 27 de julho de 2018.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Júnior
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
Presidente

Prof^a. Dr^a. Monica Calixto Ribeiro de Holanda
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST

Prof. Dr. Claudio José Parro de Oliveira
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Prof^a. Dr^a. Cláudia da Costa Lopes
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Dr^a. Elizabeth Cristina da Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

RECIFE – PE

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

LILIANE OLÍMPIO PALHARES – filha de José Cloves Cordeiro Palhares e Lenilda Olímpio Palhares, nasceu em Recife – PE, no dia 13 de dezembro de 1985. Iniciou a graduação em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE em agosto de 2007. Em 2009 tornou-se bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), onde permaneceu até agosto de 2011, mesmo período que concluiu o curso de Zootecnia. Em março de 2012 iniciou as atividades como aluna regular do Programa Pós-Graduação em Zootecnia na área de Nutrição de Não Ruminantes na UFRPE obtendo título de mestre em 21 de fevereiro de 2014. Em agosto de 2014 ingressou no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, na área de concentração em Produção de Não Ruminantes, da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE como bolsista pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e submeteu-se à defesa de sua tese de doutorado em 27 de julho de 2018.

DEDICO

Aos meus pais,

José Cloves e Lenilda,

Pelo amor, dedicação e incentivo aos estudos. Amo muito vocês.

Aos meus irmãos,

Lilian e Antônio,

Pela companheirismo e carinho.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me permitir mais esta conquista.

À minha família: meus pais, José Cloves e Lenilda, pelo amparo, carinho, compreensão, paciência e incentivo; meus irmãos, Lilian e Antônio, pela assistência em momentos necessários.

Ao Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Júnior, pela orientação, amizade, paciência, confiança, incentivo, críticas e ensinamentos. Agradeço por sempre ter acreditado em mim, ter me apoiado e sempre ter me ajudado a superar minhas dificuldades.

Às Professoras, Helena Emília e Maria do Carmo, pela coorientação e contribuição na pesquisa. Aos Professores, Marco Aurélio e Mônica Calixto da UAST, por todo auxílio e contribuição na pesquisa. A todos os professores que contribuíram de forma direta e indireta que contribuíram para o meu crescimento profissional.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, por ter possibilitado a realização do curso de Doutorado.

Ao Laboratório de Nutrição Animal (LNA) e ao Departamento de Zootecnia da UFRPE, pela disponibilização das instalações para realização dessa pesquisa.

À Evonik-Degussa, pela realização das análises de aminoácidos.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia - INCTA/CA, pelo financiamento parcial do experimento.

Aos animais que foram instrumento principal de todo este estudo, em especial a “Marcelinho” que por tantos dias alegrou o experimento.

Às companheiras de orientação: às irmãs de orientação Nataly Ribeiro e Tayara Soares, por toda ajuda, amizade e companheirismo, amigas para vida; a minha ajudante insubstituível Kaline Sá, por todo auxílio em todas as coletas sanguíneas; as minhas queridas Sandra Gasparini e Juliane Garlet.

Aos meus amigos da Pós-Graduação: Marcos Elias, Elainy Lopes, Camila Roana, Débora Guedes, Karen Abreu e Suellen Silva, por todo apoio, companheirismo e amizade em todos os momentos. A José Eriberto Serafim, por todo suporte dado em dias de abates e corte.

Ao grupo de pesquisa em suinocultura: aos meus queridíssimos Matheus Santana (Pai), Mateus Rocha (Dog) e Karolayne Rayara (Rio), por toda a ajuda e carinho; Marconi Ítalo, que me acompanha desde o meu mestrado, por todo suporte dado incondicionalmente em todos os momentos, foi uma equipe sensacional. O apoio de vocês foi essencial para a realização deste trabalho, sem o auxílio diário de cada um de vocês este trabalho não teria sido realizado com êxito.

Aos Técnicos do Laboratório de Nutrição Animal, Vanessa Fitipaldi e Carlos Henrique por toda ajuda e amizade durante a realização deste trabalho.

À zootecnista Fátima Sampaio, pela disponibilidade em sempre ajudar, em todas as horas, além de carinho e amizade.

Ao Funcionário “Sr. Dedinho” por toda a ajuda durante a execução da pesquisa.

As amigas de todas as horas Bárbara Lima, Débora Nathália e Rafaela Leitão, por sempre terem um tempinho para me ouvir e me incentivar nessa caminhada.

A todos que colaboraram de forma direta ou indireta para que meu sonho fosse realizado.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

| | Página |
|---|---------------|
| Lista de Tabelas..... | xi |
| Lista de Figuras..... | xiii |
| Resumo Geral..... | xiv |
| Abstract..... | xvi |
| Considerações Iniciais..... | 18 |
| Capítulo 1 – Referencial Teórico..... | 19 |
| 1. Lisina na alimentação de suínos..... | 20 |
| 2. Fatores que interferem na exigência de lisina para suínos | 23 |
| 2.1 Interação entre exigência de lisina e idade dos animais | 23 |
| 2.2. Interação entre exigência de lisina e sexo dos animais | 26 |
| 2.3. Interação entre exigência de lisina e genética dos animais | 29 |
| 2.3.1. Características produtivas da raça Duroc e influência da dieta.... | 31 |
| 2.4. Interação entre exigência de lisina e temperatura ambiente..... | 33 |
| 2.5. Interação entre exigência de lisina e teor de energia da dieta | 35 |
| 3. Considerações finais..... | 37 |
| 4. Referências bibliográficas..... | 38 |
| Capítulo 2 – Desempenho de suínos machos castrados da raça Duroc na fase inicial (15 aos 30 kg) em função dos níveis de proteína e aminoácidos..... | 44 |
| Resumo..... | 45 |
| Abstract..... | 46 |
| Introdução..... | 47 |
| Material e Métodos..... | 48 |
| Resultados e Discussão..... | 52 |
| Conclusão..... | 55 |
| Referências Bibliográficas..... | 55 |

| | |
|--|-----|
| Capítulo 3 – Desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados da raça Duroc na fase de crescimento I (30 aos 50 kg) em função dos níveis de proteína e amoniácidos..... | 58 |
| Resumo..... | 59 |
| Abstract..... | 60 |
| Introdução..... | 61 |
| Material e Métodos..... | 62 |
| Resultados e Discussão..... | 66 |
| Conclusão..... | 68 |
| Referências..... | 69 |
| Capítulo 4 – Desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados da raça Duroc na fase de crescimento II (50 aos 70 kg) em função dos níveis de proteína e aminoácidos..... | 71 |
| Resumo..... | 72 |
| Abstract..... | 73 |
| Introdução..... | 74 |
| Material e Métodos..... | 75 |
| Resultados e Discussão..... | 81 |
| Conclusão..... | 88 |
| Referências..... | 88 |
| Capítulo 5 – Desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados da raça Duroc na fase de Terminação (70 aos 90 kg) em função dos níveis de proteína e aminoácidos..... | 91 |
| Resumo..... | 92 |
| Abstract..... | 93 |
| Introdução..... | 94 |
| Material e Métodos..... | 95 |
| Resultados e Discussão..... | 101 |
| Conclusão..... | 106 |
| Referências..... | 107 |
| Considerações finais..... | 110 |

LISTA DE TABELAS

| | Página |
|--|---------------|
| Capítulo 1 | |
| Tabela 1. Temperaturas ótimas para suínos em diferentes idades | 33 |
| Capítulo 2 | |
| Tabela 1. Composição centesimal, calculada e analisada das rações experimentais expressos na matéria natural | 49 |
| Tabela 2. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre as características de desempenho de suínos castrados na fase inicial (15 a 30 kg) | 52 |
| Tabela 3. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes em dietas pra suínos castrados na fase inicial (15 a 30 kg) | 53 |
| Tabela 4. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre os parâmetros sanguíneos em suínos na fase inicial (15 a 30 kg) | 54 |
| Capítulo 3 | |
| Tabela 1. Composição centesimal, calculada e analisada das rações experimentais expressos na matéria natural | 63 |
| Tabela 2. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre as características de desempenho de suínos castrados na fase de crescimento I (30 a 50 kg) | 66 |
| Tabela 3. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes em suínos castrados na fase de crescimento I (30-50 kg) | 67 |
| Tabela 4. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre os parâmetros sanguíneos em suínos machos castrados na fase de crescimento I (30-50 kg) | 68 |
| Capítulo 4 | |
| Tabela 1. Composição centesimal, calculada e analisada das rações experimentais expressos na matéria natural | 76 |
| Tabela 2. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre as características de desempenho de suínos castrados na fase de crescimento II (50-70 kg) | 81 |
| Tabela 3. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre composição centesimal e | |

| | |
|---|----|
| composição química da secção entre a 9 ^a e 11 ^a costela de suínos machos castrados da raça Duroc, na fase de crescimento II (50-70 kg) | 83 |
| Tabela 4. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre características e rendimento de carcaça, e rendimentos de cortes comerciais de suínos machos castrados da raça Duroc, na fase de crescimento II (50-70 kg) | 84 |
| Tabela 5. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes em suínos castrados na fase de crescimento II (50-70 kg) | 86 |
| Tabela 6. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre os parâmetros sanguíneos em suínos machos castrados da raça Duroc, na fase de crescimento II (50-70 kg) | 86 |
| Tabela 7. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre os pesos de órgãos internos de suínos machos castrados da raça Duroc, na fase de crescimento II (50-70 kg) | 87 |

Capítulo 5

| | |
|---|-----|
| Tabela 1. Composição centesimal, calculada e analisada das rações experimentais expressos na matéria natural | 96 |
| Tabela 2. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre as características de desempenho de suínos castrados na fase de terminação (70-90 kg) | 101 |
| Tabela 3. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre características e rendimento de carcaça, e rendimentos de cortes comerciais de suínos machos castrados da raça Duroc, na fase de terminação (70-90 kg) | 102 |
| Tabela 4. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre composição centesimal e composição química da secção entre a 9 ^a e 11 ^a costela de suínos machos castrados da raça Duroc, na fase de terminação (70-90 kg) | 103 |
| Tabela 5. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes em suínos castrados na fase de terminação (70-90 kg) | 105 |
| Tabela 6. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre os parâmetros sanguíneos em suínos machos castrados da raça Duroc na fase de terminação (70-90 kg) ... | 105 |
| Tabela 7. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre os pesos de órgãos internos de suínos machos castrados da raça Duroc, na fase de terminação (70-90 kg) | 106 |

LISTA DE FIGURAS**Capítulo 1**

| | Página |
|---|---------------|
| Fígura 1- Deposição proteica e lipídica em suínos em relação aos níveis de lisina digestível | 21 |
| Fígura 2- Efeito da deficiência dietética de lisina sobre o peso corporal de suínos | 22 |
| Fígura 3- Ganho de peso corporal em razão da idade | 23 |
| Fígura 4- Crescimento da massa proteica e lipídica ao longo do tempo | 24 |
| Fígura 5- Exigência de lisina digestível em função da idade | 25 |
| Fígura 6- Curva de crescimento do peso vivo suínos de machos inteiros, fêmeas e machos castrados em função da idade | 26 |
| Fígura 7- Aumento da área de olho de lombo de suínos de diferentes raças em função do peso da carcaça | 30 |
| Fígura 8- Consumo de ração de suínos na fase de terminação em função dos níveis de energia metabólica da ração | 35 |
| Fígura 9- Efeitos da ingestão diária de proteína ileal digestível sobre a eficiência da utilização de proteína em marrã alimentadas com diferentes níveis de energia digestível | 37 |

DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE SUÍNOS MACHOS CASTRADOS DA RAÇA DUROC EM FUNÇÃO DOS NÍVEIS DE PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS

RESUMO GERAL: Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em diferentes fases de criação em função dos níveis de proteína e aminoácidos. Os experimentos foram conduzidos no Setor de Suinocultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) – Sede, utilizando 50 suínos machos castrados da raça Duroc nas fases: inicial, crescimento I e II; e 25 suínos na fase de terminação. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, contendo cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em dietas compreendendo cinco diferentes níveis de proteína e lisina, utilizando o nível de lisina digestível recomendado pelas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos como ponto médio dos tratamentos. Os parâmetros avaliados foram: desempenho (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar), digestibilidade (proteína bruta e matéria seca) e parâmetros sanguíneos (ureia, proteína total e creatinina). Em todas as fases de criação foram avaliadas as características de carcaça e de cortes (rendimento de carcaça, área de olho de lombo, espessura de toucinho, rendimento do pernil). E nas fases de crescimento II e de terminação foram avaliadas as características de quantificação tecidual e de composição química da secção entre a nona e a decima primeira costela. Os dados coletados foram submetidos à análises de variância e de regressão em função dos níveis de lisina nas rações. Na fase inicial, houve efeito linear crescente para o consumo de lisina, para a digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta, para a proteína total e para a ureia sérica, e efeito decrescente para a conversão alimentar. Na fase de crescimento I, observou-se efeito quadrático para o ganho de peso, para a conversão alimentar e para os níveis de creatinina em função dos níveis de lisina, os quais foram estimados de 0,925, 0,928 e 0,934%, respectivamente. Constatou-se ainda efeito linear crescente para a digestibilidade aparente da proteína bruta, para proteína total e para ureia sérica. Não houve efeito dos tratamentos sobre características de carcaça *in vivo*. Na fase de crescimento II, constatou-se efeito quadrático dos tratamentos sobre o consumo de ração

e ganho de peso médio diário com níveis ótimos de 0,79 e 0,81% de lisina digestível, respectivamente. Avaliando a composição centesimal da secção entre a nona e a décima primeira costela, observou-se aumento linear do teor de proteína de acordo com o aumento dos níveis de lisina. A proporção tecidual de gordura, a espessura média de toucinho e a área de gordura apresentaram redução significativa, enquanto o rendimento de carne magra, a quantidade de carne magra na carcaça e a taxa de deposição de carne magra aumentaram linearmente. O nitrogênio ingerido e o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta apresentaram efeito quadrático conforme o aumento dos níveis de lisina na dieta, enquanto a concentração de nitrogênio fecal apresentou aumento linear. Os níveis sorológicos de ureia e de peso absoluto e relativo dos rins também sofreram aumentos. Na fase de terminação, houve efeito quadrático dos tratamentos sobre o consumo de ração com nível máximo estimado de 0,728% de lisina digestível. Ocorreu também efeito quadrático para a proteína (0,715 % de lisina) na composição centesimal da secção entre a nona e a décima primeira costela. Os níveis de lisina digestível influenciaram de forma quadrática a área de olho de lombo, a relação carne:gordura, o rendimento de carne magra, a quantidade de carne magra e a deposição de carne magra, com níveis máximos estimados de 0,734%; 0,759%; 0,777%; 0,775% e 0,775% de lisina digestível, respectivamente. O melhor nível de lisina das rações para a fase inicial foi de 1,24%. Para as fases de crescimento I e II, e para a fase de terminação as melhores repostas de desempenho foram nos níveis de 0,93%, 0,81% e 0,77%, respectivamente.

Palavras-chave: aminoácidos digestíveis, desempenho, proteína ideal, requerimento nutricional, suínos.

PERFORMANCE AND CARCASS CHARACTERISTICS OF DUROC BARROW AS A FUNCTION OF PROTEIN AND AMINO ACID LEVELS

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the performance and carcass characteristics of barrows in the different phases of rearing: initial (15 to 30 kg), growth I (30 to 50 kg), growth II (50 to 70 kg) and finish (70 to 90 kg). The experiments were conducted at Swine Sector of the Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), using 50 barrows of Duroc breed in the initial, growth I and II phases, and 25 barrows in the finish phase. The animals were distributed in a randomized design with five treatments and five replicates. The treatments consisted of diets containing five different levels of protein and digestible lysine, using the level of digestible lysine recommended by the Brazilian Tables for Poultry and Swine as the midpoint of the treatments. The parameters evaluated were as follows: performance (weight gain, feed intake and feed conversion), digestibility (crude protein and dry matter), blood parameters (urea, total protein and creatinine) in all phases of rearing, also to evaluate carcass characteristics and beef cuts (carcass yield, loin eye area, backfat thickness and ham yield), tissue and chemical composition of the section between the ninth and eleventh rib in the growth II and finish phases. The data collected were submitted to analysis of variance and regression as a function of the lysine levels in the diets. In the initial phase, there was an increasing linear effect for lysine consumption for apparent digestibility of dry matter and crude protein, for total protein and urea, and decreasing effect for feed conversion. In the growth I phase, was observed a quadratic effect for weight gain, feed conversion and creatinine levels as a function of lysine levels, with estimated optimal levels of 0.925, 0.928 and 0.934%, respectively. There was also a growing linear effect for apparent digestibility of crude protein, total protein and urea. There was no effect of treatments on carcass characteristics *in vivo*. In the growth II phase, was observed a quadratic effect of treatments on feed intake and daily average weight gain, with optimal levels of 0.79 and 0.81% of digestible lysine, respectively. Evaluating the centesimal composition of the section between the ninth and eleventh ribs was observed a linear increase of the protein content according to the increase of lysine levels. The tissue proportion of fat, mean backfat thickness and fat area presented a significant reduction, while the yield of lean meat, amount of lean meat in the carcass and lean

meat deposition rate increased linearly. The ingested nitrogen and apparent digestibility coefficient of the crude protein showed a quadratic effect according to the increase of lysine levels in the diet, while the fecal nitrogen concentration showed a linear increase. Serum levels of urea and absolute and relative weight of the kidneys were also increased. In the finish phase, there was a quadratic effect of the treatments on feed consumption with an estimated maximum level of 0.728% of digestible lysine. There was also a quadratic effect for the protein (0.715% lysine) in the centesimal composition of the section between the ninth and eleventh ribs. The levels of digestible lysine influenced in a quadratic manner the loin eye area, meat:fat ratio, lean meat yield, lean meat amount and lean meat deposition, with estimated maximum levels of 0.734%, 0.759%, 0.777%, 0.775% and 0.775% digestible lysine, respectively. The increase in the lysine level of the diets for initial phase provided positive effects at the 1.24% level for the growth I and II, and finish phases the best performance responses were at the levels of 0.93%, 0.81% and 0.77%, respectively.

Keywords: digestible amino acids, performance, ideal protein, nutritional requirements, swine

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O aumento de produtividade na cadeia da carne suína nos últimos anos tem tornado as unidades produtoras cada vez mais eficientes e exigentes sobre a qualidade do produto final, visando satisfazer os requisitos necessários para o mercado consumidor. Uma das estratégias para os produtores é a utilização de um plano nutricional adequado, por meio da utilização de proteína e de aminoácidos na alimentação de suínos nas diferentes fases de criação, na intenção de otimizar o desempenho dos animais. Quando essa estratégia nutricional é aplicada de maneira equilibrada poderá proporcionar maior ganho de peso diário, de deposição proteica e de desenvolvimento muscular.

A lisina é o aminoácido essencial de maior influência na deposição proteica em suínos e o primeiro limitante em dietas à base de milho e farelo de soja, sendo necessária sua suplementação na dieta desses animais. A suplementação de L-lisina (industrial) nas dietas dos suínos em crescimento e terminação atuará favorecendo o ganho de peso e deposição de massa muscular magra. A utilização de lisina deve ser realizada sem excesso ou deficiência para não promover o desbalanço de aminoácidos, fato que pode afetar a disponibilidade no organismo dos animais ocasionando alterações no desempenho e nas características de carcaça, como: limitação do ganho de peso, desenvolvimento da massa muscular magra e aumento da deposição de gordura.

No planejamento dos programas de alimentação para suínos deve-se levar em consideração alguns fatores como: idade, sexo, temperatura ambiente, genótipo, entre outros. Dessa forma, diferentes composições nutricionais na dieta podem interferir no desempenho e na composição de carcaça dos animais devido às particularidades existentes entre nas características de cada linhagem. Suínos da raça Duroc apresentam características produtivas e de carcaça próximas ou superiores às características de suínos Landrace e Large White. E apresentam maior teor de marmoreio e espessura de toucinho que as raças Landrace e Large White.

Mediante os expostos objetivou-se avaliar níveis de proteína e aminoácidos sobre características de desempenho e de carcaça de suínos machos castrados da raça Duroc nas fases: inicial (15 aos 30 kg), crescimento I (30 aos 50 kg), crescimento II (50 aos 70 kg) e terminação (70 aos 90 kg).

CAPÍTULO 1

Referencial Teórico

Desempenho e Características de Carcaça de Suínos Machos Castrados da Raça Duroc em Função dos Níveis de Proteína e Aminoácidos

1. Lisina na alimentação de suínos

Os suínos necessitam de proteína para o seu crescimento e desenvolvimento muscular. As proteínas são constituídas por uma sequência de vinte aminoácidos, sendo estes divididos em dois grupos: essenciais e não essenciais. Os aminoácidos não essenciais são sintetizados pelo organismo dos animais, enquanto os essenciais não são sintetizados, ou são sintetizados em quantidades inferiores ao requerido pelos animais. Cada aminoácido possui sua importância na síntese proteica, porém aqueles com menor presença nos alimentos requerem maior atenção durante a formulação das dietas. Por exemplo, em dietas à base de milho e farelo de soja haverá a necessidade da suplementação de alguns aminoácidos essenciais como metionina, triptofano, treonina e, principalmente, lisina, que se encontra menos disponível nesses grãos de cereais.

Os suínos apresentam altas exigências de lisina. Na ausência dessa, outros aminoácidos podem não se combinar corretamente e não formar a proteína. Por isso, a lisina é considerada o primeiro aminoácido limitante nas dietas de suínos, ou seja, a síntese e deposição de proteína muscular dos animais será limitada pela quantidade de lisina disponível na dieta.

A disponibilidade do teor ideal de lisina nas rações dos suínos irá promover melhorias na síntese proteica e nas características de carcaça. Alguns trabalhos descrevem o aumento na deposição de massa magra, na área de olho de lombo e na deposição proteica. Além de apresentar simultaneamente reduções lineares de gordura intramuscular, de espessura de toucinho, de gordura renal e de deposição de lipídio na carcaça ao se elevar o nível de lisina na dieta (FRIESEN et al., 1994; CHIBA et al., 1999). A taxa de deposição de massa magra corporal apresenta correlação negativa com a espessura de toucinho (CHO et al., 2012), ou seja, quanto maior for a deposição de massa muscular menor será a deposição de gordura corporal. Segundo Gattás et al. (2012) a redução da espessura de toucinho decorre devido ao maior gasto energético para deposição de carne magra na carcaça.

Ao alcançar o nível máximo da exigência para o aminoácido lisina para suínos, atinge-se também a máxima deposição de proteína e massa muscular. Após o ponto máximo, o excesso de lisina ocasiona redução da deposição proteica (FRIESEN et al.,

1994) e conseqüentemente da deposição da massa muscular magra. O melhor nível de lisina para suínos é determinado de acordo com o ponto máximo de deposição de carne, que pode variar de acordo com o potencial genético e sexo do animal (GATTÁS et al., 2012).

Quando a exigência de lisina dos suínos é alcançada, a deposição de proteína atinge o ponto máximo e, como resultado, essa deposição começa a diminuir. Segundo Bikker (1994), ocorre redução na taxa de deposição proteica em suínos alimentados com excesso de lisina na dieta. Friesen et al. (1994) também encontraram respostas similares; quando o teor de lisina digestível da dieta foi aumentado ocorreu uma diferenciação entre as deposições proteicas e lipídicas, demonstrando que após a deposição proteica atingir seu ponto máximo a composição de ganho é direcionada para ganho lipídico (Figura 1), ou seja, suínos alimentados com excesso de lisina ao atingirem o ponto máximo de deposição de proteína irão direcionar o excesso desse nutriente para a deposição de gordura na carcaça.

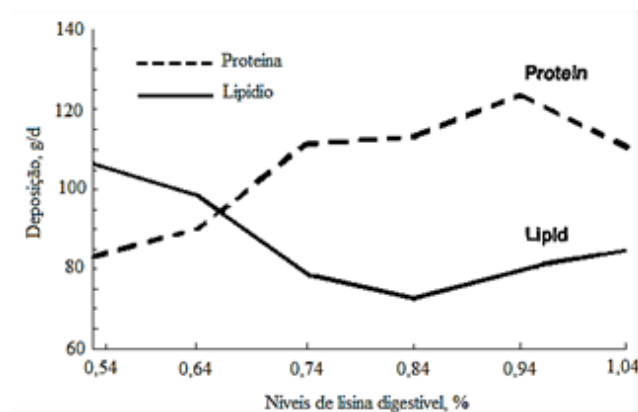


Figura 1. Deposição proteica e lipídica em suínos em relação aos níveis de lisina digestível (Adaptado de FRIESEN et al., 1994).

De acordo com Tous et al. (2014), o excesso de lisina é catabolizado como fonte de energia. Pois, quando quantidades excessivas de proteínas são ingeridas, o excesso de aminoácidos é transportado para o fígado. No fígado é iniciada uma série de reações químicas e o grupo amina é reduzido a amônia pela adição de um átomo de hidrogênio (processo chamado de desaminação), e a porção não nitrogenada é convertida em hidratos de carbono e gorduras.

Níveis baixos de lisina em dietas de suínos podem afetar significativamente o desempenho e a deposição de massa muscular magra na carcaça. Menor concentração de lisina nas dietas em relação à concentração adequada pode afetar negativamente o desempenho dos animais através da redução do ganho de peso médio diário e aumento da conversão alimentar (BIDNER et al., 2004). Chang e Wei (2005) relataram que suínos alimentados com dieta com baixo teor de lisina cresceram mais lentamente e apresentaram menor eficiência que os alimentados com a dieta controle, como mostra a Figura 2.

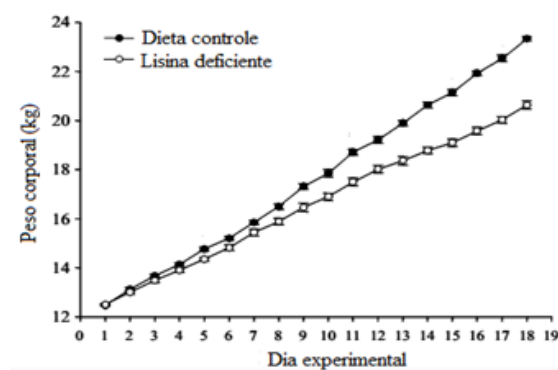


Figura 2. Efeito da deficiência dietética de lisina sobre o peso corporal de suínos (Adaptado de CHANG e WEI, 2005)

Chang e Wei (2005) observaram inibição da síntese proteica dos músculos (*M. masseter*, *M. adductor* e *M. bíceps femoris*), assim como o aumento da degradação proteica, ambas respostas intensificadas pela deficiência de lisina nas dietas dos animais, o que refletiu em uma menor deposição de proteína. Os autores também perceberam que suínos alimentados com dietas deficientes em lisina apresentaram o peso dos músculos (*M. masseter*, *M. longissimus dorsi*, *M. adductor* e *M. bíceps femoris*) mais leves que animais alimentados com adequado teor de lisina. Witte et al. (2000) e Bidner et al. (2004), relataram também redução na área de olho de lombo de suínos alimentados com baixos níveis de lisina.

Níveis de lisina abaixo do requerido pelos suínos também podem ocasionar aumento da espessura de toucinho (BIDNER et al., 2004; TOUS et al., 2014) e do teor de gordura intramuscular (WITTE et al., 2000; BIDNER et al., 2004), pois, quando um aminoácido limitante como a lisina, não é fornecido em quantidade suficiente para que

ocorra a síntese proteica pelo animal, conseqüentemente, a incorporação dos outros aminoácidos à proteína corporal ocorrem de forma restrita, e os aminoácidos não incorporados a proteína serão destinados à conversão de energia.

2. Fatores que interferem na exigência de lisina para suínos

A taxa de crescimento e deposição do tecido magro dos animais podem ser afetados por alguns fatores como: idade, sexo, temperatura ambiente, genótipo, entre outros. Sendo necessário o conhecimento de sua influência e interação sobre a exigência de lisina para os suínos.

2.1. Interação entre exigência de lisina e idade dos animais

O peso corporal dos suínos do nascimento à idade adulta apresenta um comportamento em uma curva sigmoide, na qual a taxa de crescimento aumenta até um ponto máximo de inflexão da curva. Essa inflexão corresponde ao peso corporal maduro do animal (Figura 3), e em seguida diminui gradativamente (SHULL, 2013), sendo denominado de crescimento ponderal.

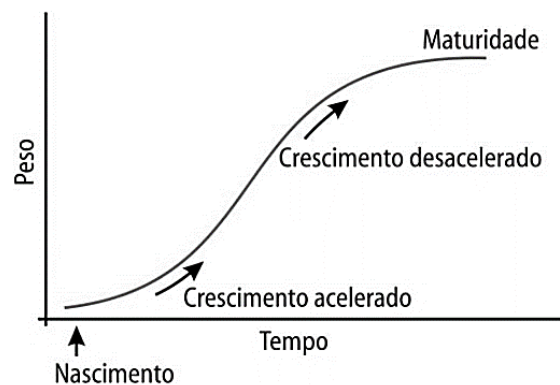


Figura 3. Ganho de peso corporal em razão da idade (Adaptado de WHITTEMORE e KYRIAZAKIS, 2006).

Do ponto de vista do crescimento biológico, é importante destacar que os tecidos evoluem ao longo da vida do suíno de maneira diferente. O tecido ósseo e o tecido

muscular são os primeiros a se desenvolverem, em seguida, a taxa de crescimento desses tecidos é gradativamente reduzida, e, paralelamente, se inicia a deposição do tecido adiposo (GU et al., 1992). Os suínos possuem rápido crescimento muscular com picos próximos aos 60 a 90 kg de peso vivo, após isso, ocorre um declínio em taxa constante, ou seja, a medida que a deposição de gordura é aumentada a de carne é diminuída (CISNEROS et al., 1996). Alguns estudos avaliaram a influência do peso de abate sobre as características de carcaça, e tem-se observado um aumento linear na espessura de toucinho, variando de 0,16 a 0,25 mm e 0,18 cm² para cada quilo de peso corporal (PC) aumentado na área de olho de lombo no músculo *Longissimus dorsi*, numa faixa entre 100 a 160 kg de PC (CISNEROS et al., 1996; LATORRE et al., 2008).

A composição proteica corporal dos suínos também segue uma curva de comportamento sigmoide em relação ao tempo, da mesma maneira que o peso vivo, apresentando diminuição da síntese proteica após certa idade (DANFAER e STRATHE, 2012). O tamanho do músculo é determinado entre a quantidade de proteína sintetizada e degradada (*turnover*), sendo assim, para que ocorra aumento de massa muscular, é necessário que a síntese seja maior que a degradação (MARANGON e MELO, 2008). Quando o animal atinge a maturidade corporal a taxa de síntese proteica torna-se igual a taxa de degradação, o que significa que a deposição de proteína chegará a ser nula. À medida que a deposição proteica diminui, a deposição de lipídios torna-se o principal componente do ganho de peso (Figura 4) (DANFAER e STRATHE, 2012).

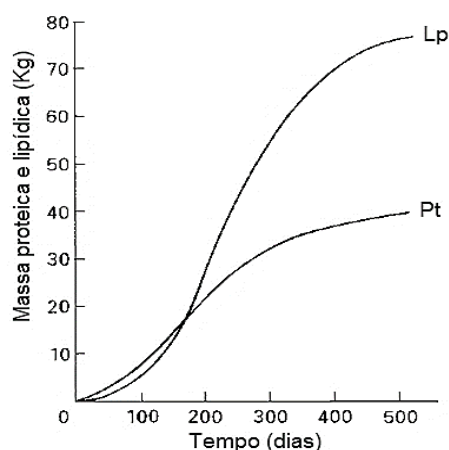


Figura 4. Crescimento da massa proteica e lipídica ao longo do tempo (Adaptado de WHITTEMORE e KYRIAZAKIS, 2006).

Devido à diminuição do crescimento muscular e do aumento de peso corporal, os requisitos de aminoácido também irão variar com as diferentes fases de crescimento. De acordo com Whittimore e Kyriazakis (2006), o crescimento de um animal só poderá ocorrer se houver fornecimento de nutrientes em quantidade suficiente, sendo o consumo de ração um fator determinante para a taxa de ganho de peso, para a composição corporal e para a qualidade da carcaça. Nas Tabelas Brasileiras de Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011) pode-se observar que o requerimento de lisina tende a diminuir, em porcentagem da ração, de acordo com o a idade dos animais (Figura 5).

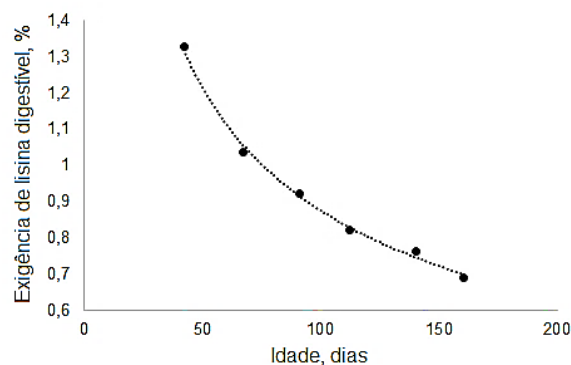


Figura 5. Exigência de lisina digestível em função da idade (Adaptado de ROSTAGNO et al., 2011).

Na fase inicial do crescimento dos suínos, período que compreende dos 10 e 30 kg de peso corporal, a deposição proteica corporal apresenta crescimento acelerado. Nessa fase os suínos apresentam uma baixa capacidade voluntária para consumo alimentar (1,241 kg/dia), dessa forma, faz-se necessário uma maior concentração de lisina nas dietas para suprir o requerimento do organismo e intensificar o desenvolvimento muscular magro (WHITTEMORE e KYRIAZAKIS, 2006; ROSTAGNO et al., 2011).

Já na fase de crescimento dos suínos, dos 30 aos 70 kg de peso vivo, também é caracterizada pelo aumento da deposição proteica corporal. Segundo Gu et al. (1991) o maior crescimento muscular do suíno ocorre nessa fase. Para a otimização da deposição de massa magra pelos suínos durante a fase de crescimento, eles irão requisitar maior aporte de lisina. Porém deve-se levar em consideração que nesse período os animais apresentam maior consumo de ração (2,563 kg/dia), aproximadamente 106% a mais que

o consumido na fase anterior. Por esse motivo, a concentração de lisina nas dietas da fase de crescimento será um pouco menor do que na fase inicial, no entanto, o consumo de lisina (21,10 g/dia) será muito maior para suprir o requerimento nutricional desses animais (ROSTAGNO et al., 2011).

A fase de terminação, abrange dos 70 aos 120 kg, compreende o período em que o animal atinge a maturidade de seu peso corporal, tendo início a desaceleração da deposição proteica e aumento da deposição de lipídios (WHITTEMORE e KYRIAZAKIS, 2006) e aumento no consumo de ração (3,399 kg/dia). Para tanto, os animais terão requerimentos percentuais menores de lisina na ração, que resultará em um moderado aumento no consumo de lisina (23,50 g/dia) em relação a fase anterior (ROSTAGNO et al., 2011). Ou seja, as modificações nas exigências de lisina em relação ao peso vivo ocorrem em função da curva de crescimento de tecido magro, capacidade ingestiva de ração, idade e crescimento do animal. Devendo a quantidade de lisina fornecida ser ajustada de acordo com a fase de crescimento que o animal se encontra, para evitar excessos ou deficiências.

2.2. Interação entre exigência de lisina e sexo dos animais

A curva de crescimento dos suínos apresenta diferenciações entre as três categorias sexuais mais exploradas na suinocultura (macho inteiro, fêmea e macho castrado) (Figura 6). Essas variações são responsáveis por diferentes respostas na eficiência alimentar e características de carcaça dentre essas categorias de animais, além de refletir diretamente sobre as exigências nutricionais deles.

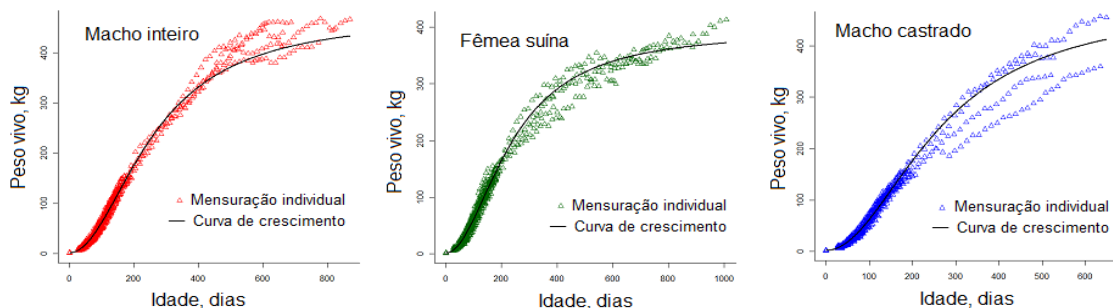


Figura 6. Curvas de crescimento do peso vivo de suínos machos inteiros, fêmeas e machos castrados em função da idade (Adaptado de DANFAER e STRATHE, 2012).

A taxa de crescimento dos suínos ao nascer parece não diferir entre os sexos. A diferenciação do crescimento tecidual tem início próximo a entrada na puberdade, período em se que inicia o aparecimento dos hormônios da reprodução – testosterona em machos e estrogênio em fêmeas – e irão influenciar fortemente o crescimento e o metabolismo dos animais (ALVARENGA et al., 2011). Os esteroides sexuais exercem certa regulação sobre a deposição dos tecidos, com efeitos ao longo da idade e de acordo com o gênero. As diferenças na deposição de gordura entre os sexos tornam-se bastante pronunciadas na puberdade. A testosterona irá reduzir a síntese e deposição de gordura nos machos, enquanto o estradiol irá aumentar a síntese de gordura e deposição nas fêmeas (DANFAER e STRATHE, 2012).

Nos machos, a testosterona é um dos principais hormônios testiculares responsável por controlar o crescimento e promover o aumento da massa muscular magra. Por esse motivo, machos inteiros (na maioria das espécies) depositam mais massa muscular e menos gordura que os machos castrados. Essas diferenças são atribuídas às concentrações mais elevadas de testosterona na circulação, por isso, machos inteiros apresentam maiores taxas de ganho proteico (DANFAER e STRATHE, 2012). A testosterona é um hormônio que dentre suas várias funções fisiológicas é responsável pela perda de gordura, pelo aumento da retenção do nitrogênio muscular favorecendo a síntese proteica, e pela manutenção dos tecidos musculares e ósseos (LOPES, 2010). Essas respostas foram constatadas por Pauly et al. (2008), os quais observaram menor consumo de ração e maior eficiência alimentar em machos inteiros que em machos castrados. Além de maior percentagem de carne magra e área de olho de lombo e pernil, e de menor porcentagem de gordura subcutânea e espessura de toucinho, em machos inteiros.

Nas fêmeas, os estrogênios são secretados pelos ovários durante os ciclos estrais. Acredita-se que os efeitos dos estrogênios sobre o crescimento sejam mediados em parte através do aumento do hormônio do crescimento (GH), podendo os estrogênios terem efeitos diretos sobre os tecidos musculares e células satélites. O crescimento muscular pode ser diretamente estimulado pelos estrogênios através de ligações diretas aos receptores de estrogênio e androgênio do músculo. A progesterona é outro hormônio ovariano, produzido naturalmente pelo corpo lúteo sob o controle do hormônio luteinizante, e tem mostrado estimular esse crescimento. A progesterona pode se ligar

diretamente ao músculo através do receptor andrógeno, tendo efeito direto sobre o crescimento magro (PAULSEN e SMULDERS, 2014). O estrogênio também parece estar relacionado aos receptores de leptina no hipotálamo, agindo sobre o controle da saciedade em fêmeas (KIMURA et al., 2012). Desse modo, fêmeas suínas quando comparadas a machos castrados apresentam menor consumo voluntário de ração (AUGSPURGER et al., 2002; LATORRE et al., 2003; LATORRE et al., 2004).

Apesar de machos inteiros apresentarem características de desempenho e produção de carne magra superior a de machos castrados, a prática de castração é tradicionalmente usada para evitar o odor desagradável (Skatol) proveniente da presença da androstenona, um esteroide testicular que produz um cheiro semelhante a urina (PATTERSON, 1968). Recentemente, o interesse da população pelo bem-estar animal vem exercendo uma pressão crescente sobre os produtores suínos para extinção da castração cirúrgica sem anestesia (BATOREK et al., 2012). A imunocastração é uma alternativa para controlar o odor dos machos inteiros, porém, como indicado por Millet et al. (2011), a imunocastração pode alterar o desempenho dos animais. Batorek et al. (2012) observaram que suínos imunocastrados apresentam consumo maior que machos inteiros e crescimento magro maior que os castrados cirurgicamente. Os mesmos autores relataram que o teor de massa magra de suínos imunocastrados é intermediária entre inteiros e castrados cirurgicamente.

Em síntese, suínos castrados consomem mais alimentos e apresentam crescimento mais rápido que fêmeas. As fêmeas possuem menos gordura, mais músculos, rendimento de carcaça superior e melhor conversão alimentar que os machos castrados apesar de apresentarem peso corporal similar (LATORRE et al., 2003). Assim, marrãs requerem concentrações dietéticas mais elevadas de aminoácidos para promover a deposição de carne magra que machos castrados (MAIN et al., 2008). Se em uma granja de produção, machos castrados e fêmeas forem criados em lotes mistos e alimentados com níveis de proteína e lisina intermediário entre as exigências dos dois sexos, o excesso de lisina fornecida aos machos castrados resultará em um aumento dos custos em relação ao ganho de peso e maior deposição de gordura, enquanto as marrãs terão privação de lisina, resultando na redução da taxa de crescimento e rendimento magro na carcaça.

Machos inteiros apresentam maior ganho de massa muscular magra que machos castrados e fêmeas, em uma determinada idade, fazendo com que machos inteiros possuam exigências maiores que as outras duas categorias (QUINIOU et al., 1999). Segundo Porolniki et al. (2012), machos inteiros têm sua conversão alimentar favorecida quando recebem dietas suplementadas com 5% de aminoácidos a mais em comparação a machos castrados. Suínos imunocastrados também apresentam diferenças no metabolismo em relação às outras categorias sexuais, o que também ocasionará mudanças em suas exigências nutricionais, principalmente de lisina. Boler et al. (2011) observaram maiores rendimentos de carne magra na carcaça de suínos imunocastrados do que os castrados cirurgicamente, assim como suas exigências de lisina devem ser maiores que os animais cirurgicamente castrados. Porém as exigências de lisina para suínos inteiros e imunocastrados ainda precisam ser melhor definidas.

Por esses motivos, o fornecimento de lisina nas dietas dos suínos deve ser realizado de maneira personalizada para cada categoria sexual, respeitando as diferenças existentes entre cada metabolismo e fornecendo as quantidades necessárias de lisina.

2.3. Interação entre exigência de lisina e genética dos animais

As determinações quantitativas entre os diferentes genótipos e o desenvolvimento da composição da carcaça muscular em suínos são necessárias para entender melhor a divergência genotípica sobre as necessidades nutricionais (GU et al., 1992). Uma das dificuldades em comparar as exigências nutricionais entre duas raças diz respeito às suas capacidades desiguais em relação a ingestão voluntária de alimentos. Como por exemplo, a raça Meishan apresenta maior consumo de ração que as raças Landrace e Pietrain (WHITTEMORE et al., 2003). Assim como os suínos das raças Ibéricas também possuem maior capacidade de ingestão de alimentos que os da raça Landrace (RIVERA-FERRE et al., 2005), indicando que suínos de alto potencial genético para deposição de carne magra apresentam menor ingestão de alimentos que os animais de baixa e média deposição. Isso sugere que a concentração de aminoácidos na dieta de animais para alta deposição de carne magra deverá ser aumentada para suprir as necessidades para essa categoria (COFFEY et al., 2000).

Segundo Nieto et al. (2012), os suínos de elevado potencial genético para deposição de carne magra apresentam crescimento mais rápido que os animais de baixa a média capacidade de deposição de carne magra. Whittemore et al. (2003) pesquisando sobre as diferenças entre componentes de carcaça entre três diferentes raças (Meishan, Landrace e Pietrain) dos 25 aos 115 kg, observaram que suínos da raça Pietrain atingem o peso corporal mais lentamente que as outras raças, apresentando menor teor de gordura e maior teor de carne magra na carcaça ao atingir pesos mais elevados. Enquanto suínos da raça Meishan apresentaram maior teor de gordura na carcaça, menor deposição de tecido magro e menor área de olhos de lombo (Figura 7). Os animais Landrace apresentaram deposições intermediárias.

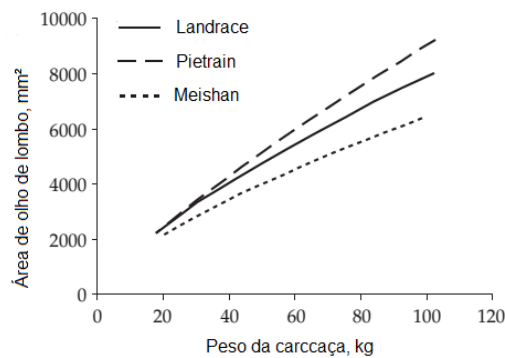


Figura 7. Aumento da área de olho de lombo de suínos de diferentes raças em função do peso da carcaça (Adaptado de WHITTEMORE et al., 2003).

Outro aspecto bastante pesquisado diz respeito às diferenças entre a capacidade de deposição de tecido magro, e de deposição de proteína e lipídios entre os diferentes tecidos corporais nos diferentes genótipos. Whittemore et al. (2003) avaliando a composição proteica e lipídica do corpo inteiro (carcaça, osso, pele, cabeça, pés, cauda, sangue, vísceras e gordura) encontraram maior deposição de massa proteica para a raça Pietrain. No entanto, a raça Meishan apresentou comportamento bastante semelhante a raça Landrace. A raça Meishan apresentou maior relação da retenção de massa lipídica que a raça Pietrain. As estimativas das taxas diárias de retenção de proteínas no corpo inteiro foram 0,152; 0,197 e 0,142 kg/dia para suínos Landrace, Pietrain e Meishan, respectivamente. Nieto et al. (2012) declararam que a composição química e os componentes corporais do corpo inteiro de suínos Ibérico não se ajustam a modelos de

crescimento para suínos de genótipo para média ou alta deposição de tecido magro, o que ocasiona diferenças substanciais nos requerimentos nutricionais entre esses diferentes genótipos.

Suínos de genótipos diferentes também apresentam diferenças metabólicas nas concentrações sanguíneas de alguns metabólitos e hormônios (FERNÁNDEZ-FÍGARES et al., 2007). Por exemplo, Melo (2015) encontrou concentrações séricas de creatinina maiores em fêmeas suínas de grupamento genético melhorado quando comparado ao grupamento genético de animais nativos. A creatinina apresenta correlação moderada com o peso corporal e alta correlação com o teor de massa muscular magra corporal (BAXMANN et al., 2008), isto é, quanto maior a concentração sanguínea de creatinina maior o teor de deposição de massa muscular magra. O nível de creatinina sérico pode ser considerado um dos indicadores de requerimento aminoacídico nos animais (LOHMANN et al., 2012).

Essas diferenças serão responsáveis pelas alterações na composição química corporal ou seus componentes na mesma fase de crescimento. Segundo a pesquisa de exigência de Lisina para suínos de dois grupos genéticos realizada por Gasparotto et al. (2001), os suínos apresentaram um requerimento de 1,00% e 0,75% para animais de alto potencial para deposição de carne magra e animais de cruzamento comum, respectivamente. Assim, suínos com alto potencial de deposição de carne magra irão exigir maior consumo de lisina, para poderem expressar seu potencial genético para deposição de carne magra.

2.3.1. Características produtivas da raça Duroc e influência da dieta

Os animais da raça Duroc apresentam pelagem com coloração que varia do castanho escuro ao vermelho castanho alaranjado. Segundo Latorre et al. (2003), a pelagem escura da raça Duroc proporciona maior resistência aos raios solares em clima quente do que raças de pelagem branca (Landrace e Large White). O que possibilita maior adaptação a sistemas de pastejo, sistemas extensivos ou sistema intensivo de criação de suínos ao ar livre (SISCAL) (MAFESSONI, 2014). É uma raça de alto vigor e rusticidade, e se caracteriza por uma maior adaptabilidade às condições tropicais do Brasil. Segundo a Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS, 2014) a raça

Duroc encontra-se em terceiro lugar no registro genealógico de animais puros brasileiros, perdendo para as raças Large White e Landrace, respectivamente.

Os animais desta raça também se destacam por sua precocidade, pois apresentam bons índices de desempenho, como: boa conversão alimentar, elevado ganho de peso e crescimento rápido (BERTOLIN, 1992). As características produtivas e de carcaça de suínos da raça Duroc são próximas ou superiores às características das raças brancas (LATORRE et al., 2003). Suínos das raças Duroc atingem o peso desejado de abate na mesma idade que suínos da raça Landrace e Large White (TÄNAVOTS et al., 2011), porém possuem maior área de olho de lombo (AOL) que animais da raça Landrace (HURNIK, 2004), e músculo *Longissimus thoracis* maior que em animais cruzados (PÖLDVERE et al., 2015).

Animais da raça Duroc apresentam maior teor de marmoreio e taxa crescimento que as raças Hampshire e Large White (LOWE et al., 2011), maior espessura de toucinho e teor de gordura intramuscular que a raça Large White (ENFÄLT et al., 1997). Segundo Pöldvere et al. (2015), os suínos Duroc apresentam melhores características de qualidade da carne e de espessura de gordura, também apresentam melhores conteúdos de proteína. Os animais dessa raça possuem uma produção de carne com desejáveis características de qualidade, como: maior gordura intramuscular e adequado pH da carne às 24 horas, baixa perda por gotejamento e por cozimento, além de apresentarem elevada suculência e sabor quando comparados com suínos cruzados (CHOI et al., 2014). Cabling et al. (2015) observaram que existe correlação genética positiva entre a espessura de toucinho com as seguintes características: pH, teor de umidade e capacidade de retenção de água.

Contudo, suínos da raça Duroc também terão suas características afetadas pelo teor nutricional da dieta. Wood et al. (2004) avaliando dietas com diferentes níveis de proteína, dieta convencional e de baixa proteína, em suínos da raça Duroc, Large White, Berkshire e Tamworth, concluíram que os teores de gordura muscular e intermuscular dos animais foram influenciados pela interação dieta e raça. Para a variável músculo o efeito da dieta foi mais marcado na raça Duroc, que teve o músculo reduzido em aproximadamente 9% com a redução da proteína da dieta e também redução na taxa de crescimento. No entanto, a dieta com baixa proteína proporcionou maior suculência à carne dos animais Duroc. Hamill et al. (2013) avaliaram dietas com alta e baixa proteína

em fêmeas suínas da raça Duroc na fase de acabamento, e encontraram menor ganho de peso e conversão em animais alimentados com baixa proteína, além de tendência na redução do peso da carcaça. Para a análise de composição corporal não houve efeito significativo sobre a proteína e umidade, mas houve efeito significativo no teor de gordura. Os animais da dieta com baixa proteína tiveram quase o dobro de espessura de gordura que os animais da dieta com alta proteína.

2.4. Interação entre exigência de lisina e temperatura ambiente

O desempenho dos suínos, incluindo a eficiência alimentar, é potencializado quando os animais são mantidos dentro da zona de termoneutralidade. Suínos apresentam diferentes zonas de conforto térmico de acordo com a idade e peso vivo. Animais mais jovens e com menor peso vivo corporal toleram temperaturas mais elevadas, porém apresentam menor tolerância a grandes variações de temperatura. À medida que os suínos crescem, as temperaturas da zona de conforto térmico decrescem, porém com limites de tolerância maior. Como pode ser observado na Tabela 1 (MYER e BUCKLIN, 2001; MILLER, 2012).

Tabela 1. Temperaturas ótimas para suínos em diferentes idades

| Faixa de peso, kg | Temperatura ótima, °C | Limites desejáveis, °C |
|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Recém-nascido | 35 | 32 a 38 |
| 2 a 5 | 30 | 27 a 32 |
| 5 a 20 | 27 | 24 a 30 |
| 20 a 55 | 21 | 16 a 27 |
| 55 a 110 | 18 | 10 a 24 |

Fonte: Myer e Bucklin (2001).

Quando os suínos são submetidos a temperaturas ambientes acima da faixa de conforto térmico, eles ativam fisiologicamente dois mecanismos para minimizar os efeitos do estresse térmico. O primeiro inclui aumento da dissipação de calor. Para isso, o animal irá utilizar sua área de superfície corporal, colocando seu corpo em contato com uma superfície fria, como, por exemplo, o piso. Becker et al. (1992) observaram um pequeno aumento do comprimento de carcaça sob condições quentes comparada à condições termoneutras. Segundo Hsia e Lu (2004), é uma estratégia adaptativa para

dissipar calor em ambiente com temperatura elevada, por necessitarem de maiores superfícies corporais para perda de calor.

Outra forma de dissipar calor é através do aumento da taxa de respiração (respiração ofegante), que resultará no aumento da quantidade de ar inspirada e expelida dos pulmões. O aumento do fluxo de ar aumenta a evaporação da água a partir dos pulmões. Assim, os suínos são resfriados através de um processo chamado de resfriamento evaporativo (DILLEY et al., 2013).

Uma terceira forma de redução do calor produzido é a partir do controle do metabolismo corporal, visto que consumo, digestão e absorção de nutrientes são processos metabólicos que atuam na produção de calor (MYER e BUCKLIN, 2001). Para tanto, os suínos diminuem voluntariamente o consumo de ração (QUINIOU et al., 1999; LE BELLEGO et al., 2002), aproximadamente 860 g do consumo diário e 188 g de ganho de peso médio diário (BECKER et al., 1992; KATSUMATA et al., 1996). A cada um grama reduzido na ingestão de proteína haverá uma redução de 1,7 kcal na produção de calor total pelos suínos na fase de crescimento. Essa redução na produção de calor pode ser atribuída à diminuição do incremento calórico da ração associada à síntese e excreção de ureia a partir do excesso de aminoácidos (LE BELLEGO et al., 2002).

A redução do consumo voluntário de ração ocasionado pelo estresse por calor resultará em um desequilíbrio nutricional. Fato que reduzirá a ingestão de proteína, podendo ocasionar deficiência proteica, restrição na deposição muscular e redução do crescimento (BROWN-BRANDL et al., 2000). Dessa forma, recomenda-se a redução da proteína bruta da dieta e suplementação com aminoácidos para o favorecimento da eficiência do crescimento magro e para a redução do gasto de energia, eliminando, assim, o excesso de proteínas (KERR et al., 2003). Alguns trabalhos relatam a redução da produção de calor pelos suínos alimentados com dietas com baixo teor de proteína bruta e suplementação de aminoácidos quando comparados a suínos alimentados com alto teor de proteína bruta (LE BELLEGO et al., 2002; KERR et al., 2003). Lopez et al. (1994) observaram que o aumento de lisina de 0,6% para 1,0% com baixa proteína, nas dietas de suínos submetidos a um ambiente quente, melhorou o desempenho e aumentou a deposição de carne magra na carcaça. Myer e t al. (1998) também concluíram que o

aumento do teor de lisina nas rações de suínos em condições de temperaturas de verão, tenderam a reduzir a espessura de toucinho.

2.5. Interação entre exigência de lisina e teor de energia da dieta

O conteúdo energético da ração é considerado um componente importante para os requerimentos de crescimento e manutenção de funções corporais do suíno (KIM e EASTER, 2003). Segundo Rezende et al. (2006), o teor energético das rações possui efeito significativo sobre a quantidade de ração consumida. Na fase de crescimento a capacidade ingestiva de alimento (teor energético) é limitada pela capacidade intestinal (VAN LUNEN e COLE, 2001). Enquanto na fase terminação, quando o trato gastrointestinal encontra-se mais desenvolvido, o consumo de alimento é relativamente maior, e o teor energético será utilizado como uma ferramenta para o controle do consumo voluntário e de melhoria da eficiência alimentar. O consumo de ração é reduzido em função do acréscimo do teor de energia metabolizável da ração (ETTLE et al., 2003; REZENDE et al., 2006), como pode ser visto na Figura 8.

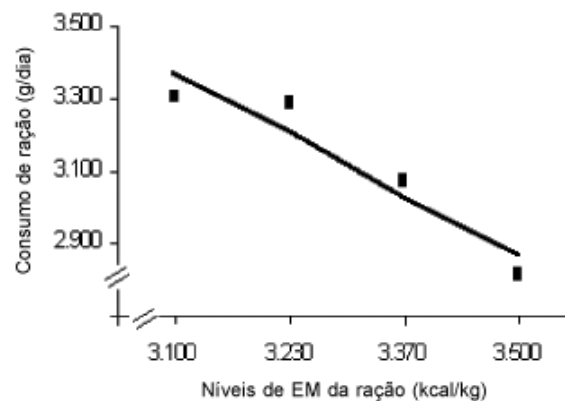


Figura 8. Consumo de ração de suínos na fase de terminação em função dos níveis de energia metabólica da ração (Adaptado de REZENDE et al., 2006).

Uma vez que o teor de energia das rações apresenta efeito significativo sobre o consumo voluntário dos animais, faz-se necessário que os teores de proteína e o perfil aminoacídico da ração sejam formulados de acordo com o teor energético das rações

(REZENDE et al., 2006). Um dos fatores importantes que determinam a taxa de deposição proteica corporal é o consumo de lisina, pois, considera-se que existe uma relação linear entre o acréscimo de proteína na dieta e a ingestão de energia.

Se a ingestão de energia for maior que a quantidade necessária para a manutenção e menor que o montante necessário para maximizar a deposição proteica, a ingestão energética se encontrará acima do necessário para deposição do tecido magro. Assim, a quantidade excedente será direcionada para deposição de lipídios, e ocorrerá aumentos na proporção de gordura, e na espessura de toucinho em relação a deposição de carne (BIKKER, 1994; QUINIOU et al., 1999). Segundo Bikker (1994), o fornecimento de energia extra não resultou nenhum efeito benéfico sobre a taxa de deposição de proteína ou lisina quando os animais receberam dietas com baixos níveis de lisina. Por outro lado, os animais apresentaram maior consumo de energia, ocasionando aumento na deposição de lipídios na carcaça. De acordo com Szabó et al. (2001), a diminuição dietética nos níveis de lisina e de energia reduzirá o desempenho dos suínos e o teor de carne magra, porém, a deposição de gordura será menos pronunciada.

Com aumento no teor de proteína para suínos em fase de crescimento e terminação, o consumo de energia se tornará um fator limitante para a deposição de proteína corporal (BIKKER, 1994). Alguns estudos, do tipo dose-resposta com suínos em crescimento, demonstram uma condição platô para o teor de proteína corporal quando os níveis energéticos das dietas se mantiveram equilibrados (ABREU et al., 2007; AROUCA et al., 2007; SANTOS et al., 2011). Quando o consumo de proteína for maior que o de energia, a deposição de lipídio ocorrerá mais lentamente devido à maior proporção de proteína corporal depositada.

A deposição proteica é limitada tanto pela ingestão de proteína quanto pelo consumo de energia (BATTERHAM et al., 1990). No entanto, o ganho de proteína pode ser inibido pelo consumo de energia, dessa forma, é necessário aumentar a ingestão de energia de acordo com a o acréscimo proteico. Uma vez que, para cada quantidade adicional de proteína depositada faz-se necessário uma unidade adicional o consumo de energia (DE GREEF, 1992; BIKKER, 1994). A redução da resposta entre a relação energia e proteína se refletirá sobre a exigência de energia para deposição de proteína e lipídios pelo organismo (BIKKER, 1994).

Níveis elevados de ingestão de lisina aumentaram a deposição de proteína e lisina em 20 e 1,5 g/dia, respectivamente, quando utilizado 3 MJ de energia digestível a mais por dia. O que significa que o elevado consumo de proteína e níveis de energia podem limitar o acréscimo de proteína, e que o fornecimento de energia extra pode melhorar a utilização de lisina e proteína. Como mostra a Figura 9 (BIKKER, 1994).

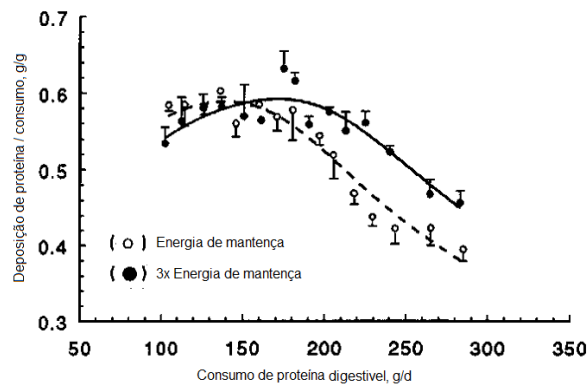


Figura 9. Efeitos da ingestão diária de proteína ileal digestível sobre a eficiência da utilização de proteína em marrãs alimentadas com diferentes níveis de energia digestível (Adaptado de BIKKER, 1994).

Portanto, expressar os requisitos de aminoácidos com uma relação com a proporção de energia garante que as quantidades de aminoácidos serão consumidas adequadamente para o crescimento do animal, independentemente da alteração da concentração de energia na dieta (SMITH et al., 1999).

3. Considerações finais

O aminoácido lisina desempenha um papel importante no desenvolvimento dos animais, assim como, na deposição proteica e na deposição de massa magra na carcaça. A exigência de lisina é modificada de acordo com a idade, sexo e genética dos animais, assim como pela temperatura ambiente e pelo teor energético da ração, necessitando de alguns ajustes durante o processo de produção para que não ocorra excesso ou deficiência desse aminoácido. Quando ocorre o desequilíbrio desse nutriente na ração, a taxa de crescimento de tecido magro e o desempenho do animal são influenciados negativamente, podendo ocasionar aumento nos custos de produção. O que leva a

necessidade de planejar ajustes nutricionais de acordo com os fatores que possam exercer influência sobre os sistemas de criação, objetivando-se a otimização da produção de carne suína com maior massa magra e com menores custos.

4. Referências bibliográficas

ABREU, M. L. T. et al. Níveis de lisina digestível em rações , utilizando-se o conceito de proteína ideal , para suínos machos castrados de alto potencial genético , dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 62–67, 2007.

ALVARENGA, A. L. N. et al. Aspectos reprodutivos e estresse na espécie suína. **Boletim Técnico**. Lavras, MGEDITORA UFLA, , 2011.

AROUCA, C. L. C. et al. Níveis de lisina para suínos machos castrados selecionados geneticamente para deposição de carne magra na carcaça, dos 95 aos 122 kg. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 531–539, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS (ABCS). **Produção de Suínos: Teoria e Prática**. 1. ed. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.abcs.org.br/attachments/1823_Livro%20Produ%C3%A7%C3%A3o.pdf >. Acesso em: 29 agosto 2015.

AUGSPURGER, N. R. et al. The effect of sire line on the feeding patterns of grow-finish pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 75, n. 2, p. 103–114, 2002.

BATOREK, N. et al. Meta-analysis of the effect of immunocastration on production performance, reproductive organs and boar taint compounds in pigs. **Animal**, v. 6, n. 8, p. 1330–1338, 2012.

BATTERHAM, E. S. et al. Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs: Effect of dietary lysine concentration on efficiency of lysine retention. **British Journal of Nutrition**, v. 64, n. 1, p. 81, 1990.

BAXMANN, A. C. et al. Influence of muscle mass and physical activity on serum and urinary creatinine and serum cystatin C. **Clinical Journal of the American Society of Nephrology**, v. 3, n. 2, p. 348–354, 2008.

BECKER, B. A. et al. Effect of a hot environment on performance, carcass characteristics, and blood hormones and metabolites of pigs treated with porcine somatotropin. **Journal of animal science**, v. 70, n. 9, p. 2732–2740, 1992.

BERTOLIN, A. **Suinocultura**. Curitiba: Lítero-Técnica, 1992.

BIDNER, B. S. et al. Influence of dietary lysine level, pre-slaughter fasting, and rendimento napole genotype on fresh pork quality. **Meat Science**, v. 68, n. 1, p. 53–60, 2004.

BIKKER, P. **Protein and lipid accretion in body components of growing pigs: Effects of body weight and nutrient intake.** PhD Thesis. Wageningen Agricole University, 1994.

BOLER, D. D. et al. Effects of increasing lysine on carcass composition and cutting yields of immunologically castrated male pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 7, p. 2189–2199, 2011.

BROWN-BRANDL, T. M. et al. Manual and thermal induced feed intake restriction on finishing barrows. I: Effects on growth, carcass composition, and feeding behavior. **Transactions of the ASAE**, v. 43, n. 4, p. 987–992, 2000.

CABLING, M. M. et al. Estimation of genetic associations between production and meat quality traits in Duroc pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 28, n. 8, p. 1061–1065, 2015.

CHANG, Y.-M.; WEI, H.-W. The Effects of Dietary Lysine Deficiency on Muscle Protein Turnover in post weaning pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 18, n. 9, p. 1326–1335, 2005.

CHIBA, L. I. et al. Growth performance and carcass traits of pigs subjected to marginal dietary restrictions during the grower phase. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 7, p. 1769–1776, 1999.

CHO, S. B. et al. Effect of lysine to digestible energy ratio on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 25, n. 11, p. 1582–1587, 2012.

CHOI, J. S. et al. Comparison of carcass characteristics and meat quality between duroc and crossbred pigs. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 34, n. 2, p. 238–244, 2014.

CISNEROS, F. et al. Influence of Slaughter Weight on Growth and Carcass Characteristics, Commercial Cutting and Curing Yields, and Meat Quality of Barrows and Gilts from Two Genotypes. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 5, p. 925–933, 1996.

COFFEY, R. D.; PARKER, G. R.; LAURENT, K. M. Feeding growing-finishing pigs to maximize lean growth rate. **Cooperative Extension Service - University of Kentucky, College of Agriculture**, p. 1–7, 2000.

DANFAER, A.; STRATHE, A. B. Quantitative and physiological aspects of pig growth. In: **Nutritional physiology of the pig**. pp. 35–44, 2012.

DE GREEF, K. H. **Prediction of production; Nutrition induced tissue partitioning in growing pigs.** Wageningen Agriculture University, 1992.

DILLEY, A. et al. **Minimizing Heat Stress in Beef Cattle Livestock newsletter of the southeast extension district.** University of Minnesota Extension, 2013.

ENFÄLT, A. C. et al. Effects of outdoor rearing and sire breed (Duroc or Yorkshire) on carcass composition and sensory and technological meat quality. **Meat Science**, v. 45, n. 1, p. 1–15, 1997.

ETTLE, T.; ROTH-MAIER, D. A.; ROTH, F. X. Effect of apparent ileal digestible lysine to energy ratio on performance of finishing pigs at different dietary metabolizable energy levels. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 87, n. 7–8, p. 269–279, 2003.

FERNÁNDEZ-FÍGARES, I. et al. Serum profile of metabolites and hormones in obese (Iberian) and lean (Landrace) growing gilts fed balanced or lysine deficient diets. **Livestock Science**, v. 110, n. 1–2, p. 73–81, 2007.

FRIESEN, K. G. et al. Influence of Dietary lysine on growth and carcass composition of high-lean-growth gilts fed from 34 to 72 kilograms. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 1761–1770, 1994.

GASPAROTTO, L. F. 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.

GATTÁS, G. et al. Inclusão de lisina digestível em dietas para leitões dos 60 aos 100 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 5, p. 1317–1324, 2012.

GU, Y. et al. Effects of ractopamine, genotype, and growth phase on finishing performance and carcass value in swine: II. Estimation of lean growth rate and lean feed efficiency. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 7, p. 2694–2702, 1991.

GU, Y.; SCHINCKEL, A. P.; MARTIN, T. G. Growth, Development, and Carcass Composition in 5 Genotypes of Swine. **Journal of animal science**, v. 70, n. 6, p. 1719–1729, 1992.

HAMILL, R. M. et al. Transcriptome analysis of porcine M. semimembranosus divergent in intramuscular fat as a consequence of dietary protein restriction. **BMC Genomics**, v. 14, n. 1, p. 1–14, 2013.

HSIA, L. C.; LU, G. H. The Effect of High Environmental Temperature and Nutrient Density on Pig Performance, Conformation and Carcass Characteristics under Restricted Feeding System. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 17, n. 2, p. 250–258, 2004.

HURNIK, D. **Loin eye size and what factors drive it?** Atlantic Swine Research Partnership Inc. Annual Report, 2004. Disponível em: <<http://www.thepigsite.com/articles/1110/loin-eye-size-and-what-factors-drive-it/>>. Acesso em: 15/05/2018.

KATSUMATA, M et al. Growth and carcass fatness responses of finishing pigs to dietary fat supplementation at a high ambient temperature. **Animal Science**, v. 62, n. 3, p. 591–598, 1996.

KERR, B. J. et al. Influences of dietary protein level , amino acid supplementation and environmental temperature on performance , body composition , organ weights and total heat production of growing pigs 1. **Journal Animal Science**, v. 81, p. 1998–2007, 2003.

KIM, S. W.; EASTER, R. A. Amino acid utilization for reproduction in sows. In: **Amino Acids in Animal Nutrition**. 2. ed. Wallingford: CABI Publishing, v. 2, 2003. p. 203–222.

KIMURA, I. et al. Functions of MAPR (membrane-associated progesterone receptor) family members as heme/steroid-binding proteins. **Current Protein & Peptide Science**, v. 13, n. 7, p. 687–696, 2012.

LATORRE, M. A. et al. Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics, and meat quality of pigs slaughtered at 117 kg body weight. **Meat Science**, v. 65, n. 4, p. 1369–1377, 2003.

LATORRE, M. A. et al. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs 1. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 526–533, 2004.

LATORRE, M. A. et al. The effects of sex and slaughter weight on growth performance and carcass traits of pigs intended for dry-cured ham from Teruel (Spain). **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 8, p. 1933–1942, 2008.

LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Effect of high temperature and low-protein diets on the performance of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 3, p. 691–701, 2002.

LOHMANN, A. C. et al. Níveis de valina digestível para suínos machos castrados dos 15 aos 30 Kg. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 234, p. 267–278, 2012.

LOPES, L. S. Aspectos fisiológicos e estruturais que influenciam o desenvolvimento do tecido muscular. **Pubvet**, v. 4, n. 18, 2010.

LOPEZ, J. et al. The effects of diets formulated on an ideal protein basis on growth performance, carcass characteristics, and thermal balance of finishing gilts housed in a hot, diurnal environment. **Journal of animal science**1, v. 72, p. 367–379, 1994.

LOWE, B. K. et al. Characterization of loin shape from Duroc and Duroc composite finishing gilts. **Meat Science**, v. 87, n. 2, p. 146–150, 2011.

MAFESSONI, E. L. **Manual prático para produção de suínos**. Guaíba: Agrolivros, 2014.

MAIN, R. G. et al. Determining an optimum lysine: calorie ratio for barrows and gilts in a commercial finishing facility. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 9, p. 2190–2207, 2008.

MARANGON, A. F. C.; MELO, R. A. DE. Consumo de proteínas e ganho de massa

muscular. **Universitas: Ciências da Saúde**, v. 2, n. 2, p. 281–290, 2008.

MELO, R. L. C. DE. **Avaliação comportamental e fisiológica de suínos criados ao ar livre em clima quente**. Dissertação. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2015.

MILLER, T. G. **Swine Feed Efficiency: Influence of temperature** Iowa State University K-state research and extension, , 2012.

MILLET, S. et al. Considerations on the performance of immunocastrated male pigs. **Animal**, v. 5, n. 7, p. 1119–1123, 2011.

MYER, R.; BUCKLIN, R. Influence of Hot-Humid Environment on Growth Performance and Reproduction of Swine. **University of Florida, IFAS Extension. AN 107**, p. 1–8, 2001.

MYER, R. O.; BUCKLIN, R. A.; FIALHO, F. B. Effects of increased dietary lysine (protein) level on performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs reared in a hot, humid environment. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 41, n. 2, 1998.

NIETO, R. et al. Response analysis of the iberian pig growing from birth to 150 kg body weight to changes in protein and energy supply. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 11, p. 3809–3820, 2012.

PATTERSON, R. L. S. 5 α -Androst-16-ene-3-one:-Compound responsible for boar taint in boar fat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 19, n. D, p. 31–38, 1968.

PAULY, C. et al. Performances, meat quality and boar taint of castrates and entire male pigs fed a standard and a raw potato starch-enriched diet. **Animal**, v. 2, n. 11, p. 1707–1715, 2008.

PAULSEN, P.; SMULDERS, F. J. M. Modelling in meat science. **In: KLINTH, J.; DEVINE, C.; DIKEMANN, M. Encyclopedia of Meat Sciences**. Elsevier, Oxford, p. 861–868, 2014.

PÕLDVERE, A. et al. Effect of imported Duroc boars on meat quality of finishing pigs in Estonia. **Agronomy Research**, v. 13, n. 4, p. 1040–1052, 2015.

POROLNIKI, G. V. et al. Produção de suínos inteiros com ou sem a suplementação de aminoácidos : desempenho e custo de alimento. **Ciência Rural**, v. 42, n. 2, p. 340–345, 2012.

QUINIOU, N. et al. Effect of growth potential (body weight and breed/castration combination) on the feeding behaviour of individually kept growing pigs. **Livestock Production Science**, v. 61, n. 1, p. 13–22, 1999.

REZENDE, W. O. et al. Níveis de energia metabolizável mantendo a relação lisina digestível:caloria em rações para suínos machos castrados em terminação. **Revista**

Brasileira de Zootecnia, v. 35, n. 3 SUPPL., p. 1101–1106, 2006.

RIVERA-FERRE, M. G.; AGUILERA, J. F.; NIETO, R. Muscle fractional protein synthesis is higher in Iberian than in Landrace growing pigs fed adequate or lysine-deficient diets. **Journal of Nutrition**, v. 135, n. 3, p. 469–478, 2005.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileira para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2011.

SANTOS, F. D. A. et al. Níveis de treonina digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético na fase dos 95 aos 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 5, p. 1038–1044, 2011.

SHULL, C. M. **Modeling growth of pigs reared to heavy weights**. Dissertation (Doctor's degree in Philosophy in Animal Sciences) : University of Illinois at Urbana-Champaign, 2013, 143p.

SMITH, J.W. et al. Effects of dietary energy density and lysine:calorie ratio on growth performance and characteristics of growing-finishing pigs. **Journal Animal Science**, v. 77, p. 3007-3015, 1999.

SZABÓ, C. 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, n. February 2017, p. 2857–2865, 2001.

TÄNAVOTS, A. et al. . Factors affecting carcass and meat quality characteristics of pigs. I Effect of breed of sire and sex on carcass composition in pigs. **Agraarteadus**, v. 22, n. 1, p. 45–52, 2011.

TOUS, N. et al. Effect of reducing dietary protein and lysine on growth performance, carcass characteristics, intramuscular fat, and fatty acid profile of finishing barrows. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 129–140, 2014.

VAN LUNEN, T. A.; COLE, D. J. . Energy-amino acid interaction in modern pig genotypes. In: **Recent developments in pig nutrition**. Nottingham, UK: Nottingham University Press, 2001. v. 3, p. 439–466.

WHITTEMORE, C. T. et al. Physical and chemical composition of the carcass of three different types of pigs grown from 25 to 115 kg live weight. **Animal Science**, v. 77, n. 2, p. 235–245, 2003.

WHITTEMORE, C. T.; KYRIAZAKIS, I. **Whittemore's Science and Practice of Pig Production**. 3. ed. London, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2006.

WITTE, D. P. et al. Effect of dietary lysine level and environmental temperature during the finishing phase on the intramuscular fat content of pork. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 5, p. 1272–1276, 2000.

WOOD, J. D. et al. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. **Meat Science**, v. 67, n. 4, p. 651–667, 2004.

CAPÍTULO 2

**Desempenho de suínos machos castrados da raça Duroc na fase inicial
(15 aos 30 kg) em função dos níveis de proteína e aminoácidos**

Desempenho de suínos machos castrados da raça Duroc na fase inicial (15 aos 30 kg) em função dos níveis de proteína e aminoácidos

RESUMO: Objetivou-se avaliar níveis de proteína e aminoácidos, mantendo as relações entre os aminoácidos para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg. Para tanto, foram utilizados 50 suínos machos castrados da raça Duroc, com peso médio inicial de $14,95 \pm 3,22$ kg, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições com dois animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em níveis de proteína bruta e lisina, mantendo a relação com os demais aminoácidos digestíveis: 16,15%PB + 0,84%Lis; 17,23%PB + 0,94%Lis; 18,00%PB + 1,04%Lis; 18,70%PB + 1,14%Lis e 19,60%PB + 1,24%Lis na dieta. Avaliou-se desempenho, parâmetros sanguíneos e digestibilidade das dietas. Houve efeito linear crescente para o consumo de lisina e decrescente para conversão alimentar. Constatou-se efeito linear positivo para digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta. Também foi observado um comportamento linear crescente para proteína total e ureia sérica. Os níveis de proteína e lisina digestível de 19,60% e 1,24%, respectivamente, por proporcionar melhores resultados na conversão alimentar e digestibilidade aparente para os nutrientes de suínos machos castrados da raça Duroc na fase inicial.

Palavras-chaves: Aminoácido. Nutrição. Proteína ideal. Requerimento nutricional.

Performance of Duroc barrow in the initial phase (15 to 30 kg) as a function of protein and amino acid levels

ABSTRACT: The objective was to evaluate protein and amino acids levels, maintaining the relationship between amino acids for barrows in the initial phase. For this, 50 barrows of the Duroc breed, with initial weight 14.95 ± 3.22 kg, were used. The experimental design was completely randomized, with five treatments, five replicates with two animals per experimental unit. The treatments consisted of levels of crude protein and lysine, maintaining the relation with the other digestible amino acids: 16.15%CP + 0.84%Lys; 17.23%CP + 0.94%Lys, 18.00CP% + 1.04%Lys, 18.70%CP + 1.14%Lys and 19.60%PB + 1.24%Lys in the diet. Performance, blood parameters and digestibility of diets were evaluated. There was an increasing linear effect for lysine intake and decreasing for feed conversion. A positive linear effect for apparent digestibility of dry matter and crude protein was observed, also a growing linear behavior was observed for total protein and urea. The levels of protein and digestible lysine of 19.60% and 1.24%, respectively, provided better feed conversion and digestibility for the nutrients of barrows of Duroc breed in the initial phase.

Keyword: Amino acid. Nutrition. Ideal protein. Nutritional requirements.

INTRODUÇÃO

Suíños da raça Duroc se destacam por sua precocidade e por apresentarem bons índices de desempenho, como: boa conversão alimentar, elevado ganho de peso e crescimento rápido (BERTOLIN, 1992). Possuem ainda características produtivas e de carcaça próximas ou superiores às características de suínos das linhagens brancas (LATORRE et al., 2003). Esses animais apresentam maior teor de marmoreio e de taxa de crescimento que as raças Hampshire e Large White (LOWE et al., 2011) e podem apresentar maior teor de gordura na carcaça quando alimentados com níveis inadequados de proteína (HAMILL et al., 2013).

O teor de proteína dietética presente numa dieta depende do fornecimento de aminoácidos essenciais. Usualmente é estabelecida uma relação entre a lisina (Lis = 100%) e os demais aminoácidos essenciais (VAN MILGEN e DOURMAND, 2015). A lisina é tida como o aminoácido de referência por ser o primeiro aminoácido limitante para suínos em dietas à base de milho e farelo de soja (NRC, 2012), utilizado quase que exclusivamente na deposição de proteína corporal, por sua viabilidade econômica e facilidade de análise (HOSOTANI, 2013; SAKOMURA et al., 2014).

Algumas pesquisas têm reportado que a suplementação de lisina cristalina, para suínos na fase inicial, tem promovido melhorias na conversão alimentar, no ganho de peso e na deposição de proteínas na carcaça (MORETTO et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2006; CARVALHO et al., 2010). Nesse sentido, o requerimento de lisina deve ser adotado sem excesso ou deficiência, pois, essas modificações na disponibilidade de aminoácidos para o organismo dos animais ocasionarão: alterações no desempenho e nas características de carcaça, limitação do ganho de peso, desenvolvimento da massa muscular magra e aumento da deposição de gordura (FRIESEN et al., 1994; BIDNER et al., 2004; BIKKER et al., 2006; TOUS et al., 2014).

É importante ressaltar que as necessidades nutricionais dos animais podem ser influenciadas por alguns fatores como: consumo de ração, concentração de nutrientes na ração, variação genética, sexo e ambiente (NRC, 2012). Quanto maior a aptidão do suíno para deposição de carne magra, maiores serão seus requerimentos de lisina digestível (FONTES et al., 2005). Dessa maneira, faz-se necessário fornecer rações que atendam suas exigências específicas. Mediante o exposto, objetivou-se avaliar os efeitos

dos níveis de proteína e lisina, mantendo as relações entre os aminoácidos através do desempenho, dos parâmetros sanguíneos e da digestibilidade de suínos machos castrados da raça Duroc na fase inicial dos 15 aos 30 kg.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais desenvolvidos foram submetidos à Comissão de Ética no Uso de Animal da UFRPE (CEUA-UFRPE) sendo aprovado por meio da licença nº 035/2015.

Local e instalações do experimento

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), campus Recife, situado sob as coordenadas geográficas de 8°04'03"S e 34°55'00"W, Pernambuco, Brasil.

Os animais foram alojados em galpão de alvenaria com pé-direito de 2,10 m, coberto com telha cerâmica, dividido em 25 baias de 3,10 x 1,20 m², em piso de concreto, com comedouros tipo calha e bebedouros tipo chupeta.

A temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas diariamente através de termo-higrômetros digitais, instalados em diferentes locais do galpão, à altura do dorso dos animais. Durante o período experimental, as médias da temperatura registradas no interior do galpão foram de $24,48 \pm 1,84$ °C e $30,76 \pm 1,04$ °C, mínima e máxima, respectivamente; e a umidade relativa do ar permaneceu em torno de $58,42 \pm 2,74\%$.

Animais, delineamento experimental e dietas experimentais

Foram utilizados 50 suínos, machos castrados, da raça Duroc, com peso médio inicial de $14,95 \pm 3,22$ kg. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições, com dois animais por unidade experimental.

As dietas foram formuladas à base de milho e farelo de soja e suplementadas com vitaminas e minerais (Tabela 1).

Tabela 1. Composição centesimal, calculada e analisada das rações experimentais expressos na matéria natural

| Ingredientes | Níveis de proteína e lisina, % | | | | |
|------------------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 16,15%PB 0,84%Lis | 17,23%PB 0,94%Lis | 18,00%PB 1,04%Lis | 18,70%PB 1,14%Lis | 19,60%PB 1,24%Lis |
| Milho grão | 73,93 | 71,08 | 69,04 | 67,37 | 65,04 |
| Farelo de Soja | 22,46 | 25,17 | 26,95 | 28,40 | 30,48 |
| Óleo de soja | 0,59 | 0,67 | 0,75 | 0,81 | 0,90 |
| Fosfato Bicalcico | 1,41 | 1,40 | 1,39 | 1,38 | 1,37 |
| Calcário | 0,75 | 0,74 | 0,73 | 0,73 | 0,72 |
| Sal Comum | 0,43 | 0,42 | 0,46 | 0,42 | 0,42 |
| Suplemento Vit + Min ¹ | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| L-Lisina | 0,18 | 0,22 | 0,30 | 0,38 | 0,45 |
| DL-Metionina | 0,01 | 0,03 | 0,07 | 0,12 | 0,15 |
| L-Treonina | --- | 0,02 | 0,06 | 0,11 | 0,15 |
| L-Triptofano | --- | --- | --- | 0,01 | 0,02 |
| L-Valina | --- | --- | --- | 0,03 | 0,05 |
| TOTAL | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Valores Calculados | | | | | |
| Proteína Bruta, % | 16,15 | 17,23 | 18,00 | 18,70 | 19,60 |
| Lisina Dig., % | 0,840 | 0,940 | 1,040 | 1,140 | 1,240 |
| Metionina+ Cistina Dig., % | 0,481 | 0,526 | 0,582 | 0,638 | 0,694 |
| Treonina Dig., % | 0,540 | 0,592 | 0,655 | 0,718 | 0,781 |
| Triptofano Dig., % | 0,165 | 0,179 | 0,190 | 0,205 | 0,223 |
| Valina Dig., % | 0,677 | 0,721 | 0,756 | 0,787 | 0,806 |
| Cálcio, % | 0,733 | 0,733 | 0,733 | 0,733 | 0,733 |
| Fósforo Disponível, % | 0,363 | 0,363 | 0,363 | 0,363 | 0,363 |
| Sódio, % | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,200 |
| Energia Metabolizável (kcal/kg) | 3230 | 3230 | 3230 | 3230 | 3230 |
| Composição Analisada | | | | | |
| Matéria seca, % | 88,62 | 88,54 | 88,84 | 88,81 | 88,68 |
| Proteína Bruta, % | 16,60 | 17,49 | 18,27 | 18,91 | 19,06 |
| Lisina total, % | 0,96 | 1,01 | 1,07 | 1,30 | 1,38 |
| Metionina+ Cistina total, % | 0,55 | 0,57 | 0,61 | 0,73 | 0,77 |
| Treonina total, % | 0,64 | 0,68 | 0,72 | 0,84 | 0,90 |

(1) Quantidade por kg/ ração: Ácido fólico 15 mg; Biotina – 3 mg; Colina: 37,5 g; Cobre-5.000 mg; Ferro-2.500 mg; Iodo-13 mg; Manganês-334 mg; Niacina-479 mg; Pantotenato de Cálcio-240 mg; Piridoxina-48 UI; Riboflavina-75 mg; Selênio-5 mg; Tiamina-33 mg; Vit. A-150. 000 UI; Vit.B12-643 mg; Vit. D3-27.000 UI; Vit. E-450 UI; Vit.K-14 mg; Zinco-2.500 mg.

Os tratamentos consistiram em cinco rações contendo níveis crescentes de proteína bruta e lisina, mantendo relação com os demais aminoácidos digestíveis: 16,15%PB + 0,84%Lis; 17,23%PB + 0,94%Lis; 18,00%PB + 1,04%Lis; 18,70%PB +

1,14%Lis e 19,60%PB + 1,24%Lis, tomando como ponto médio dos tratamentos o nível de lisina digestível estabelecido por Rostagno et al. (2011), sendo todas isoenergéticas.

As rações foram suplementadas com aminoácidos cristalinos (L-lisina HCl, DL-metionina, L-treonina e L-triptofano) para manter constante a relação entre esses aminoácidos limitantes e a lisina, de acordo com o conceito de proteína ideal sugerido por Rostagno et al. (2011). A proteína das dietas variou de acordo com o teor de aminoácidos. O experimento teve a duração de 28 dias, sendo os primeiros sete dias para adaptação dos animais às dietas experimentais e ao ambiente.

Desempenho

Para determinação do ganho de peso médio diário (GPMD) os animais foram pesados no início, ao sétimo e 28º dias do período experimental. Durante todo o período experimental as dietas e a água foram fornecidas à vontade. As sobras das rações foram pesadas diariamente para avaliação do consumo de ração médio diário (CRMD), e da conversão alimentar (CA). Ao final do experimento, quando os animais atingiram o peso próximo aos 30 kg, foram tomadas as medições de espessura de toucinho (ET) *in vivo*, por meio do Renco Lean-Meater Ultrasonic Back Fat, no ponto P2, no espaço intercostal entre a última e penúltima costela.

Coefficientes de digestibilidade aparente e excreção de nitrogênio

Para a avaliação da digestibilidade aparente das dietas, os animais inicialmente receberam as respectivas rações experimentais contendo 0,5% de uma fonte de cinzas ácidas insolúveis (Celite®) como indicador de indigestibilidade durante um período de 72 horas, e a coleta parcial de fezes era realizada 24 horas após o consumo da ração com o indicador. A coleta teve início ao 14º dia do experimento. O recolhimento das amostras era realizado logo após a excreção dos animais, o que consistia na extração de uma amostra parcial das fezes evitando sua contaminação com urina ou outras partículas encontradas no ambiente.

As fezes coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e congeladas a -20°C. Posteriormente, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas, pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 55 °C, por um período de 72 horas, para pré-secagem. Ao serem retiradas da estufa e atingirem o

equilíbrio com a temperatura ambiente, as amostras foram pesadas novamente e moídas para serem analisadas.

As amostras de rações e fezes foram encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFRPE para análises de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) de acordo com técnicas descritas por Detmann et al. (2012). A análise para a determinação da composição de aminoácidos totais das rações foi realizada pela Empresa Evonik Industries AG Feed Additives / Animal Nutrition Services, através de espectroscopia por infravermelho próximo (NIR). A energia bruta (EB) das rações foi determinada em bomba calorimétrica (modelo IKA 200). Para a determinação da Cinza Ácida Insolúvel (CIA), seguiu-se a metodologia descrita por Van Keulen e Young (1977).

Os cálculos dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e proteína bruta pelo método da coleta parcial de fezes foram realizados de acordo com a equação descrita por Sakomura e Rostagno (2016).

Parâmetros bioquímicos séricos

As amostras de sangue foram coletadas ao final do período experimental por meio de punção do *sinus* orbital dos animais, utilizando agulhas hipodérmicas (40 x 1,6 mm). Em seguida, acondicionadas em tubos de 10 mL sem anticoagulante para obtenção do soro.

Os tubos, com amostras do sangue coletado, foram submetidos à centrifugação a 3.000 rpm, por 15 minutos, para obtenção do soro sanguíneo. Sequencialmente, foram transferidos para microtubos plásticos previamente identificados, e armazenados à temperatura de -20 °C, até o momento das análises laboratoriais, para a mensuração das seguintes variáveis: proteínas totais, ureia e creatinina.

As determinações bioquímicas sanguíneas foram realizadas no analisador bioquímico semiautomático (Doles D250[®]), utilizando os seguintes kits comerciais DOLES[®]: creatinina e ureia 500. A determinação da proteína total foi realizada através de refratômetro manual, no Laboratório de Biologia Molecular Aplicada à Produção Animal (BIOPA) do Departamento de Zootecnia da UFRPE.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão em função dos níveis de proteína e lisina nas rações, utilizando o nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do pacote estatístico PROC GLM e PROC REG do SAS[®] versão 9.4. (SAS Institute Inc., 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito linear crescente para o consumo de lisina, e efeito linear decrescente para conversão alimentar em função da inclusão dos níveis de proteína e lisina na dieta (Tabela 2). Contudo, as variáveis de peso final, consumo médio diário de ração, ganho de peso médio e espessura de toucinho, não foram influenciados significativamente pelos tratamentos.

Tabela 2. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre as características de desempenho de suínos castrados na fase inicial (15 aos 30 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|-------------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|------|---------------|----|
| | 16,15%PB | 17,23%PB | 18,00%PB | 18,70%PB | 19,60%PB | | L | Q |
| | 0,84%Lis | 0,94%Lis | 1,04%Lis | 1,14%Lis | 1,24%Lis | | | |
| Peso final, kg | 29,01 | 31,04 | 30,32 | 30,39 | 30,59 | 1,89 | Ns | Ns |
| CMDR, kg/dia | 1,04 | 1,02 | 1,00 | 1,03 | 1,02 | 0,05 | Ns | Ns |
| CDL, g/dia ¹ | 8,75 | 10,93 | 11,35 | 12,50 | 13,24 | 0,02 | 0,001 | Ns |
| GPMD, kg | 0,55 | 0,54 | 0,58 | 0,60 | 0,60 | 0,07 | Ns | Ns |
| CA, kg/kg ² | 1,94 | 1,80 | 1,74 | 1,75 | 1,71 | 0,16 | 0,038 | Ns |
| ET, mm ² | 5,41 | 5,68 | 5,46 | 5,35 | 5,28 | 0,30 | Ns | Ns |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: não significativo. L: Linear. Q: Quadrático. CDR: Consumo diário de ração. CDL: Consumo diário de lisina. GPMD: Ganho de peso médio diário. CA: Conversão alimentar. ET: Espessura de toucinho.

¹ $Y = 0,3782 + 10,555X$ ($R^2 = 0,94$); ² $Y = 2,4242 - 0,5780X$ ($R^2 = 0,77$).

O aumento dos níveis de proteína e de lisina refletiu na melhora da conversão alimentar, isto é, os animais foram mais eficientes no aproveitamento das rações que continham maior teor de aminoácidos e de proteína. Algumas pesquisas têm indicado que suínos apresentam maiores taxas de crescimento e melhor eficiência alimentar com o aumento dos níveis de lisina na ração (FONTES et al., 2005; TRINDADE-NETO et al., 2009; GANDRA et al., 2012).

A conversão alimentar apresenta correlação positiva com a espessura de toucinho (0,40 a 0,65) e negativa com a área de olho de lombo (-0,52 a -0,59) (JOHNSON et al., 1999; SUZUKI et al., 2005), ou seja, animais que apresentam menor conversão

alimentar, possivelmente, também apresentarão menor espessura de toucinho e maior área de olho de lombo. A espessura de toucinho não foi influenciada significativamente pelos níveis de lisina digestíveis na presente pesquisa. Isso pode ter ocorrido devido à deposição de tecido adiposo não ser predominante durante a fase inicial do desenvolvimento do suíno.

A fase inicial dos suínos compreende entre 10 e 30 kg de peso corporal. Esse período é caracterizado por um desenvolvimento exponencial dentro da curva de crescimento, relação do peso corporal dos animais em função da idade, ocorrendo o mesmo comportamento com a curva de deposição proteica que é elevada nessa fase (DANFAER e STRATHE, 2012). Segundo Friesen et al. (1994) a disponibilidade dos níveis ideais de lisina nas rações dos suínos promoverá melhoria na síntese proteica e nas características de carcaça.

O desempenho dos leitões na fase inicial é limitado pelo consumo de ração, apresentando uma baixa capacidade voluntária para consumo alimentar (WHITTEMORE e KYRIAZAKIS, 2006), fator que pode limitar o ganho de peso. Assim, na presente pesquisa foi observado o consumo médio de $1,02 \pm 0,02$ kg/dia de ração, sendo inferior ao relatado por Rostagno et al. (2011) que sugerem que o consumo médio de ração de um suíno na fase inicial é de 1,24 kg/dia. Apesar do consumo voluntário ser relativamente baixo, o aumento do nível de lisina digestível elevou a eficiência da digestibilidade proteica (Tabela 3). Sendo assim, um indicativo da melhor utilização dos aminoácidos disponíveis para deposição proteica e muscular, evidenciando a resposta encontrada na conversão alimentar.

Tabela 3. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes em dietas pra suínos castrados na fase inicial (15 aos 30 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------|---------------|----|
| | 16,15%PB 0,84%Lis | 17,23%PB 0,94%Lis | 18,00%PB 1,04%Lis | 18,70%PB 1,14%Lis | 19,60%PB 1,24%Lis | | L | Q |
| N ing., g/dia ¹ | 27,68 | 29,17 | 29,28 | 31,28 | 31,02 | 1,93 | 0,001 | Ns |
| N fecal, g/kg | 11,01 | 12,36 | 11,39 | 11,49 | 11,53 | 1,30 | Ns | Ns |
| CDAPB% ² | 92,38 | 93,37 | 93,36 | 95,79 | 95,91 | 4,33 | 0,001 | Ns |
| CDAMS% ³ | 81,39 | 83,27 | 84,63 | 88,90 | 88,49 | 1,93 | 0,001 | Ns |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: não significativo. L: Linear. Q: Quadrático. N: Nitrogênio. CDAPB: Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta. CDAMS: Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca.

¹ $Y = 20,539 + 8,7974X$ ($R^2 = 0,88$); ² $Y = 64,715 + 19,830X$ ($R^2 = 0,88$); ³ $Y = 84,311 + 9,4714X$ ($R^2 = 0,91$).

O aumento da quantidade da proteína bruta e de aminoácidos digestíveis nas rações proporcionou aumento linear ($P < 0,05$) na digestibilidade aparente da proteína bruta e da matéria seca das dietas dos suínos, sem alterar a excreção de nitrogênio pelas fezes para o ambiente. Apesar do teor de nitrogênio ingerido ter aumentado com os níveis crescentes da proteína bruta e de aminoácidos digestíveis, melhorou características de desempenho mas não elevou a excreção de nitrogênio para ambiente.

As proteínas circulantes na corrente sanguínea são sintetizadas em maior parte pelo fígado, sua formação vem após quebra e absorção dos aminoácidos pelo intestino. O aumento dos níveis de proteína sérica (Tabela 4) indicam que uma maior quantidade de aminoácido foi disponibilizada aos animais, gerando assim, maior síntese de proteínas, concordando com os resultados encontrados para digestibilidade aparente da proteína bruta. Segundo Wang et al. (2014), é necessário o fornecimento da quantidade correta de aminoácidos (essenciais e não essenciais) para que ocorra síntese proteica. No presente estudo foi mantida a relação lisina e aminoácidos essenciais, de acordo com o conceito de proteína ideal, também foi permitido o aumento da proteína bruta das rações para que os aminoácidos não essenciais pudessem ser disponibilizados aos animais.

Os níveis de lisina digestível incluídos nas dietas promoveram um aumento linear ($P < 0,05$) na proteína total e ureia sérica dos suínos da raça Duroc castrados (Tabela 4), sem alteração nos níveis de creatinina.

Tabela 4. Efeito dos níveis de proteína e lisina sobre os parâmetros sanguíneos em suínos na fase inicial (15 aos 30 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|---------------|----|
| | 16,15%PB 0,84%Lis | 17,23%PB 0,94%Lis | 18,00%PB 1,04%Lis | 18,70%PB 1,14%Lis | 19,60%PB 1,24%Lis | | L | Q |
| Proteína total, g/dL ¹ | 5,66 | 5,92 | 6,00 | 6,10 | 6,18 | 0,31 | 0,006 | Ns |
| Ureia, mg/dL ² | 26,14 | 33,71 | 31,76 | 35,56 | 41,69 | 10,15 | 0,025 | Ns |
| Creatinina, mg/dL | 0,67 | 0,66 | 0,60 | 0,63 | 0,61 | 0,06 | Ns | Ns |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: não significativo. L: Linear. Q: Quadrático. ¹ L: $Y = 4,7032 + 1,2200X$ ($R^2 = 0,92$); ² L: $Y = -0,5004 + 32,955X$ ($R^2 = 0,84$).

As quantidades de proteína total sérica dos níveis 0,84 e 0,94% de lisina apresentaram valores abaixo da faixa de referência para suínos (6 a 8 g/dL) (LOPES, et al., 2007). Os valores de ureia estão dentro da faixa de referência (21,4 a 64,2 mg/dL)

(LOPES et al., 2007). A ureia sérica assim como as proteínas totais também são sintetizadas pelo fígado, e tem sido uma variável bastante utilizada para identificar o nível de proteína ideal na dieta para suínos, visto que seu valor sérico está diretamente relacionado ao teor de proteína na ração (COMA et al., 1995).

Os resultados encontrados na presente pesquisa foram superiores aos valores encontrados na literatura. Oliveira et al. (2006) e Carvalho et al. (2010) encontraram níveis de 1,10% de lisina digestível. Rostagno et al. (2011) propõem 0,93% de lisina digestível para suínos castrados na fase inicial. Os resultados sugerem maiores pesquisas sobre nível lisina digestível para suínos da raça Duroc na fase inicial.

CONCLUSÕES

Os níveis de proteína e lisina digestível recomendado para dietas de suínos machos castrados da raça Duroc na fase inicial são de 19,60% e 1,24%, respectivamente, pois proporcionou melhorias na conversão alimentar e digestibilidade aparente para os nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTOLIN, A. **Suinocultura**. Curitiba: Lítro-Técnica, 1992.

BIDNER, B. S. et al. Influence of dietary lysine level, pre-slaughter fasting, and rendement napole genotype on fresh pork quality. **Meat Science**, v. 68, n. 1, p. 53–60, 2004.

BIKKER, P. et al. The effect of dietary protein and fermentable carbohydrates levels on growth performance and intestinal characteristics in newly weaned piglets. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 12, p. 3337–3345, 2006.

CARVALHO, L.E. et al. Exigência de lisina para suínos na fase de 10 a 20 kg nas condições do Nordeste brasileiro, **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 4, n. 2, p. 51–58, 2010.

COMA, J.; ZIMMERMAN, D.R.; CARRION, D. Lysine requirement of the lactating sow determined by using plasma urea nitrogen as a rapid response criterion. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 472–481, 1995.

DANFAER, A.; STRATHE, A. B. Quantitative and physiological aspects of pig growth. In **Nutritional physiology of the pig**, p. 35–44, 2012. Disponível em:

<http://vsp.lf.dk/Viden.aspx>. Acesso em: 18/04/2018.

DETMANN, E. et al. **Métodos para Análise de Alimentos**. Visconde de Rio Branco, MG: INCT - Ciência Animal, 2012.

FONTES, D.O. et al. Níveis de Lisina para leitoas selecionadas geneticamente para deposição de carne magra na carcaça, dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 81–89, 2005.

FRIESEN, K.G. et al. Influence of Dietary lysine on growth and carcass composition of high-lean-growth gilts fed from 34 to 72 kilograms. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 1761–1770, 1994.

GANDRA, E.R.S. et al. Digestible lysine levels in diets for pigs from 24 to 50 kg under sanitary segregation. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 9, p. 2039–2047, 2012.

HAMILL, R.M. et al. Transcriptome analysis of porcine M. semimembranosus divergent in intramuscular fat as a consequence of dietary protein restriction. **BMC Genomics**, v. 14, n. 1, p. 1–14, 2013.

HOSOTANI, G. **Effects of reduced protein and diet complexity on performance and cost of nurse piglets**. 2013. 128p. Dissertation (Master of Science) – University of Missouri-Columbia.

JOHNSON, Z.B. et al. Genetic Parameters for Production Traits and Measures of Residual Feed Intake in Large White Swine. **Journal of animal science**, v. 77, p. 1679–1685, 1999.

LATORRE, M.A. et al. Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics, and meat quality of pigs slaughtered at 117 kg body weight. **Meat Science**, v. 65, n. 4, p. 1369–1377, 2003.

LOPES, S.T.A.; BIONDO, A.W.; SANTOS, A.P. **Manual de patologia clínica veterinária**. 3 ed., 107p. Santa Maria: UFSM / Departamento de Clínica de Pequenos Animais, 2007.

LOWE, B.K. et al. Characterization of loin shape from Duroc and Duroc composite finishing gilts. **Meat Science**, v. 87, n. 2, p. 146–150, 2011.

MORETTO, V. et al. Níveis Dietéticos de Lisina para Suínos da Raça Landrace dos 15 aos 30 kg 1 Dietary Lysine Levels for Landrace Pigs from 15 to 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 3, p. 803–809, 2000.

NRC - NUTRIENT REQUIREMENTS OF SWINE. **Nutrient requirements of swine**. 10 ed. Washington, US: National Academy of Sciences, 2012.

OLIVEIRA, A.L.S. et al. Exigência de lisina digestível para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 6, p. 2338–2343, 2006.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas Brasileira para Aves e Suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3rd edn. Viçosa, MG: UFV, 2011.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Metodologias de pesquisa em nutrição de monogástrico**. 2 ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2016.

SAKOMURA, N.K. et al. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2014. 678p.

SAS Institute Inc. **System for windows, version 9.4**, 2012.

SUZUKI, K. et al. Selection for daily gain, loin-eye area, backfat thickness and intramuscular fat based on desired gains over seven generations of Duroc pigs. **Livestock Production Science**, v. 97, n. 3, p. 193–202, 2005.

TOUS, N. et al. Effect of reducing dietary protein and lysine on growth performance, carcass characteristics, intramuscular fat, and fatty acid profile of finishing barrows. **Journal Animal Science**, v. 92, p. 129–140, 2014.

TRINDADE-NETO, M.A. et al. Níveis de proteína em dietas de suínos em fase de crescimento e terminação. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 46, n. 6, p. 474–483, 2009.

VAN KEULEN, J.; YOUNG, B.A. Evaluation of Acid-Insoluble Ash as a Natural Marker in Ruminant Digestibility Studies. **Journal of Animal Science**, v. 44, p. 282–287, 1977.

VAN MILGEN, J.; DOURMAD, J.Y. Concept and application of ideal protein for pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.6, p.1-11, 2015.

WHITTEMORE, C.T.; KYRIAZAKIS, I. **Whittemore's Science and Practice of Pig Production**. 3rd edn. London, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2006.

WU, G. et al. Amino Acid Nutrition in Animals: Protein Synthesis and Beyond. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 2, n. 1, p. 387–417, 2014.

CAPÍTULO 3

Desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados da raça Duroc na fase de crescimento I (30 aos 50 kg) em função dos níveis de proteína e aminoácidos

Desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados da raça Duroc na fase de crescimento I (30 aos 50 kg) em função dos níveis de proteína e aminoácidos

RESUMO: Objetivou-se avaliar níveis de proteína e aminoácidos, mantendo as relações entre os aminoácidos para suínos machos castrados dos 30 aos 50 kg. Foram utilizados 50 suínos machos castrados, com peso inicial de $30,35 \pm 1,96$ kg, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições, com dois animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em níveis de proteína bruta e lisina, mantendo a relação com os demais aminoácidos digestíveis: 14,72%PB + 0,73%Lis; 15,77%PB + 0,83%Lis; 16,70%PB + 0,93%Lis; 17,35%PB + 1,03%Lis e 17,80%PB + 1,13%Lis na dieta. Avaliou-se desempenho, avaliação de carcaça, parâmetros sanguíneos e digestibilidade das dietas. Houve efeito quadrático para o ganho de peso, conversão alimentar e níveis de creatinina em função dos níveis de lisina, com níveis ótimos estimados em 0,92%Lis, 0,93%Lis e 0,93%Lis, respectivamente. As características de carcaça não foram influenciadas significativamente pelos tratamentos. Constatou-se efeito linear positivo para digestibilidade aparente da proteína bruta, proteína total e ureia sérica. Conclui-se que os níveis de proteína e lisina digestível recomendado para dietas de suínos machos castrados da raça Duroc na fase de crescimento I são de 16,70% e 0,93%, respectivamente, pois proporcionou melhorias no ganho de peso, conversão alimentar e creatinina sérica.

Palavras-chaves: Aminoácido digestível. Crescimento. Desempenho. Requerimento nutricional.

Performance and carcass characteristics of Duroc barrow in the growth phase (30 to 50 kg) as a function of protein and amino acid levels

ABSTRACT: The objective was to evaluate protein and amino acid levels, maintaining the relationship among amino acids for barrows from 30 to 50 kg. For this, 50 barrows of the Duroc breed, with initial weight 30.35 ± 1.96 kg, were used. The experimental design was completely randomized, with five treatments and five replicates with two animals per experimental unit. The treatments consisted of crude protein and lysine levels, maintaining the relationship with the other digestible amino acids: 14.72%CP + 0.73%Lys; 15.77%CP + 0.83%Lys; 16.70%CP + 0.93%Lys; 17.35%CP + 1.03%Lys and 17.80%CP + 1.13%Lys in the diets. Performance, carcass characteristics, blood parameters and diets digestibility were evaluated. There was a quadratic effect for weight gain, feed conversion and creatinine levels as a function of lysine levels, with optimal levels estimated at 0.92, 0.93 and 0.93%, respectively. The carcass characteristics were not significantly influenced by the treatments. Positive linear effect was observed for apparent digestibility of crude protein, total protein and serum urea. It is concluded that the levels of protein and digestible lysine recommended for diets of barrows in growth phase I are 16.70% and 0.93%, respectively, as it provided improvements in weight gain, feed conversion and serum creatinine.

Keyword: Amino acid. Duroc. Growth phase. Performance. Nutritional requirements.

INTRODUÇÃO

Suíños da raça Duroc têm suas características de desempenho e carcaça afetadas pela redução da proteína da dieta, podendo apresentar decréscimo na taxa de crescimento e no desenvolvimento muscular em aproximadamente 9%. Também apresentam alterações nos teores de gordura muscular e intermuscular influenciados, quando comparados a outras raças (Large White, Berkshire e Tamworth) (WOOD et al., 2004).

Estratégias alimentares para otimizar a utilização de proteína na alimentação de animais não ruminantes são cada vez mais pesquisadas. O conceito de proteína ideal é o mais utilizado, uma vez que se baseia na quantificação dos aminoácidos essenciais expressos em proporções ideais a um aminoácido referência, no qual, o aminoácido geralmente utilizado é a lisina (GATTÁS et al., 2012).

A lisina é o primeiro aminoácido limitante na nutrição de suínos, sendo encontrada em quantidades insuficientes em quase todas as dietas a base de grãos de cereais (NRC, 2012). A lisina é utilizada principalmente para síntese proteica, chegando a representar aproximadamente 80% de acréscimo proteico em animais jovens (KLASING, 2009). Pesquisas demonstram que a suplementação de lisina cristalina nas dietas pode melhorar o desempenho na fase de crescimento em suínos (ROY et al., 2000; ABREU et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2006; SHELTON et al., 2011).

No entanto, a suplementação desse aminoácido deve ser adotada sem excesso ou deficiência. Isso ocorre porque quando disponibilizada em quantidades inadequadas ao organismo dos animais ocasiona alterações no desempenho e nas características de carcaça, como: redução do ganho de peso, aumento da conversão alimentar, aumento da espessura de toucinho e redução na deposição de carne magra (BIDNER et al., 2004; TOUS et al., 2014).

O requerimento nutricional dos animais pode sofrer variações de acordo com variações ambientais, idade, sexo ou raça. Nesse sentido, objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis de proteína e lisina, mantendo as relações entre os aminoácidos, através de: desempenho, características de carcaça, parâmetros sanguíneos e digestibilidade de suínos machos castrados da raça Duroc na primeira fase de crescimento dos 30 aos 50 kg.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais desenvolvidos foram submetidos à Comissão de Ética no Uso de Animal da UFRPE (CEUA-UFRPE) sendo aprovados por meio da licença nº 035/2015.

Local e instalações do experimento

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), campus Recife, Pernambuco, Brasil, situado sob as coordenadas geográficas de 8°04'03"S e 34°55'00"W.

Os animais foram alojados em galpão de alvenaria com pé-direito de 2,10 m, coberto com telha cerâmica, dividido em 25 baias de 3,10 x 1,20 m² em piso de concreto, com comedouros tipo calha e bebedouros tipo chupeta.

A temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas diariamente através de termo-higrômetros digitais, instalados em diferentes locais do galpão, à altura do dorso dos animais. Durante o período experimental, as médias da temperatura registradas no interior do galpão foram de $24,55 \pm 1,24$ °C e $31,44 \pm 1,87$ °C, mínimas e máximas, respectivamente; e a umidade relativa do ar permaneceu em torno de $54,01 \pm 1,91\%$.

Animais, delineamento experimental e dietas experimentais

Foram utilizados 50 suínos, machos castrados, da raça Duroc, com peso médio inicial de $30,35 \pm 1,96$ kg. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições, com dois animais por unidade experimental.

Os tratamentos consistiram em cinco rações contendo níveis de proteína bruta e lisina, mantendo relação com os demais aminoácidos digestíveis: 14,72%PB + 0,73%Lis; 15,77%PB + 0,83%Lis; 16,70%PB + 0,93%Lis; 17,35%PB + 1,03%Lis e 17,80%PB + 1,13%Lis, tomando como ponto médio dos tratamentos o nível de lisina digestível estabelecido por Rostagno et al. (2011), sendo todas isoenergéticas.

As rações foram suplementadas com aminoácidos cristalinos (L-lisina HCl, DL-metionina, L-treonina e L-triptofano) para manter constante a relação entre esses

aminoácidos limitantes e a lisina, de acordo com o conceito de proteína ideal, sugerido por Rostagno et al. (2011). A proteína das dietas variou de acordo com o teor de aminoácidos.

As dietas foram formuladas à base de milho e farelo de soja e suplementadas com vitaminas e minerais (Tabela 1). O experimento teve duração de 28 dias, sendo os primeiros sete dias para adaptação dos animais às dietas experimentais e ao ambiente.

Tabela 1. Composição centesimal, calculada e analisada das rações experimentais expressos na matéria natural

| Ingredientes | Níveis de proteína e lisina, % | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | 14,72%PB 0,73%Lis | 15,77%PB 0,83%Lis | 116,70%PB 0,93%Lis | 17,35%PB 1,03%Lis | 17,80%PB 1,13%Lis |
| Milho grão | 78,38 | 75,55 | 73,13 | 71,54 | 70,54 |
| Farelo de Soja | 18,56 | 21,27 | 23,54 | 24,91 | 25,55 |
| Óleo de soja | 0,28 | 0,36 | 0,44 | 0,48 | 0,55 |
| Fosfato Bicalcico | 1,15 | 1,14 | 1,13 | 1,12 | 1,11 |
| Calcário | 0,68 | 0,67 | 0,66 | 0,66 | 0,65 |
| Sal Comum | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,37 | 0,37 |
| Suplemento Vit + Min ⁽¹⁾ | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| L-Lisina | 0,15 | 0,20 | 0,26 | 0,35 | 0,46 |
| DL-Metionina | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,08 | 0,13 |
| L-Treonina | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,08 | 0,15 |
| L-Triptofano | --- | --- | --- | 0,01 | 0,02 |
| L-Valina | --- | --- | --- | --- | 0,05 |
| TOTAL | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Valores Calculados | | | | |
| Proteína Bruta, % | 14,72 | 15,77 | 16,70 | 17,35 | 17,80 |
| Lisina Dig., % | 0,730 | 0,830 | 0,930 | 1,030 | 1,130 |
| Metionina+ Cistina Dig., % | 0,453 | 0,488 | 0,521 | 0,577 | 0,633 |
| Treonina Dig., % | 0,499 | 0,541 | 0,587 | 0,649 | 0,712 |
| Triptofano Dig., % | 0,145 | 0,159 | 0,173 | 0,185 | 0,203 |
| Cálcio, % | 0,630 | 0,630 | 0,630 | 0,630 | 0,630 |
| Fósforo Disponível, % | 0,311 | 0,311 | 0,311 | 0,311 | 0,311 |
| Sódio, % | 0,180 | 0,180 | 0,180 | 0,180 | 0,180 |
| Energia Metabolizável (Kcal/kg) | 3230 | 3230 | 3230 | 3230 | 3230 |
| | Valores Analisados | | | | |
| Matéria seca, % | 89,57 | 89,68 | 89,25 | 89,60 | 89,45 |
| Proteína bruta, % | 15,75 | 16,05 | 17,31 | 17,81 | 18,16 |
| Lisina total, % | 0,87 | 0,91 | 1,07 | 1,14 | 1,26 |
| Metionina+ Cistina total, % | 0,54 | 0,55 | 0,59 | 0,65 | 0,70 |
| Treonina total, % | 0,66 | 0,68 | 0,75 | 0,77 | 0,80 |

(1) Quantidade por kg/ ração: Colina: 37,5 g; Vit. A: 1.625.000 UI; Vit. D3: 400.000UI; Vit. E: 7.500 UI; Vit. K3: 750 mg; Vit. B1: 550 mg; Vit. B2: 1.375 mg; Vit. B6: 500 mg; Vit. B12: 5.000 mg; Niacina: 5.000 mg; Ácido Pantotênico: 2.300 mg; Ácido Fólico: 125 mg; Biotina: 7,5 mg; Ferro: 25 g; Cobre: 3.750 mg; Manganês: 12,5 g; Zinco: 31,25 g; Iodo: 250 mg; Selênio: 75 mg.

Desempenho e Características de carcaça

Para determinação do ganho de peso médio diário (GPMD) os animais foram pesados no início, ao sétimo e 28º dias do período experimental. Durante todo o período experimental as dietas e a água foram fornecidas à vontade, sendo as sobras das rações pesadas diariamente para avaliação do consumo de ração médio diário (CRMD), e conversão alimentar (CA).

Ao final do experimento, quando os animais atingiram o peso próximo aos 50 kg, foi realizada a mensuração das características de carcaça *in vivo* utilizando o aparelho de ultrassonografia Pie Medical modelo 401347 Aquila[®], utilizou-se uma sonda linear de 11 cm, de 3,5 MHz. Para obtenção das imagens da área de olho de lombo (AOL), espessura de toucinho (ET) e profundidade do lombo (PL), o transdutor foi colocado perpendicular à coluna vertebral entre a 12ª e 13ª costelas, do lado esquerdo do animal, utilizando-se um acoplador acústico (*standoff*). A interpretação das imagens foi realizada utilizando-se o software Lince[®] Versão 1.2.0.

Coefficientes de digestibilidade aparente e excreção de nitrogênio

A avaliação da digestibilidade aparente das dietas foi realizada 14 dias após o início do experimento, sendo adicionado 0,5% de uma fonte de cinzas ácidas insolúveis (Celite[®]) como indicador de indigestibilidade durante um período de 72 horas, a coleta parcial de fezes era realizada 24 horas após o consumo da ração com o indicador. A coleta teve início ao 14º dia do experimento. O recolhimento das amostras era realizado logo após a excreção dos animais, prática que consistia na extração de uma amostra parcial das fezes evitando sua contaminação com urina ou outras partículas encontradas no ambiente.

As fezes coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e congelados a -20 °C. Posteriormente, as amostras foram descongeladas, homogêneas, pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 55 °C, por um período de 72 horas, para pré-secagem. Ao serem retiradas da estufa e atingirem o equilíbrio com a temperatura ambiente, as amostras foram pesadas novamente e moídas para a realização das análises.

A urina foi coletada uma vez ao dia, no período da manhã, utilizando um coletor de plástico para o recolhimento da amostra no momento da excreção do animal. Após a

coleta, as amostras foram transferidas para garrafas plásticas, identificadas e armazenadas em freezer (-20 °C) até realização da análise de nitrogênio.

As amostras de rações, fezes e urina foram encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFRPE para análises de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), de acordo com técnicas descritas por Detmann et al. (2012). A análise para a determinação da composição de aminoácidos totais das rações foi realizada pela Empresa Evonik Industries AG Feed Additives / Animal Nutrition Services, através de espectroscopia por infravermelho próximo (NIR). A energia bruta (EB) das rações foi determinada em bomba calorimétrica (modelo IKA 200). A determinação da Cinza Ácida Insolúvel (CIA), realizou-se segundo a metodologia descrita por Van Keulen e Young (1977).

Os cálculos dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e proteína bruta pelo método da coleta parcial de fezes foram realizados de acordo com a equação descrita por Sakomura e Rostagno (2016).

Parâmetros bioquímicos séricos

As amostras de sangue foram coletadas ao final do período experimental, por meio de punção do *sinus* orbital dos animais, utilizando agulhas hipodérmicas (40 x 1,6 mm), em seguida, acondicionadas em tubos de 10 mL sem anticoagulante para obtenção do soro.

Os tubos, com amostras do sangue coletado, foram submetidos à centrifugação a 3.000 rpm, por 15 minutos, para obtenção do soro sanguíneo. Sequencialmente, foram transferidos para microtubos plásticos previamente identificados, e armazenados à temperatura de -20 °C até o momento das análises laboratoriais para a mensuração das seguintes variáveis: proteínas totais, ureia e creatinina.

As determinações bioquímicas sanguíneas foram realizadas no analisador bioquímico semiautomático (Doles D250[®]), utilizando os kits comerciais: creatinina e ureia 500 (DOLES[®]). A determinação da proteína total foi realizada através de refratômetro manual, no Laboratório de Biologia Molecular Aplicada à Produção Animal (BIOPA) do Departamento de Zootecnia da UFRPE.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão em função dos níveis de proteína e lisina nas rações, utilizando o nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do pacote estatístico PROC GLM e PROC REG do SAS[®] versão 9.4. (SAS Institute Inc., 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontram-se os valores médios de desempenho e características de carcaça de suínos na fase de crescimento, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína e lisina. Houve efeito linear crescente para o consumo de lisina de acordo com o acréscimo dos níveis de lisina nas dietas.

Tabela 2. Efeito dos níveis de de proteína e lisina sobre as características de desempenho de suínos castrados na fase de crescimento I (30 a 50 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|--|--------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|------|---------------|-------|
| | 14,72%PB 0,73%Lis | 15,77%PB 0,83%Lis | 116,70%PB 0,93%Lis | 17,35%PB 1,03%Lis | 17,80%PB 1,13%Lis | | L | Q |
| Peso Final, kg ¹ | 48,81 | 50,15 | 50,73 | 50,56 | 49,63 | 1,51 | Ns | 0,040 |
| CMDR, kg/dia | 2,16 | 2,05 | 2,07 | 2,08 | 2,12 | 0,28 | Ns | Ns |
| CDL, g/dia ² | 15,78 | 17,06 | 19,33 | 21,42 | 23,95 | 3,30 | 0,001 | Ns |
| GPMD, kg/dia ³ | 0,84 | 0,95 | 0,97 | 0,93 | 0,86 | 0,13 | Ns | 0,047 |
| CA, kg/kg ⁴ | 2,60 | 2,20 | 2,18 | 2,25 | 2,64 | 0,34 | Ns | 0,048 |
| Características de Carcaça (Ultrassom) | | | | | | | | |
| AOL, cm ² | 24,82 | 24,88 | 24,96 | 24,57 | 23,70 | 2,03 | Ns | Ns |
| ET mm ² | 5,02 | 5,05 | 5,53 | 5,66 | 5,71 | 0,64 | Ns | Ns |
| PM, cm | 2,73 | 2,90 | 2,81 | 2,70 | 2,67 | 4,89 | Ns | Ns |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: não significativo. L: Linear. Q: Quadrático. CMDR: Consumo médio diário de ração. CDL: Consumo diário de lisina. GPMD: Ganho de peso médio diário. CA: Conversão alimentar. AOL: Área de olho de lombo. ET: Espessura de toucinho. PM: Profundidade do músculo.

¹ $Y = 16,03177000 + 72,59314286X - 37,92857143X^2$ ($R^2 = 0,81$); ² $Y = 0,2448 + 20,714X$ ($R^2 = 0,91$); ³ $Y = -2,0063 + 6,4379X - 3,4766X^2$ ($R^2 = 0,93$); ⁴ $Y = 12,354 - 22,097X + 11,947X^2$ ($R^2 = 0,96$).

O consumo médio diário de ração (CMDR) dos suínos não foi influenciado significativamente ($P > 0,05$) pelos níveis de lisina digestível. Frequentemente, alterações no consumo voluntário de ração comprometem diretamente parâmetros de desempenho dos animais. No entanto, houve efeito quadrático para o peso final, ganho de peso médio diário e conversão alimentar dos animais em função dos níveis de lisina

digestível, sendo os valores ideais estimados em 0,96%Lis, 0,92%Lis e 0,92%Lis, respectivamente. Através das equações foram estimados maior peso final e maior ganho de peso em 50,76 kg e 0,97 kg/dia, respectivamente, e menor conversão alimentar de 2,05 kg/kg.

Os resultados demonstram que a deficiência e o excesso de lisina afetaram as características de desempenho dos animais, pois houve redução do GPMD e o aumento da CA (Figura 1 e 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Zhang et al. (2008), que, avaliando diminuição dos níveis de lisina na fase de crescimento (20 a 50 kg), observaram redução do ganho de peso e da eficiência alimentar. Chang e Wei (2005) também encontraram baixo ganho de peso e taxa de crescimento lento em suínos devido a deficiência de lisina.

Os dados de característica de carcaça *in vivo* não foram influenciados significativamente ($P>0,05$) pelos níveis de lisina digestível. Os resultados corroboram com os encontrados por Gasparotto et al. (2001), que também não conseguiram observar efeito dos níveis de lisina sobre a espessura de toucinho e profundidade do lombo de suínos machos castrados, de grupamento genético não melhorado, em fase de crescimento. Os resultados indicaram que as características produtivas dos animais da raça Duroc estão próximas ao grupamento genético de desempenho médio, de acordo com o estabelecido Rostagno et al. (2011).

O coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta dos suínos aumentou linearmente em função dos níveis de proteína e lisina (Tabela 3), sem alterar a porcentagem de nitrogênio excretado pelas fezes e urina.

Tabela 3. Efeito dos níveis de de proteína e lisina sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes em suínos castrados na fase de crescimento I (30-50 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|------|---------------|----|
| | 14,72%PB 0,73%Lis | 15,77%PB 0,83%Lis | 116,70%PB 0,93%Lis | 17,35%PB 1,03%Lis | 17,80%PB 1,13%Lis | | L | Q |
| N ing., g/dia ¹ | 51,32 | 50,53 | 51,31 | 56,22 | 61,37 | 6,16 | 0,001 | Ns |
| N fecal, g/kg | 9,15 | 9,77 | 9,51 | 9,15 | 9,48 | 0,65 | Ns | Ns |
| N urina, g/kg | 24,04 | 23,80 | 22,62 | 24,04 | 24,27 | 4,44 | Ns | Ns |
| CDAMS | 90,24 | 91,56 | 91,92 | 92,67 | 91,75 | 2,03 | Ns | Ns |
| CDAPB ² | 87,64 | 89,04 | 91,53 | 91,85 | 91,30 | 2,81 | 0,007 | Ns |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: não significativo. L: Linear. Q: Quadrático. N: Nitrogênio. CDAMS: Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca. CDAPB: Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta.

¹Y = 30,162 + 25,799X (R² = 0,78); ²Y = 80,839 + 10,143X (R² = 0,75).

Os resultados das concentrações de proteína total, ureia sérica e creatinina sérica dos suínos encontram-se na Tabela 4. Pode-se observar que houve aumento linear na concentração de proteína total ($P < 0,001$) e ureia ($P < 0,001$).

As concentrações de ureia encontradas na presente pesquisa estão dentro da faixa de referência (21,4 a 64,2 mg/dL) descrita por Lopes et al. (2007).

Quanto aos níveis de creatinina, apresentaram comportamento quadrático, com maior concentração ao nível estimado de 0,93Lis% e onto de máxima concentração estimada de 0,73 mg/dL.

Tabela 4. Efeito dos níveis de de proteína e lisina sobre os parâmetros sanguíneos em suínos machos castrados na fase de crescimento I (30-50 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|------|---------------|-------|
| | 14,72%PB 0,73%Lis | 15,77%PB 0,83%Lis | 116,70%PB 0,93%Lis | 17,35%PB 1,03%Lis | 17,80%PB 1,13%Lis | | L | Q |
| Proteína total, g/dL ¹ | 6,22 | 6,35 | 6,6 | 6,56 | 6,74 | 0,28 | 0,001 | Ns |
| Ureia, mg/dL ² | 23,78 | 25,93 | 26,56 | 33,19 | 44,49 | 9,21 | <0,001 | Ns |
| Creatinina, mg/dL ³ | 0,65 | 0,69 | 0,71 | 0,74 | 0,63 | 0,09 | Ns | 0,035 |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: não significativo. L: Linear. Q: Quadrático. ¹L: $Y=5,3494+1,2200X$ ($R^2 = 0,79$); ²L: $Y=48,660-14,461X$ ($R^2 = 0,83$); ³Q: $Y=-1,1775+4,0964X-2,1857X^2$ ($R^2 = 0,75$).

Os valores de creatinina sérica aumentaram de forma quadrática até o nível de 0,934% em função dos níveis de lisina digestível. A creatinina apresenta correlação moderada com peso corporal e alta correlação com o teor de massa muscular (BAXMANN et al., 2008), isto é, quanto maior a concentração sanguínea de creatinina maior será a deposição de massa muscular. O nível de creatinina sérico pode ser considerado um dos indicadores de requerimento aminoacídico nos animais (LOHMANN et al., 2012). Coincidindo com o nível próximo ao encontrado nos resultados de desempenho.

CONCLUSÕES

Os níveis de proteína e lisina digestível recomendado para dietas de suínos machos castrados da raça Duroc na fase de crescimento I são de 16,70% e 0,93%, respectivamente, pois proporcionou melhorias no ganho de peso, conversão alimentar e creatinina sérica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. L. T. et al. Níveis de lisina digestível em rações , utilizando-se o conceito de proteína ideal , para suínos machos castrados de alto potencial genético , dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 62–67, 2007.
- BAXMANN, A. C. et al. Influence of muscle mass and physical activity on serum and urinary creatinine and serum cystatin C. **Clinical Journal of the American Society of Nephrology**. v. 3, n. 2, p. 348–354, 2008.
- BIDNER, B.S. et al. Influence of dietary lysine level, pre-slaughter fasting, and rendement napole genotype on fresh pork quality. **Meat Science**. v. 68, p. 53-60, 2004.
- CHANG, Y.M.; WEI, H.W. The Effects of Dietary Lysine Deficiency on Muscle Protein Turnover in post weaning pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**. v. 18, n. 9, p. 1326–1335, 2005.
- DETMANN, E. et al. **Métodos para Análise de Alimentos**. Visconde de Rio Branco, MG: INCT - Ciência Animal, 2012.
- GASPAROTTO, L. F. 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.
- GATTÁS, G. et al. Inclusão de lisina digestível em dietas para leitoas dos 60 aos 100 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 64, n. 5, p. 1317–1324, 2012.
- KLASING, K. Minimizing amino acid catabolism decreases amino acid requirements. **The Journal of Nutrition**. v. 139, n. 1, p. 11–12, 2009.
- LOHMANN, A. C. et al. Níveis de valina digestível para suínos machos castrados dos 15 aos 30 Kg. **Archivos de Zootecnia**. v. 61, n. 234, p. 267–278, 2012.
- LOPES, S. T. A. et al. **Manual de patologia clínica veterinária**. 3 ed., 107p. Santa Maria: UFSM. Departamento de Clínica de Pequenos Animais, 2007.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Swine**. 9 ed. Washington, US: National Academy of Sciences, 93p., 2012.
- OLIVEIRA, A. L. S. et al. Exigência de lisina digestível para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 35, n. 6, p. 2338–2343, 2006.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileira para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed, Viçosa, MG: UFV, 252p., 2011.
- ROY, N. et al Whole-body protein metabolism and plasma profiles of amino acids and

hormones in growing barrows fed diets adequate or deficient in lysine. **Canadian Journal of Animal Science**. v. 80, p. 585–595, 2000.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Metodologias de pesquisa em nutrição de monogástrico**. 2nd edn. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2016.

SAS Institute Inc. **System for windows**, version 9.4., 2012.

SHELTON, N. W. et al. Effects of increasing dietary standardized ileal digestible lysine for gilts grown in a commercial finishing environment. **Journal of Animal Science**. v. 89, n. 11, p. 3587–3595, 2011.

TOUS, N. et al. Effect of reducing dietary protein and lysine on growth performance, carcass characteristics, intramuscular fat, and fatty acid profile of finishing barrows. **Journal Animal Science**. v.92, p.129-140, 2014.

VAN KEULEN, J.; YOUNG, B. A. Evaluation of Acid-Insoluble Ash as a Natural Marker in Ruminant Digestibility Studies. **Journal of animal science**. v. 44, p. 282–287, 1977.

WOOD, J.D. et al. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. **Meat Science**, v. 67, p. 651-667, 2004.

ZHANG, J. et al. Effects of Lower Dietary Lysine and Energy Content on Carcass Characteristics and Meat Quality in Growing-finishing Pigs. **Asian-Australasian Journal Animal Science**. v.21, n.12, p. 1785-1793, 2008.

CAPÍTULO 4

Desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados da raça Duroc na fase de crescimento II (50 aos 70 kg) em função dos níveis de proteína e aminoácidos

Desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados da raça Duroc na fase de crescimento II (50 aos 70 kg) em função dos níveis de proteína e aminoácidos

RESUMO: Objetivou-se avaliar níveis de proteína e aminoácidos, mantendo as relações entre os aminoácidos para suínos machos castrados dos 50 aos 70 kg. Para tanto, foram utilizados 50 suínos machos castrados, peso inicial de $50,38 \pm 1,76$ kg, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições, com dois animais por parcela. Os tratamentos consistiram em níveis de proteína bruta e lisina, mantendo a relação com os demais aminoácidos digestíveis: 14,72%PB + 0,73%Lis; 15,77%PB + 0,83%Lis; 16,70%PB + 0,93%Lis; 17,35%PB + 1,03%Lis e 17,80%PB + 1,13%Lis na dieta. Foram avaliados: desempenho, parâmetros sanguíneos, digestibilidade das dietas, características de carcaça, composição tecidual e peso dos órgãos. Houve efeito quadrático dos tratamentos sobre o consumo de ração e ganho de peso médio diário, com os melhores níveis estimados de 0,79 e 0,81% de lisina digestível, respectivamente. Observou-se aumento linear para o teor de proteína da secção entre a nona e a décima primeira costela, rendimento de carne magra, quantidade de carne magra na carcaça e taxa de deposição de carne magra em função dos níveis de lisina. Enquanto isso, a espessura média de toucinho e área de gordura foram reduzidas significativamente. Concluindo-se que os níveis de proteína e lisina foram de 15,04% e 0,81%, respectivamente, por proporcionar melhorias as características de desempenho, e de 16,37% e 1,02%, respectivamente, por favorecer a deposição de carne magra na carcaça dos animais.

Palavras-chaves: Aminoácidos. Desempenho. Rendimento de carcaça. Requerimento nutricional.

Performance and carcass characteristics of Duroc barrow in the growth phase (50 to 70 kg) as a function of protein and amino acid levels

ABSTRACT: The objective was to evaluate protein and lysine levels, keeping the relation between amino acids for barrows from 50 to 70 kg. For this, 50 barrows of the Duroc breed, with initial weight 50.38 ± 1.76 kg, were used. The experimental design was completely randomized, with five treatments, five replicates with two animals per experimental unit. The treatments consisted of crude and lysine levels, keeping the relationship with the other digestibles amino acids: 14.72% CP + 0.73% Lys; 15.77% CP + 0.83% Lys; 16.70% CP + 0.93% Lys; 17.35% CP + 1.03% Lys and 17.80% CP + 1.13% Lys in the diet. Performance, blood parameters, digestibility of diets were evaluated, carcass characteristics, composition tissue and organ weight. There was a quadratic effect of treatments on feed intake and daily average weight gain, with the best levels estimated at 0.79 and 0.81% of lysine, respectively. The protein content of the section between the ninth and eleventh ribs, lean meat yield, lean meat quantity in the carcass and lean meat deposition rate increased linearly as a function of lysine levels. Meanwhile, the mean fat thickness and fat area were significantly reduced. It is concluded that the protein and lysine levels were 15.04% CP and 0.81% Lys, as they provided improvements in performance characteristics, and of 16.37% CP and 1.02% Lys, favoring deposition of lean meat in the animal carcass.

Keyword: Amino acids. Growth phase. Performance. Carcass yield. Nutritional requirements.

INTRODUÇÃO

A raça Duroc possui como uma de suas principais características de composição de carcaça elevado teor de gordura intramuscular, atribuindo aspectos qualitativos como sabor e suculência da carne aos animais dessa raça. Estudos têm mostrado que o conteúdo de gordura intramuscular pode ser aumentado de acordo com a alimentação (D'SOUZA et al., 2003; LIU et al., 2015). Segundo Szabó et al. (2001), os níveis de aminoácidos e o reflexo na densidade energética da ração também influenciam a taxa de deposição de proteína e lipídios na carcaça.

Diferentes concentrações de lisina nas dietas podem ocasionar diferentes implicações no desenvolvimento dos tecidos corporais dos suínos. Alguns trabalhos não observam efeito significativos dos níveis de lisina sobre espessura de toucinho (ABREU et al., 2007; HAESE et al., 2011), outros verificaram efeitos lineares ou quadráticos (FONTES et al., 2005; SANTOS et al., 2011).

A lisina é utilizada como referência na formulação, como padrão para estimar os requisitos de outros aminoácidos e garantir um ótimo desempenho e rendimento de carne magra (FORTES et al., 2011). Para isso, recomenda-se proporcionar um perfil equilibrado de aminoácidos essenciais e não essenciais na dieta sem quaisquer excessos ou deficiências, proporcionando um padrão de aminoácidos que atendam às exigências dos suínos em crescimento. Essa prática é conhecida como conceito de proteína ideal ou equilíbrio de aminoácidos ideal, (SHANNON e ALEE, 2010).

Mediante o exposto, objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis de proteína e lisina, mantendo as relações entre os aminoácidos, através de: desempenho, parâmetros sanguíneos, digestibilidade das dietas, características de carcaça, composição tecidual e peso dos órgãos de suínos machos castrados da raça Duroc na segunda fase de crescimento dos 50 aos 70 kg.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais foram submetidos à Comissão de Ética no Uso de Animal da UFRPE (CEUA-UFRPE) sendo aprovado por meio da licença nº 035/2015.

Local e instalações do experimento

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), campus Recife, situado sob as coordenadas geográficas de 8°04'03"S e 34°55'00"W, Pernambuco, Brasil.

Os animais foram alojados em galpão de alvenaria com pé-direito de 2,10 m, coberto com telha cerâmica, divididos em 25 baias de 3,10 x 1,20 m² em piso de concreto, com comedouros tipo calha e bebedouros tipo chupeta.

A temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas diariamente, através de termo-higrômetros digitais, instalados em diferentes locais do galpão, à altura do dorso dos animais. Durante o período experimental, as médias da temperatura registradas no interior do galpão foram de $24,77 \pm 2,29$ °C e $32,83 \pm 0,85$ °C, mínima e máxima, respectivamente; e a umidade relativa do ar permaneceu em torno de $66,42 \pm 3,89\%$.

Animais, delineamento experimental e dietas experimentais

Foram utilizados 50 suínos, machos castrados, da raça Duroc, com peso médio inicial de $50,38 \pm 1,75$ kg. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições, com dois animais por unidade experimental.

As dietas foram formuladas à base de milho e farelo de soja e suplementadas com vitaminas e minerais (Tabela 1). Os tratamentos consistiram em cinco rações contendo níveis crescentes de proteína bruta e lisina, mantendo relação com os demais aminoácidos digestíveis: 16,15%PB + 0,84%Lis; 17,23%PB + 0,94%Lis; 18,00%PB + 1,04%Lis; 18,70%PB + 1,14%Lis e 19,60%PB + 1,24%Lis, tomando como ponto médio dos tratamentos o nível de lisina digestível estabelecido por Rostagno et al.

(2011), sendo todas isoenergéticas. As rações foram suplementadas com aminoácidos cristalinos (L-lisina HCl, DL-metionina, L-treonina e L-triptofano) para manter constante a relação entre esses aminoácidos limitantes e a lisina, de acordo com o conceito de proteína ideal sugerido por Rostagno et al. (2011). A proteína das dietas variou de acordo com o teor de aminoácidos. O experimento teve duração de 28 dias, sendo os primeiros sete dias para adaptação dos animais às dietas experimentais e ao ambiente.

Tabela 1. Composição centesimal, calculada e analisada das rações experimentais expressos na matéria natural

| Ingredientes | Níveis de proteína e lisina, % | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 13,60%PB 0,62%Lis | 14,56%PB 0,72%Lis | 15,23%PB 0,82%Lis | 15,77%PB 0,92%Lis | 16,37%PB 1,02%Lis |
| Milho grão | 81,86 | 79,33 | 77,72 | 76,45 | 75,10 |
| Farelo de Soja | 15,53 | 18,01 | 19,50 | 20,56 | 21,71 |
| Óleo de soja | 0,05 | 0,11 | 0,14 | 0,17 | 0,20 |
| Fosfato bicálcico | 0,84 | 0,82 | 0,82 | 0,81 | 0,80 |
| Calcário calcítico | 0,60 | 0,59 | 0,58 | 0,58 | 0,57 |
| Sal Comum | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Suplemento Vit. + Min. ⁽¹⁾ | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| L-Lisina | 0,10 | 0,15 | 0,24 | 0,34 | 0,43 |
| L-Treonina | - | 0,02 | 0,04 | 0,08 | 0,12 |
| DL-Metionina | - | - | 0,01 | 0,06 | 0,10 |
| L-Triptofano | - | - | - | 0,02 | 0,03 |
| L-Valina | - | - | - | - | 0,04 |
| Caulim | 0,24 | 0,19 | 0,17 | 0,16 | 0,11 |
| TOTAL | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Valores Calculados | | | | | |
| Proteína Bruta, % | 13,60 | 14,56 | 15,23 | 15,77 | 16,37 |
| Lisina Dig., % | 0,621 | 0,721 | 0,821 | 0,921 | 1,021 |
| Metionina+ Cistina Dig., % | 0,418 | 0,439 | 0,464 | 0,516 | 0,572 |
| Treonina Dig., % | 0,454 | 0,507 | 0,541 | 0,594 | 0,645 |
| Triptofano Dig., % | 0,129 | 0,142 | 0,150 | 0,171 | 0,185 |
| Cálcio, % | 0,513 | 0,513 | 0,513 | 0,513 | 0,513 |
| Fósforo Disponível, % | 0,250 | 0,250 | 0,250 | 0,250 | 0,250 |
| Sódio, % | 0,170 | 0,170 | 0,170 | 0,170 | 0,170 |
| Energia Metab. (Kcal/kg) | 3.2379 | 3.2362 | 3.2356 | 3.2351 | 3.2336 |
| Valores Analisados | | | | | |
| Matéria seca, % | 88,77 | 88,55 | 89,52 | 88,71 | 89,31 |
| Proteína bruta, % | 13,42 | 14,91 | 15,48 | 15,80 | 16,20 |
| Lisina total, % | 0,74 | 0,85 | 0,90 | 1,04 | 1,14 |
| Metionina+Cistina total, % | 0,50 | 0,52 | 0,55 | 0,59 | 0,65 |
| Treonina total, % | 0,54 | 0,60 | 0,61 | 0,68 | 0,73 |

(1) Quantidade por kg/ração: Colina: 37,5 g; Vit. A: 1.625.000 UI; Vit. D3: 400.000UI; Vit. E: 7.500 UI; Vit. K3: 750 mg; Vit. B1: 550 mg; Vit. B2: 1.375 mg; Vit. B6: 500 mg; Vit. B12: 5.000 mg; Niacina: 5.000 mg; Ácido Pantotênico: 2.300 mg; Ácido Fólico: 125 mg; Biotina: 7,5 mg; Ferro: 25 g; Cobre: 3.750 mg; Manganês: 12,5 g; Zinco: 31,25 g; Iodo: 250 mg; Selênio: 75 mg.

Desempenho

Para determinação do ganho de peso médio diário (GPMD) os animais foram pesados no início, ao 7° e 28° dias do período experimental. Durante todo o período experimental as dietas e a água foram fornecidas à vontade, sendo as sobras das rações pesadas diariamente para avaliação do consumo de ração médio diário (CRMD) e conversão alimentar (CA).

Procedimento de abate

O término do experimento foi estabelecido quando os animais atingiram o peso médio final de aproximadamente 70 kg. Foi escolhido um animal por parcela experimental de acordo com o peso médio do tratamento, totalizando 25 animais. Os animais foram submetidos a um jejum sólido de 18 horas, pesados novamente antes do abate para obtenção do peso ao abate. Para a realização do abate os animais foram insensibilizados com pistola de dardo cativo e posteriormente foi realizada a sangria. Em seguida, vieram os procedimentos de: depilação, toailete, evisceração e pesagem da carcaça quente (PCQ). Posteriormente, os animais foram levados à câmara de resfriamento a uma temperatura média de 4 °C durante 24 horas.

Realizou-se a separação dos órgãos, pâncreas, estômago vazio, intestino delgado vazio, intestino grosso vazio, fígado e rins; e posteriormente seus pesos aferidos, para obtenção do peso absoluto e relativo. O peso relativo foi calculado através da divisão do peso absoluto do órgão vazio pelo peso do animal ao abate, e depois multiplicado por 100.

Para a avaliação da deposição dos componentes da carcaça, um grupo adicional de três suínos de mesma raça, com peso vivo médio próximo ao peso inicial (50 kg), foi utilizado como referência, sendo abatido no início do experimento, seguindo o mesmo procedimento de abate adotado para os animais experimentais.

Características de carcaça

Após as 24 horas de resfriamento, as carcaças foram novamente pesadas para obtenção do peso da carcaça fria (PCF). O rendimento da carcaça quente (RCQ) foi obtido pela divisão do peso da carcaça quente pelo peso vivo, multiplicado por 100, e o

rendimento de carcaça fria (RCF) obtido pela divisão entre o peso da carcaça fria e o peso vivo, multiplicado por 100. Em seguida as carcaças foram serradas longitudinalmente. Da meia carcaça esquerda foram tomadas as medidas de comprimento de carcaça (CC) com auxílio de uma fita métrica, desde o bordo cranial da sínfise pubiana ao bordo crânio-ventral do atlas; e de comprimento da perna (CP) distância entre o bordo cranial da sínfise pubiana e a extremidade do tarso.

A espessura de toucinho (ET) foi aferida em três pontos da carcaça: na primeira costela, na última costela e na última vértebra lombar, com auxílio do paquímetro. A área de olho de lombo (AOL) foi medida através da secção do músculo *Longissimus dorsi*, na altura da última costela, inserção da última vértebra torácica com a primeira lombar, na qual foi realizado o decalque do contorno, em plástico transparente, para posterior determinação da área através de planímetro.

Para mensuração da área de gordura (AG) utilizou-se o mesmo procedimento e desenho da área do *Longissimus dorsi*, porém mensurando a área de gordura através de uma linha tangenciando as extremidades da região. A profundidade do lombo (*Longissimus dorsi*) foi tomada com o auxílio de um paquímetro, a 6,5 cm da linha média na altura da última costela em direção cranial. Com os valores da área de olho de lombo e da área de gordura foram realizados os cálculos de relação carne/gordura. Todas as mensurações foram realizadas de acordo com o Método de Avaliação de Carcaça (BRIDI e SILVA, 2009).

O rendimento de carne magra (RCM) e a quantidade de carne magra na carcaça (QCMC) foram calculados segundo Irgang (2004), por meio das equações: $RCM (\%) = 60 - (\text{espessura de toucinho mm} \times 0,58) + (\text{profundidade do músculo mm} \times 0,10)$; $QCMC (\text{kg}) = (\text{peso de carcaça resfriada kg} \times \text{rendimento de carne magra}) \div 100$. A taxa de deposição de carne foi calculada pela diferença entre a quantidade de carne na carcaça dos animais no início e ao final do experimento, utilizando a seguinte fórmula: $DCM (\text{kg}) = (\text{Quantidade de carne na carcaça final por tratamento} - \text{Quantidade de carne na carcaça inicial do grupo controle}) / n^\circ \text{ de dias}$.

Das meias carcaças esquerda foram obtidos os cortes comerciais como o pernil, paleta, carré, copa/lombo, costela e filé mignon, de acordo com os cortes realizados pela indústria. Os rendimentos dos principais cortes de cada carcaça foram obtidos pela divisão do peso do corte pelo peso da meia carcaça resfriada, multiplicado por 100.

Determinação da composição química, pesos e proporções tecidual

Das meias carcaças direitas foram retiradas amostras do carré com osso entre a 9^a, 10^a e 11^a costelas (secção HH), conforme procedimento descrito por Hankins e Howe (1946), esta secção foi utilizada para o cálculo da composição física e química.

As amostras foram acondicionadas em saco plástico, identificadas e armazenadas em *freezer* a -22 °C, para posteriores análises. As seções foram descongeladas, pesadas e dissecadas em osso, músculo, gordura e outros tecidos. Cada um dos componentes teciduais foi pesado para cálculo do peso relativo em relação à amostra total. Após a dissecação, o músculo, a gordura e outros tecidos foram picados e triturados em moedor elétrico de carne, enquanto os ossos foram macerados separadamente. Em seguida, todo material foi homogeneizado e foi retirada uma amostra representativa, e assim procedeu-se a pré-secagem das amostras em estufa de ventilação forçada a 55 °C, por 72 horas.

Em razão da alta concentração de gordura das amostras, efetuou-se um pré-desengorduramento pelo método a quente, em aparelho extrator do tipo *Soxhlet*, por quatro horas. Após pré-secas e pré-desengorduradas foram moídas em moinho de faca refrigerado antes da realização das análises. A água e a gordura retiradas no preparo das amostras foram consideradas na correção dos valores das análises.

As análises realizadas foram: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), cinzas (CZ), e extrato etéreo (EE), de acordo com técnicas descritas por Detmann et al. (2012). A energia bruta (EB) das rações foi determinada em bomba calorimétrica (modelo IKA 200).

Coefficientes de digestibilidade aparente e excreção de nitrogênio

Para a avaliação da digestibilidade aparente das dietas, os animais receberam as respectivas rações experimentais contendo 0,5% de uma fonte de cinzas ácidas insolúveis (Celite[®]) como indicador de indigestibilidade durante um período de 72 horas, a coleta parcial de fezes era realizada 24 horas após o consumo da ração com o indicador. A coleta teve início ao 14^o dia do experimento. O recolhimento das amostras era realizado logo após a excreção dos animais, o que consistia na retirada de uma

amostra parcial das fezes evitando sua contaminação com urina ou outras partículas encontradas no ambiente.

As fezes coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e congelados a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas, pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, por um período de 72 horas, para pré-secagem. Ao serem retiradas da estufa e atingirem o equilíbrio com a temperatura ambiente, as amostras foram pesadas novamente e moídas para serem analisadas. As análises realizadas foram de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) de acordo com técnicas descritas por Detmann et al. (2012). Para a determinação da Cinza Ácida Insolúvel (CAI), seguiu-se a metodologia descrita por Van Keulen e Young (1977).

A urina foi coletada uma vez ao dia, no período da manhã, utilizando-se um coletor de plástico, para o recolhimento da amostra no momento da excreção do animal. Após a coleta, as amostras foram transferidas para garrafas plásticas, identificadas e armazenadas em freezer (-20°C) até a realização da análise de nitrogênio (DETMANN et al., 2012).

Os cálculos dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e proteína bruta pelo método da coleta parcial de fezes foram realizados de acordo com a equação descrita por Sakomura e Rostagno (2016).

Parâmetros bioquímicos séricos

As amostras de sangue foram coletadas ao final do período experimental, por meio de punção do *sinus* orbital dos animais, utilizando agulhas hipodérmicas (40 x 1,6 mm), em seguida, acondicionadas em tubos de 10 mL sem anticoagulante para obtenção do soro.

Os tubos, com amostras do sangue, foram submetidos à centrifugação a 3.000 rpm, por 15 minutos, para obtenção do soro sanguíneo. Sequencialmente, foram transferidos para microtubos plásticos previamente identificados, e armazenados à temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o momento das análises laboratoriais, para a mensuração das seguintes variáveis: proteínas totais, ureia e creatinina.

As determinações bioquímicas sanguíneas foram realizadas no analisador bioquímico semiautomático (Doles D250[®]), utilizando os seguintes kits comerciais

DOLES®: creatinina e ureia 500. A determinação da proteína total foi realizada através de refratômetro manual, no Laboratório de Biologia Molecular Aplicada à Produção Animal (BIOPA) do Departamento de Zootecnia da UFRPE.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão em função dos níveis de proteína e lisina nas rações utilizando o nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do pacote estatístico PROC GLM e PROC REG do SAS® versão 9.4. (SAS INSTITUTE INC., 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis de proteína e lisina da ração influenciaram o consumo de ração e o ganho de peso médio diário dos animais, que aumentou de forma quadrática até o nível de 0,79% e 0,81% de lisina (Tabela 2), respectivamente. Após a inflexão da curva houve a diminuição do consumo e ganho de peso com a elevação dos níveis de proteína e lisina.

Tabela 2. Efeito dos níveis de de proteína e lisina sobre as características de desempenho de suínos castrados na fase de crescimento II (50 aos 70 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|---------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------|---------------|-------|
| | 13,60%PB 0,62%Lis | 14,56%PB 0,72%Lis | 15,23%PB 0,82%Lis | 15,77%PB 0,92%Lis | 16,37%PB 1,02%Lis | | L | Q |
| Peso Final, kg | 72,46 | 71,43 | 70,66 | 71,05 | 70,65 | 1,59 | Ns | Ns |
| CMDR, kg/dia ¹ | 2,74 | 2,84 | 3,01 | 2,78 | 2,59 | 0,28 | Ns | 0,041 |
| CDL, g/dia ² | 17,02 | 20,49 | 24,71 | 25,56 | 26,46 | 4,06 | <0,001 | 0,030 |
| GPMD, kg/dia ³ | 0,97 | 1,09 | 1,08 | 1,04 | 0,97 | 0,12 | Ns | 0,027 |
| CA, kg/kg | 2,83 | 2,60 | 2,61 | 2,69 | 2,71 | 0,29 | Ns | Ns |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: Não significativo. L: Linear. Q: Quadrático. CMDR: Consumo médio diário de ração. CDL: Consumo diário de lisina. GPMD: Ganho de peso médio diário. CA: Conversão alimentar. ¹Y = -1,4334 + 11,021X - 6,9453X² (R²=0,87); ²Y=3,2048+23,953X (R²=0,90); ³Y = -0,8738 + 4,8560X - 2,9971X² (R² = 0,91).

A diminuição do consumo médio diário de ração, após o ponto de máximo, pode estar relacionada ao aumento do consumo médio diário de proteína. Com o aumento da digestibilidade proteica (Tabela 5), maior concentração de proteína e de aminoácidos deve ter se apresentado circulante na corrente sanguínea, enviando ao hipotálamo o comando de controle da saciedade, seguindo a teoria aminostática.

Para o efeito quadrático encontrado para a variável ganho de peso, pode-se observar que, houve redução do ganho de peso dos animais quando esses se afastaram do ponto máximo, nível de proteína e lisina estimado como o mais próximo do ideal. Indicando que, desbalanceamento dos níveis de proteína e lisina podem afetar negativamente as características de desempenho dos suínos. Segundo Chang e Wei (2005), quando o consumo de lisina se distancia do ponto ideal estimado, o excesso ou a deficiência de lisina podem ocasionar redução no desenvolvimento muscular e deposição proteica.

Os resultados encontrados neste trabalho corroboram com os encontrados por Abreu et al. (2007), que também observaram efeito quadrático de acordo níveis de lisina na dieta sobre o ganho de peso diário. Bidner et al. (2004) também observaram redução do ganho de peso de suínos quando alimentados com menor concentração de lisina nas dietas.

A Tabela 3 apresenta as médias da composição centesimal e composição química da secção entre a 9ª e 11ª costela dos suínos. Foi observado efeito linear decrescente do peso e proporção de gordura à medida que aumentou o nível de lisina na dieta. Os pesos e as proporções de músculo e de ossos não foram influenciados significativamente ($P > 0,05$) pelos níveis de lisina das dietas.

Foram observados efeitos dos níveis de lisina digestível das rações sobre as variáveis da composição centesimal da secção entre a 9ª e 11ª costela. Constatou-se que as porcentagens de proteína ($P < 0,011$) e cinzas ($P < 0,025$) aumentaram linearmente. Enquanto a porcentagem de água ($P < 0,001$) reduziu linear conforme o aumento dos níveis de proteína e lisina na dieta.

As variáveis de percentual de peso e proporção de gordura da secção apresentaram redução linear de acordo com os níveis de proteína e lisina. Enquanto houve comportamento linear crescente em porcentagem de proteína. De acordo com os resultados encontrados podemos inferir que o aumento da proteína bruta das secções

também pode estar relacionado ao aumento da massa magra. Pois, segundo Halas et al. (2010) a metade da proteína corporal dos suínos é depositada nos tecidos magro.

Tabela 3. Efeito dos níveis de de proteína e lisina sobre composição centesimal e composição química da secção entre a 9ª e 11ª costela de suínos machos castrados da raça Duroc, na fase de crescimento II (50 aos 70 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|--|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------|---------------|----|
| | 13,60%PB 0,62%Lis | 14,56%PB 0,72%Lis | 15,23%PB 0,82%Lis | 15,77%PB 0,92%Lis | 16,37%PB 1,02%Lis | | L | Q |
| Quantidade tecidual da secção entre a 9ª e 11ª costela (kg) | | | | | | | | |
| Secção HH | 0,934 | 0,851 | 0,843 | 0,881 | 0,829 | 0,08 | Ns | Ns |
| Osso | 0,099 | 0,093 | 0,092 | 0,095 | 0,094 | 0,01 | Ns | Ns |
| Músculo | 0,362 | 0,352 | 0,330 | 0,353 | 0,363 | 0,04 | Ns | Ns |
| Gordura ¹ | 0,323 | 0,266 | 0,265 | 0,238 | 0,209 | 0,07 | 0,005 | Ns |
| Proporção tecidual da secção entre a 9ª e 11ª costela (%) | | | | | | | | |
| Osso | 10,690 | 11,126 | 11,035 | 10,889 | 11,3637 | 1,61 | Ns | Ns |
| Músculo | 38,687 | 41,221 | 39,545 | 40,000 | 43,711 | 4,02 | Ns | Ns |
| Gordura ² | 34,690 | 30,750 | 31,742 | 27,041 | 25,265 | 6,74 | 0,019 | Ns |
| Composição química da secção entre a 9ª e 11ª costela desengordurada (%) | | | | | | | | |
| Umidade ³ | 64,65 | 61,02 | 56,45 | 59,02 | 57,08 | 3,95 | 0,001 | Ns |
| Gordura | 36,38 | 35,63 | 32,00 | 34,46 | 33,40 | 4,39 | Ns | Ns |
| PB ⁴ | 21,89 | 24,67 | 26,11 | 26,61 | 26,31 | 3,12 | 0,011 | Ns |
| Cinzas ⁵ | 6,47 | 7,71 | 7,12 | 7,40 | 7,83 | 0,80 | 0,025 | Ns |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: Não significativo. PB: Proteína bruta. L: Linear. Q: Quadrático. ¹Y = 0,4708 - 0,2564X (R² = 0,92); ² Y = 48,396 - 22,560X (R² = 0,89); ³Y = 74,096 - 17,134X (R² = 0,66); ⁴Y = 16,275 + 10,788X (R² = 0,76); ⁵Y = 5,3392 + 2,4013X (R² = 0,49)

Segundo Friesen et al. (1996), o aumento do ganho proteico ocasiona diminuição simultânea da deposição lipídica da carcaça. Essa associação inversa estaria atrelada à melhor utilização dos aminoácidos, em especial a lisina, que se destina à síntese preferencial da proteína muscular nas fases de maior crescimento.

Segundo Chen et al. (1999), suínos alimentados com dietas ricas em proteína podem utilizar a energia da dieta de forma menos eficiente. Possivelmente, essa afirmação explique o comportamento quadrático da deposição de energia bruta em relação aos níveis de lisina na dieta. De acordo com Bikker (1994), com o aumento do teor de proteína na dieta de suínos o consumo de energia se tornará um fator limitante para deposição de proteína corporal. Desse modo, a deposição de energia corporal foi sendo reduzida à medida que a deposição proteica foi aumentada.

A Tabela 4 apresenta os efeitos dos níveis de lisina digestível sobre características de rendimento de carcaça dos suínos.

Os níveis de lisina digestível influenciaram (P<0,039) de forma quadrática o peso vivo ao abate, apresentando o nível ideal estimado de 0,875%. As características de

carcaça como comprimento da carcaça, comprimento de perna, área de olho de lombo, profundidade do músculo e rendimento dos cortes comerciais não foram influenciadas ($P>0,05$) pelos níveis de lisina digestível das dietas.

Tabela 4. Efeito dos níveis de de proteína e lisina sobre características e rendimento de carcaça, e rendimentos de cortes comerciais de suínos machos castrados da raça Duroc, na fase de crescimento II (50 aos 70 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------|---------------|-------|
| | 13,60%PB 0,62%Lis | 14,56%PB 0,72%Lis | 15,23%PB 0,82%Lis | 15,77%PB 0,92%Lis | 16,37%PB 1,02%Lis | | L | Q |
| PVA, kg ⁽¹⁾ | 71,23 | 67,67 | 67,53 | 68,90 | 67,96 | 2,16 | Ns | 0,039 |
| PCQ, kg | 55,56 | 52,98 | 52,97 | 53,18 | 53,12 | 2,03 | Ns | Ns |
| RCQ, % | 77,99 | 78,27 | 78,45 | 77,20 | 78,17 | 1,82 | Ns | Ns |
| PCF, kg | 53,74 | 51,45 | 51,02 | 51,45 | 51,15 | 2,01 | Ns | Ns |
| RCF, % | 75,44 | 75,59 | 75,56 | 74,69 | 75,27 | 1,77 | Ns | Ns |
| CC, cm | 0,85 | 0,86 | 0,86 | 0,88 | 0,87 | 0,02 | Ns | Ns |
| CP, cm | 0,34 | 0,33 | 0,33 | 0,34 | 0,34 | 0,01 | Ns | Ns |
| AOL, cm ² | 30,96 | 28,70 | 30,38 | 27,73 | 30,91 | 3,56 | Ns | Ns |
| AG, cm ² ⁽²⁾ | 16,26 | 11,79 | 9,46 | 9,13 | 8,60 | 3,81 | 0,001 | 0,047 |
| RC:G ⁽³⁾ | 1,92 | 2,52 | 3,72 | 3,05 | 3,83 | 1,05 | 0,003 | Ns |
| ET, mm ² ⁽⁴⁾ | 23,28 | 19,32 | 18,98 | 15,97 | 16,23 | 3,36 | <0,001 | Ns |
| RCM, % ⁽⁵⁾ | 47,00 | 49,25 | 49,46 | 51,16 | 51,07 | 1,93 | <0,001 | Ns |
| QCM, kg ⁽⁶⁾ | 25,25 | 25,17 | 25,23 | 26,32 | 26,12 | 0,99 | 0,048 | Ns |
| DCM, kg/dia ⁽⁷⁾ | 0,206 | 0,212 | 0,241 | 0,246 | 0,258 | 0,03 | 0,004 | Ns |
| Rendimento dos Cortes Comerciais, % | | | | | | | | |
| Pernil, % | 28,11 | 27,80 | 27,43 | 28,00 | 27,76 | 0,97 | Ns | Ns |
| Paleta, % | 20,36 | 20,36 | 21,41 | 21,37 | 20,28 | 1,10 | Ns | Ns |
| Carré, % | 16,44 | 17,51 | 16,44 | 15,81 | 17,17 | 1,53 | Ns | Ns |
| Copa/lombo, % | 4,05 | 3,95 | 4,12 | 4,31 | 3,84 | 0,51 | Ns | Ns |
| Costela, % | 19,27 | 18,39 | 17,66 | 18,11 | 17,90 | 1,29 | Ns | Ns |
| Filé mignon, % | 1,20 | 1,07 | 1,28 | 1,23 | 1,29 | 0,14 | Ns | Ns |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: Não significativo. L: Linear. Q: Quadrático. PVA: Peso vivo ao abate. PCQ: Peso da carcaça quente. RCQ: Rendimento de carcaça quente. PCF: Peso da carcaça fria. RCF: Rendimento da carcaça fria. CC: Comprimento de carcaça. CP: Comprimento de perna. AOL: Área de olho de lombo. AG: Área de gordura. RC:G: Relação carne:gordura. ET: Espessura de toucinho. RCM: Rendimento de carne magra. QCM: Quantidade de carne magra. DCM: Deposição de carne magra.

⁽¹⁾ $Y = 104,47 - 84,381X + 48,214X^2$ ($R^2 = 0,64$); ⁽²⁾ $L: Y = 25,792 - 17,989X$ ($R^2 = 0,81$); ⁽³⁾ $L: Y = -0,5431 + 4,3330X$ ($R^2 = 0,73$); ⁽⁴⁾ $L: Y = 33,055 - 17,438X$ ($R^2 = 0,87$); ⁽⁵⁾ $Y = 41,347 + 10,052X$ ($R^2 = 0,88$); ⁽⁶⁾ $Y = 23,269 + 2,8696X$ ($R^2 = 0,68$); ⁽⁷⁾ $Y = 0,1197 + 0,1381X$ ($R^2 = 0,94$).

A espessura média de toucinho, área de gordura e a relação carne:gordura foram alteradas significativamente pelo aumento dos níveis de lisina digestível das dietas. A espessura média de toucinho ($P<0,001$) e a área de gordura ($P<0,001$) foram reduzidas linearmente. Enquanto a relação carne:gordura apresentou um comportamento linear

crescente ($P < 0,003$), aumentando a relação em aproximadamente 99,5%, de acordo com o aumento do nível de lisina.

Também foi observado comportamento linear crescente para as seguintes variáveis: rendimento de carne magra ($P < 0,001$), quantidade de carne magra na carcaça ($P < 0,048$) e taxa de deposição de carne magra ($P < 0,004$).

As maiores concentrações de lisina digestível na dieta também coincidiram com a diminuição da espessura de toucinho, área de gordura e maior relação carne:gordura. Essa redução deve estar relacionada ao maior consumo de lisina e proteína, o que ocasionou maior gasto de energia pelo organismo para sua deposição, ocasionando maior gasto de energia e assim, menor deposição de gordura.

O rendimento, quantidade e taxa de deposição de carne magra foram influenciadas positivamente pelos níveis de lisina da ração, demonstrando que a maior disponibilidade de aminoácidos para absorção pelo organismo dos animais pode ter favorecido o aumento da deposição muscular. Respostas semelhantes foram encontradas por Li et al. (2012), que também observaram aumento do peso de carcaça e diminuição da espessura de toucinho com a suplementação de lisina para suínos com 70 kg de peso.

Os resultados de desempenho e características de carcaça inferem que a maior disponibilização de aminoácidos favoreceu a síntese proteica no tecido muscular, observando-se maior exigência de aminoácidos para deposição de carne magra e proteína que para o ganho de peso dos animais. O aumento dos níveis de lisina digestível até 1,02% na dieta apresentou redução da quantidade de gordura na carcaça, aumentando a relação carne/gordura, além de aumentar o teor de proteína na carne de suínos.

A Tabela 5 apresenta os efeitos dos níveis de lisina digestível sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes, consumo e excreção de nitrogênio pelos suínos.

O coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB) apresentou efeito quadrático ($P < 0,025$) conforme o aumento dos níveis de lisina na dieta, sendo o nível estimado de 0,73% de lisina digestível, o maior CDAPB apresentado foi de 92,45%. Houve aumento linear ($P < 0,05$) para o nitrogênio ingerido e a concentração de nitrogênio fecal, apontando um acréscimo de aproximadamente 14,78% e 19,5%, respectivamente.

Tabela 5. Efeito dos níveis de de proteína e lisina sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes em suínos castrados na fase de crescimento II (50 aos 70 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|---------------|-------|
| | 13,60%PB 0,62%Lis | 14,56%PB 0,72%Lis | 15,23%PB 0,82%Lis | 15,77%PB 0,92%Lis | 16,37%PB 1,02%Lis | | L | Q |
| N ingerido, g/dia ¹ | 58,92 | 63,99 | 64,76 | 69,56 | 67,63 | 8,027 | 0,025 | Ns |
| N fecal, g/kg ² | 8,56 | 8,48 | 9,72 | 10,70 | 10,23 | 1,507 | 0,006 | Ns |
| N urina, g/kg | 26,25 | 26,76 | 31,85 | 29,33 | 29,57 | 6,178 | Ns | Ns |
| CDAMS | 93,50 | 93,93 | 93,67 | 92,03 | 92,76 | 1,676 | Ns | Ns |
| CDAPB ³ | 91,58 | 92,73 | 92,93 | 89,48 | 89,25 | 2,158 | 0,001 | 0,021 |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: Não significativo. L: Linear. Q: Quadrático. CDAMS: Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca. CDAPB: Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta. ¹ $Y = -91,597 + 374,23X - 214,18X^2$ ($R^2 = 0,83$); ² $Y = 4,9774 + 5,5647X$ ($R^2 = 0,78$); ³ $Y = 67,758 + 67,313X - 45,867X^2$ ($R^2 = 0,75$).

Na Tabela 6, pode-se observar aumento linear ($P < 0,001$) dos níveis sorológicos de ureia, aproximadamente 88,04%, em função dos níveis de lisina da dieta. Os níveis de proteína total e creatinina sorológica não foram influenciados ($P > 0,05$) pela composição das dietas.

O comportamento quadrático da digestibilidade aparente da proteína ocorreu em função do aumento linear do nitrogênio ingerido, comportamento semelhante ao do ganho de peso dos animais. O nitrogênio excretado nas fezes apresentou aumento linear crescente de acordo com os níveis de lisina, este resultado está relacionado aos teores de ureia sérica dos animais.

Tabela 6. Efeito dos níveis de de proteína e lisina sobre os parâmetros sanguíneos em suínos machos castrados da raça Duroc, na fase de crescimento II (50 aos 70 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|---------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|---------------|----|
| | 13,60%PB 0,62%Lis | 14,56%PB 0,72%Lis | 15,23%PB 0,82%Lis | 15,77%PB 0,92%Lis | 16,37%PB 1,02%Lis | | L | Q |
| Proteína total, g/dL | 6,54 | 6,32 | 6,56 | 6,60 | 6,70 | 0,254 | 0,102 | Ns |
| Ureia, mg/dL ¹ | 18,57 | 22,95 | 25,46 | 36,75 | 34,92 | 9,839 | 0,001 | Ns |
| Creatinina, mg/dL | 0,735 | 0,704 | 0,718 | 0,732 | 0,709 | 0,047 | Ns | Ns |

DPR: Desvio padrão residual. L: Linear. Q: Quadrático. ¹ $L: Y = -10,398 + 46,503X$ ($R^2 = 0,88$)

O aumento da concentração de ureia indica que aminoácidos em excesso foram metabolizados de forma ineficiente, circulando no sangue antes da excreção (HEO et al., 2008). Por esse motivo o aumento do teor de nitrogênio presente nas fezes. Essa

resposta pode ser constada através dos valores de referência de ureia sérica para suínos em crescimento que são de 10,0 a 30,0 mg/dL (KANEKO et al., 2008). Na presente pesquisa, os níveis das concentrações de ureia sérica foram de 36,75 e 34,92 g/dL, para os níveis de 0,92% e 1,02, respectivamente, apresentando-se acima dos parâmetros de referência para fase de crescimento II (50 aos 70 kg).

O peso absoluto ($P < 0,009$) e relativo ($P < 0,005$) dos rins e peso relativo do estômago ($P < 0,008$) aumentou linearmente de acordo com o aumento dos níveis de lisina nas dietas. O peso absoluto e relativo do fígado, intestinos e pâncreas não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7. Efeito dos níveis de de proteína e lisina sobre os pesos de órgãos internos de suínos machos castrados da raça Duroc, na fase de crescimento II (50 aos 70 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | | |
|-------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|---------------|----|--|
| | 13,60%PB 0,62%Lis | 14,56%PB 0,72%Lis | 15,23%PB 0,82%Lis | 15,77%PB 0,92%Lis | 16,37%PB 1,02%Lis | | L | Q | |
| | Peso Absoluto, kg | | | | | | | | |
| Fígado | 1,33 | 1,47 | 1,30 | 1,59 | 1,56 | 0,274 | Ns | Ns | |
| Rins ⁽¹⁾ | 0,27 | 0,27 | 0,29 | 0,33 | 0,32 | 0,045 | 0,009 | Ns | |
| Estômago | 0,46 | 0,52 | 0,53 | 0,54 | 0,55 | 0,069 | Ns | Ns | |
| Intestino delgado | 1,38 | 1,42 | 1,41 | 1,48 | 1,45 | 0,289 | Ns | Ns | |
| Intestino grosso | 1,67 | 1,51 | 1,58 | 1,70 | 1,52 | 0,312 | Ns | Ns | |
| Pâncreas | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,019 | Ns | Ns | |
| | Peso Relativo, % | | | | | | | | |
| Fígado | 1,88 | 2,17 | 1,92 | 2,31 | 2,30 | 0,412 | Ns | Ns | |
| Rins ⁽³⁾ | 0,38 | 0,40 | 0,43 | 0,48 | 0,47 | 0,066 | 0,005 | Ns | |
| Estômago ⁽⁴⁾ | 0,62 | 0,76 | 0,78 | 0,78 | 0,81 | 0,112 | 0,008 | Ns | |
| Intestino delgado | 1,72 | 2,09 | 2,09 | 2,15 | 2,08 | 0,424 | Ns | Ns | |
| Intestino grosso | 2,47 | 2,24 | 2,33 | 2,46 | 2,09 | 0,433 | Ns | Ns | |
| Pâncreas | 0,17 | 0,19 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,023 | Ns | Ns | |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: Não significativo. L: Linear. Q: Quadrático.

⁽¹⁾ $Y = 0,1625 + 0,1626X$ ($R^2 = 0,76$); ⁽²⁾ $Y = 0,2234 + 0,2550X$ ($R^2 = 0,85$); ⁽³⁾ $Y = 0,4299 + 0,3918X$ ($R^2 = 0,67$).

Esses resultados podem ser associados ao aumento dos níveis séricos de ureia de acordo com a elevação do nível de lisina. Podendo-se inferir que, os animais necessitaram se adaptar aos diferentes níveis proteicos das rações, resultando em alterações fisiológicas e metabólicas. Fato que influenciou o peso absoluto e relativo dos rins que aumentaram de acordo com os níveis de lisina, possivelmente, pela maior atividade renal para eliminação do excesso de aminoácidos em ureia pela via urinária.

Resultado semelhante foi encontrado por Kerr e Easter (1995) e Ferreira et al. (2007) que, ao trabalharem com diferentes níveis de proteína bruta para suínos em crescimento, também verificaram o aumento do peso dos rins.

CONCLUSÕES

Os níveis de proteína e lisina digestível recomendado para dietas de suínos machos castrados da raça Duroc foram de 15,04% e 0,81%, respectivamente, por proporcionar melhorias as características de desempenho, e de 16,37% e 1,02%, respectivamente, por favorecer a deposição de carne magra na carcaça dos animais na segunda fase de crescimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. L. T. et al. Lisina digestível em dietas para suínos machos castrados de alto potencial Genético para deposição de carne magra na carcaça dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 54–61, 2007.
- BIDNER, B.S., et al. Influence of dietary lysine level, pre-slaughter fasting, and rendement napole genotype on fresh pork quality. **Meat Science**, v. 68, p. 53-60, 2004.
- BIKKER, P. **Protein and lipid accretion in body components of growing pigs: Effects of body weight and nutrient intake**. 1994. Wageningen Agricole University, 1994.
- BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. da. **Avaliação Da Carcaça**. 1. ed. Londrina: Midiograf, 2009.
- CHANG, Y.M.; WEI, H.W. The Effects of Dietary Lysine Deficiency on Muscle Protein Turnover in Postweanling Pigs. Asian-Aust. **Journal of Animal Science**, v. 18, p. 1326-1335. 2005.
- CHEN, H. Y. et al. T. The effect of excess protein on growth performance and protein metabolism of finishing barrows and gilts. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 12, p. 3238–3247, 1999.
- D’SOUZA, D. N. et al. Nutritional manipulation increases intramuscular fat levels in the Longissimus muscle of female finisher pigs. **Australian Journal of Agricultural**

Research, v. 54, p. 745–749, 2003.

DETMANN, E. et al. **Métodos para Análise de Alimentos**. Visconde de Rio Branco, MG: INCT - Ciência Animal, 2012.

FERREIRA, R. A. et al. Revista Brasileira de Zootecnia Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em dietas para leitoas mantidas em ambiente de alta temperatura dos 60 aos 100 kg 1 Crude protein levels and amino acid supplementation in diets of gilts maintained in. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 818–824, 2007.

FONTES, D.O. et al. Níveis de Lisina para leitoas selecionadas geneticamente para deposição de carne magra na carcaça, dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 81–89, 2005.

FORTES, E. I. et al. Digestible lysine for 63 to 103 day-old barrows of genetic lines selected for lean deposition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 10, p. 2167–2171, 2011.

FRIESEN, K. G. et al. The use of compositional growth curves for assessing the response to dietary lysine by high-lean growth gilts. **Animal Science**, v. 62, n. 1, p. 159–169, 1996.

HAESE, D. et al. Digestible lysine for barrows of genetic lines selected for meat deposition from 60 to 100 days of age. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p. 1941–1946, 2011.

HALAS, V. et al. Efficiency of fat deposition from non-starch polysaccharides, starch and unsaturated fat in pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 103, n. 1, p. 123–133, 2010.

HANKINS, O. G.; HOWE, P. E. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. **Technical Bulletin**, n. 944, p. 1–20, 1946.

HEO, J. M. et al. Effects of feeding low protein diets to piglets on plasma urea nitrogen, faecal ammonia nitrogen, the incidence of diarrhoea and performance after weaning. **Archives of Animal Nutrition**, v. 62, n. 5, p. 343–358, 2008.

IRGANG, R. **Predição e rendimento de carne na carcaça de suínos**. Mensagem recebida por ambridi@hotmail.com, , 2004.

KANEKO, J. J. et al. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 6. ed. New York: Academic Press, 2008.

- 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, n. 10, p. 3000–3008, 1995.
- LI, P. et al. Effects of the standardized ileal digestible lysine to metabolizable energy ratio on performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 3, n. 1, p. 1–9, 2012.
- LIU, Y. et al. Effects of dietary protein/energy ratio on growth performance, carcass trait, meat quality, and plasma metabolites in pigs of different genotypes. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 6, n. 1, p. 4–13, 2015.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileira para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2011.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Metodologias de pesquisa em nutrição de monogástrico**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2016.
- SANTOS, F. D. A. et al. Níveis de treonina digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético na fase dos 95 aos 125 kg. **Revista Brasileira De Zootecnia**, v. 40, n. 5, p. 1038–1044, 2011.
- SAS INSTITUTE INC. **System for windows, version 9.4.**, 2012. .
- SHANNON, M. C.; ALEE, G. L. Protein and amino acid sources for swine diets. In: **National Swine Nutrition Guide**. Meisinger, D.J., 2010. p. 6–10.
- SZABÓ, C. 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.
- VAN KEULEN, J.; YOUNG, B. A. Evaluation of Acid-Insoluble Ash as a Natural Marker in Ruminant Digestibility Studies. **Journal of Animal Science**, v. 44, p. 282–287, 1977.

CAPÍTULO 5

Desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados da raça Duroc na fase de terminação (70 aos 90 kg) em função dos níveis de proteína e aminoácidos

Desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados da raça Duroc na fase de terminação (70 aos 90 kg) em função dos níveis de proteína e aminoácidos

RESUMO: Objetivou-se avaliar níveis de proteína e aminoácidos, mantendo as relações entre os aminoácidos para suínos machos castrados dos 70 aos 90 kg. Para tanto, foram utilizados 25 suínos machos castrados, peso inicial de $71,73 \pm 2,82$ kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, cinco repetições com um animal por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em níveis de proteína bruta e lisina, mantendo a relação com os demais aminoácidos digestíveis: 11,59%PB + 0,56%Lis; 12,99%PB + 0,66%Lis; 13,68%PB + 0,76%Lis; 14,44%PB + 0,86%Lis e 14,85%PB + 0,96%Lis na dieta. Avaliou-se o desempenho, parâmetros sanguíneos, digestibilidade, características de carcaça, composição tecidual e peso dos órgãos. Houve efeito quadrático dos tratamentos sobre o consumo de ração, com nível máximo estimado de 0,728% de lisina digestível. Os níveis de lisina digestível influenciaram de forma quadrática os seguintes aspectos: peso de carcaça quente, peso de carcaça fria, área de olho de lombo, relação carne:gordura, rendimento de carne magra, quantidade de carne magra e deposição de carne magra, com nível ótimo estimado de 0,765%; 0,774%; 0,734%; 0,759%; 0,777%; 0,775% e 0,775% de lisina digestível, respectivamente. Enquanto, a área de gordura e espessura média de toucinho apresentaram comportamento quadrático com redução até o nível estimado de 0,776% e 0,778% de lisina digestível. Conclui-se que o melhor nível de proteína e lisina digestível recomendado são de 13,86% e 0,77%, respectivamente, por proporcionar melhores características de carcaça sem afetar o desempenho de suínos machos castrados da raça Duroc na fase de terminação.

Palavras-chaves: Acabamento. Aminoácido digestível. Desempenho. Rendimento de carcaça. Requerimento nutricional.

Performance and carcass characteristics of Duroc barrow in the finish phase (70 to 90 kg) as a function of protein and amino acid levels

ABSTRACT: The objective was to evaluate the levels of protein and amino acids, keeping the relationship among the amino acids for barrows from 70 to 90 kg. For this, 25 barrows, with initial weight 71.38 ± 2.82 kg, were distributed in a completely randomized design, with five treatments, five replicates with one animal per experimental unit. The treatments consisted of levels of crude protein and lysine, keeping the relationship with the other digestible amino acid: 11.59% CP + 0.56% Lys; 12.99% CP + 0.66% Lys; 13.68% CP + 0.76% Lys; 14.44% CP + 0.86% Lys and 14.85% CP + 0.96% Lys in the diet. The performance, blood parameters, digestibility of diets were evaluated, carcass characteristics, composition tissue and organs weight. There was a quadratic effect of treatments on feed intake, carcass weight, cold carcass weight, loin eye area, ratio meat:fat, lean meat yield, lean meat amount and lean meat deposition, with the best levels estimated at 0.73%, 0.76%, 0.77%, 0.73%, 0.76%, 0.78%, 0.77% and 0.77% digestible lysine, respectively. Meanwhile, the area of fat and average thickness showed quadratic behavior with reduction to the estimated of 0.78% and 0.79% digestible lysine. It is concluded that the best levels of protein and digestible recommended are 13.86% and 0.77%, respectively, for providing better carcass characteristics without affecting the performance of Duroc barrow in the finishing phase.

Keyword: Finishing. Amino acids. Performance. Carcass yield. Nutritional.

INTRODUÇÃO

Suíños da raça Duroc possuem boa conversão alimentar, boa velocidade no ganho de peso, boas características de carcaça e qualidade da carne em razão de maior deposição de gordura intramuscular (LATORRE et al., 2003; SUZUKI et al., 2003). Contudo, segundo Wood et al. (2004), e tiveram os teores de gordura muscular e intermuscular influenciadas pelos diferentes níveis de proteína nas dietas. Pois, quando ocorre desequilíbrio desse nutriente na ração, a taxa de crescimento de tecido magro e desempenho dos animais podem ser influenciados negativamente (FRIESEN et al., 1994; BIDNER et al., 2004; CHANG e WEI, 2005).

Dentre os aminoácidos essenciais, a lisina é o primeiro limitante para suínos em dietas à base de milho e farelo de soja (NRC, 2012). Por esta razão, a suplementação de lisina nas dietas de suínos é de extrema importância. Tem-se verificado em algumas pesquisas que a suplementação de L-lisina (cristalina), para suínos em terminação, pode melhorar o acréscimo de proteínas musculares, ganho de peso e deposição muscular magra (CLINE et al., 2000; ABREU et al., 2007; SANTOS et al., 2011).

Os desafios na fase de terminação para estimar o requerimento nutricional dos suínos estão relacionados à maior ingestão alimentar, à menor exigência de aminoácidos que nas fases anteriores e às diferenciações existentes entre desenvolvimento dos tecidos ao longo da vida dos suínos. O tecido ósseo e o tecido muscular são os primeiros a se desenvolverem, em seguida a taxa de crescimento desses tecidos é gradativamente reduzida, e paralelamente se inicia a deposição do tecido adiposo (GU et al., 1992). Na fase de terminação ocorrerá a redução do desenvolvimento muscular e iniciará maior crescimento do tecido adiposo, que irá demandar menor requerimento de aminoácidos pelos animais (CISNEROS et al., 1996), ao mesmo tempo associado à maior ingestão de alimento.

Mediante o contexto, objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis de proteína e lisina, mantendo as relações entre os aminoácidos, através de: desempenho, parâmetros sanguíneos, digestibilidade das dietas, características de carcaça, composição tecidual e peso dos órgãos de suínos machos castrados da raça Duroc durante a fase de terminação dos 70 aos 90 kg.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais foram submetidos à Comissão de Ética no Uso de Animal da UFRPE (CEUA-UFRPE) sendo aprovado por meio da licença nº 035/2015.

Local e instalações do experimento

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), campus Recife, situado sob as coordenadas geográficas de 8°04'03"S e 34°55'00"W.

Os animais foram alojados em galpão de alvenaria com pé-direito de 2,10 m, coberto com telha cerâmica, dividido em 25 baias de 3,10 x 1,20 m² em piso de concreto, com comedouros tipo calha e bebedouros tipo chupeta.

A temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas diariamente, através de termo-higrômetros digitais, instalados em diferentes locais do galpão, à altura do dorso dos animais. Durante o período experimental, as médias da temperatura registradas no interior do galpão foram de 25,34 ± 1,72 °C e 32,95 ± 1,85 °C, mínima e máxima, respectivamente; e a umidade relativa do ar permaneceu em torno de 58,47 ± 2,73%.

Animais, delineamento experimental e dietas experimentais

Foram utilizados 25 suínos, machos castrados, da raça Duroc, com peso médio inicial de 71,73 ± 2,82 kg. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições, com um animal por unidade experimental.

As dietas foram formuladas à base de milho e farelo de soja e suplementadas com vitaminas e minerais (Tabela 1). Os tratamentos consistiram em cinco rações contendo níveis crescentes de proteína bruta e lisina, mantendo relação com os demais aminoácidos digestíveis: 11,59%PB + 0,56%Lis; 12,99%PB + 0,66%Lis; 13,68%PB + 0,76%Lis; 14,44%PB + 0,86%Lis e 14,85%PB + 0,96%Lis, tomando como ponto médio dos tratamentos o nível de lisina digestível estabelecido por Rostagno et al. (2011), sendo todas isoenergéticas. As rações foram suplementadas com aminoácidos cristalinos (L-lisina HCl, DL-metionina, L-treonina e L-triptofano), para manter

constante a relação entre esses aminoácidos limitantes e a lisina, de acordo com o perfil de proteína ideal sugerido por Rostagno et al. (2011). A proteína das dietas variou de acordo com o teor de aminoácidos. O experimento teve a duração de 28 dias, sendo os primeiros sete dias para adaptação dos animais às dietas experimentais e ao ambiente.

Tabela 1. Composição centesimal, calculada e analisada das rações experimentais expressos na matéria natural

| Ingredientes | Níveis de proteína e lisina, % | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 11,59%PB 0,56%Lis | 12,99%PB 0,66%Lis | 13,68%PB 0,76%Lis | 14,44%PB 0,86%Lis | 14,85%PB 0,96%Lis |
| Milho grão | 84,87 | 81,15 | 79,26 | 77,35 | 76,59 |
| Farelo de Soja | 10,42 | 14,10 | 15,70 | 17,45 | 17,94 |
| Óleo de soja | 0,74 | 0,83 | 0,93 | 0,98 | 1,01 |
| Fosfato Bicálcico | 0,77 | 0,75 | 0,74 | 0,73 | 0,73 |
| Calcário | 0,58 | 0,57 | 0,56 | 0,55 | 0,55 |
| Sal Comum | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 |
| Suplemento Vit + Min | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| L-Lisina | 0,18 | 0,20 | 0,28 | 0,35 | 0,47 |
| L-Treonina | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,08 | 0,14 |
| L-Triptofano | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 |
| DL-Metionina | --- | --- | 0,03 | 0,06 | 0,11 |
| L-Valina | --- | --- | --- | 0,01 | 0,07 |
| Inerte | 1,65 | 1,60 | 1,68 | 1,66 | 1,60 |
| TOTAL | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Valores Calculados | | | | |
| Proteína Bruta (%) | 11,59 | 12,99 | 13,68 | 14,44 | 14,85 |
| Lisina Dig. (%) | 0,56 | 0,66 | 0,76 | 0,86 | 0,96 |
| Metionina+ Cistina Dig. (%) | 0,37 | 0,39 | 0,44 | 0,48 | 0,53 |
| Treonina Dig. (%) | 0,40 | 0,46 | 0,49 | 0,54 | 0,60 |
| Triptofano Dig. (%) | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,17 |
| Cálcio (%) | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 |
| Fósforo Disponível (%) | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| Sódio (%) | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| Energia Metabolizável (Kcal/kg) | 3230 | 3230 | 3230 | 3230 | 3230 |
| | Valores Analisados | | | | |
| Matéria seca, % | 89,99 | 89,87 | 89,94 | 89,78 | 90,08 |
| Proteína bruta, % | 12,09 | 13,29 | 14,18 | 14,74 | 15,02 |
| Lisina total, % | 0,66 | 0,75 | 0,86 | 0,94 | 1,04 |
| Metionina+Cistina total, % | 0,47 | 0,50 | 0,55 | 0,58 | 0,63 |
| Treonina total, % | 0,48 | 0,54 | 0,58 | 0,62 | 0,68 |

(1) Quantidade por kg/ração: Cloreto de colina: 12 g; Vit. A: 750.000 UI; Vit. D3: 125.000 UI; Vit. E: 3.000 UI; Vit. K3: 125 mg; Vit. B1: 100 mg; Vit. B2: 660 mg; Vit. B6: 125 mg; Vit. B12: 3.000 mg; Niacina: 3.750 mg; Ácido Pantotênico: 1.875 mg; Ácido Fólico: 200 mg; Ferro: 8.750 mg; Cobre: 3.750 mg; Manganês: 6.250 mg; Zinco: 18,75 g; Iodo: 250 mg; Selênio: 75 mg.

Desempenho

Para determinação do ganho de peso médio diário (GPMD) os animais foram pesados no início, ao 7° e 28° dias do período experimental. Durante todo o período experimental as dietas e a água foram fornecidas à vontade, sendo as sobras das rações pesadas diariamente para avaliação do consumo de ração médio diário (CRMD), e conversão alimentar (CA).

Procedimento de abate

O término do experimento foi estabelecido quando os animais atingiram o peso final de aproximadamente 90 kg. Todos os animais foram submetidos a um jejum sólido de 18 horas, pesados novamente antes do abate para obtenção do peso ao abate. Para a realização do abate os animais foram insensibilizados com pistola de dardo cativo e posteriormente foi realizada a sangria. Em seguida, procedeu-se a depilação, toailete, evisceração e pesagem da carcaça quente (PCQ). Posteriormente, os animais foram levados à câmara de resfriamento a uma temperatura média de 4 °C durante 24 horas.

Simultaneamente, realizou-se a separação dos órgãos: pâncreas, estômago vazio, intestino delgado vazio, intestino grosso vazio, fígado e rins, e posteriormente seus pesos aferidos, para obtenção do peso absoluto e relativo. O peso relativo foi calculado através da divisão do peso absoluto do órgão vazio pelo peso do animal ao abate e depois multiplicado por 100.

Para a avaliação da deposição de alguns componentes da carcaça, um grupo referência com três suínos, com peso vivo médio próximo ao peso inicial (70 kg), foi abatido no início do experimento, seguindo o mesmo procedimento de abate adotado para os animais experimentais.

Características de carcaça

Após as 24 horas de resfriamento as carcaças foram novamente pesadas para obtenção do peso da carcaça fria (PCF). O rendimento da carcaça quente (RCQ) foi obtido pela divisão do peso da carcaça quente pelo peso vivo, multiplicado por 100, e o rendimento de carcaça fria (RCF) obtido pela divisão entre o peso da carcaça fria e o peso vivo, multiplicado por 100. Em seguida as carcaças foram serradas longitudinalmente. Da meia carcaça esquerda foram tomadas as medidas de comprimento de carcaça (CC) com auxílio de uma fita métrica, desde o bordo cranial da

sínfise púbica ao bordo crânio-ventral do atlas; comprimento da perna (CP) distância entre o bordo cranial da sínfise púbica e a extremidade do tarso.

A espessura de toucinho (ET) foi aferida em três pontos da carcaça: na primeira costela, na última costela e na última vértebra lombar, com auxílio do paquímetro. A área de olho de lombo (AOL) foi medida através da secção do músculo *Longissimus dorsi*, na altura da última costela, inserção da última vértebra torácica com a primeira lombar, na qual se efetuou o decalque do contorno, em plástico transparente, depois a área foi determinada através de planímetro.

Para mensuração da área de gordura (AG) utilizou-se o mesmo procedimento e desenho da área do *Longissimus dorsi*, porém mensurando a área de gordura através de uma linha tangenciando as extremidades da região. A profundidade do lombo (*Longissimus dorsi*) foi tomada com o auxílio de um paquímetro, orientado a 6,5 cm da linha média na última costela em direção cranial. Com os valores da área de olho de lombo e da área de gordura, foram realizados os cálculos de relação carne/gordura. Todas as mensurações foram realizadas de acordo com o Método de Avaliação de Carcaça (BRIDI e SILVA, 2009).

O rendimento de carne magra (RCM) e a quantidade de carne magra na carcaça (QCMC) foram calculados segundo Irgang, (2004), por meio das equações: $RCM (\%) = 60 - (\text{espessura de toucinho mm} \times 0,58) + (\text{profundidade do músculo mm} \times 0,10)$; $QCMC (\text{kg}) = (\text{peso de carcaça resfriada kg} \times \text{rendimento de carne magra})/100$. A taxa de deposição de carne foi calculada pela diferença entre a quantidade de carne na carcaça dos animais no início e ao final do experimento, utilizando a seguinte fórmula: $DCM (\text{kg}) = (\text{Quantidade de carne na carcaça final por tratamento} - \text{Quantidade de carne na carcaça inicial do grupo controle}) / \text{n}^\circ \text{ de dias}$.

Das meias carcaças esquerdas, foram obtidos os cortes comerciais como: pernil, paleta, carré, copa/lombo, costela e filé mignon, de acordo com os cortes realizados pela indústria. Os rendimentos dos principais cortes de cada carcaça foram obtidos pela divisão do peso do corte pelo peso da meia carcaça resfriada, multiplicado por 100.

Determinação da composição química, pesos e proporções tecidual

Das meias carcaças direitas foi retirada uma amostra entre a 9^a, 10^a e 11^a costelas (secção HH), conforme procedimento descrito por Hankins e Howe (1946), esta secção foi utilizada para predição da composição física e química da carcaça.

As amostras foram acondicionadas em saco plástico, identificadas e armazenadas em *freezer* a -22 °C, para posteriores análises. As seções foram descongeladas, pesadas e dissecadas em osso, músculo, gordura e outros tecidos. Cada um dos componentes teciduais foi pesado para cálculo do peso relativo, em relação à amostra total. Após a dissecação, o músculo, a gordura e outros tecidos foram picados e triturados em moedor elétrico de carne, enquanto os ossos foram macerados separadamente. Em seguida, todo material foi homogeneizado e foi retirada uma amostra representativa, e assim procedeu-se a pré-secagem das amostras em estufa de ventilação forçada a 55 °C, por 72 horas.

Em razão da alta concentração de gordura das amostras, efetuou-se um pré-desengorduramento pelo método a quente, em aparelho extrator do tipo *Soxhlet*, por quatro horas. Após pré-secas e pré-desengorduradas, foram moídas em moinho de faca refrigerado antes da realização das análises. A água e a gordura retiradas no preparo das amostras foram consideradas na correção dos valores das análises.

As análises realizadas foram: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), cinzas (CZ), extrato etéreo (EE) de acordo com técnicas descritas por Detmann et al. (2012).

Coefficientes de digestibilidade aparente e excreção de nitrogênio

Para a avaliação da digestibilidade aparente das dietas, os animais receberam as respectivas rações experimentais contendo 0,5% de cinzas ácidas insolúveis (Celite[®]) como indicador de indigestibilidade durante um período de 72 horas, a coleta parcial de fezes era realizada 24 horas após o consumo da ração com o indicador. A coleta teve início ao 14^o dia do experimento. O recolhimento das amostras era realizado logo após a excreção dos animais, o que consistia na retirada de uma amostra parcial das fezes, evitando sua contaminação com urina ou outras partículas encontradas no ambiente, seguindo a metodologia descrita por Sakomura e Rostagno (2016).

As fezes coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e congelados a -20 °C. Posteriormente, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas, pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 55 °C, por um

período de 72 horas, para pré-secagem. Ao serem retiradas da estufa e atingirem o equilíbrio com a temperatura ambiente, as amostras foram pesadas novamente e moídas para serem analisadas. As análises realizadas foram de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), de acordo com técnicas descritas por Detmann et al. (2012). Para a determinação da Cinza Ácida Insolúvel (CAI), seguiu-se a metodologia descrita por Van Keulen e Young (1977).

Os cálculos dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e proteína bruta pelo método da coleta parcial de fezes foram realizados de acordo com a equação descrita por Sakomura e Rostagno (2016).

Parâmetros bioquímicos séricos

As amostras de sangue foram coletadas ao final do período experimental, por meio de punção do *sinus* orbital dos animais, utilizando agulhas hipodérmicas (40 x 1,6 mm), em seguida, acondicionadas em tubos de 10 mL sem anticoagulante para obtenção do soro.

Os tubos, com amostras do sangue, foram submetidos à centrifugação a 3.000 rpm, por 15 minutos, para obtenção do soro sanguíneo. Sequencialmente, foram transferidos para microtubos plásticos previamente identificados, e armazenados à temperatura de -20 °C, até o momento das análises laboratoriais para a mensuração das seguintes variáveis: proteínas totais, ureia e creatinina.

As determinações bioquímicas sanguíneas foram realizadas no analisador bioquímico semiautomático (Doles D250[®]), utilizando os seguintes kits comerciais DOLES[®]: creatinina e ureia 500. A determinação da proteína total foi realizada via através de refractômetro manual, no Laboratório de Biologia Molecular Aplicada à Produção Animal (BIOPA) do Departamento de Zootecnia da UFRPE.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão em função dos níveis de lisina nas rações, utilizando o nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do pacote estatístico PROC GLM e PROC REG do SAS[®] versão 9.4. (SAS Institute Inc., 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito quadrático para o consumo de ração ($P < 0,031$) e consumo de lisina ($P < 0,001$), com níveis máximo estimado 0,73% e 0,94% de lisina digestível, respectivamente. Enquanto a conversão alimentar ($P < 0,026$) reduziu linearmente em função aos níveis de lisina na dieta (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito dos níveis de de proteína e lisina sobre as características de desempenho de suínos castrados na fase de terminação (70 aos 90 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|---------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------|---------------|-------|
| | 11,59%PB 0,56%Lis | 12,99%PB 0,66%Lis | 13,68%PB 0,76%Lis | 14,44%PB 0,86%Lis | 14,85%PB 0,96%Lis | | L | Q |
| Peso Final, kg | 92,29 | 92,83 | 92,75 | 95,25 | 91,75 | 2,77 | Ns | Ns |
| CMDR, kg/dia ¹ | 3,68 | 3,73 | 3,84 | 3,84 | 3,35 | 0,28 | Ns | 0,031 |
| CDL, g/dia ² | 20,62 | 25,05 | 29,25 | 34,52 | 32,23 | 5,19 | 0,001 | 0,001 |
| GPMD, kg | 1,30 | 1,34 | 1,40 | 1,42 | 1,38 | 0,22 | Ns | Ns |
| CA, kg/kg ³ | 2,82 | 2,79 | 2,76 | 2,70 | 2,42 | 0,24 | 0,026 | Ns |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: Não significativo. L: Linear. Q: Quadrático; R²: Coeficiente de determinação. CMDR: Consumo médio diário de ração. CDL: Consumo diário de lisina. GPMD: Ganho de peso médio diário. CA: Conversão alimentar.

¹ Q: $Y = -0,6754 + 12,489X - 8,5714X^2$ ($R^2 = 0,81$); ² Q: $Y = -45,787 + 166,99X - 88,357X^2$ ($R^2 = 0,87$); ³ L: $Y = 3,3638 - 0,8730X$ ($R^2 = 0,76$).

Os níveis de proteína e lisina nas dietas influenciaram de forma quadrática o consumo médio diário de ração e de lisina digestível. Segundo Westerterp-Plantenga et al. (1999), as proteínas apresentam maior eficiência na saciedade que carboidratos e lipídeos. Altas concentrações de aminoácidos na corrente sanguínea no período pós-pradial podem estimular a liberação de hormônios que atuam na saciedade (PAIVA et al., 2007).

A colecistoquinina (CCK) é o principal hormônio relacionado ao controle da saciedade, sendo secretada pelo duodeno na presença de proteínas no lúmen intestinal, favorecendo a inibição do esvaziamento gástrico (ORÍÁ et al., 2016). A redução do consumo de ração pode estar associada à quantidade de proteína e aminoácido ingeridos, os quais podem ter refletido no controle da saciedade dos animais.

A redução da conversão alimentar em função do aumento da lisina digestível indica que os suínos converteram as rações consumidas de maneira mais eficiente em ganho de peso quando o teor de lisina foi aumentado. No entanto, o ganho de peso pode não estar relacionado a deposição de carne magra, pois, segundo os dados da

composição de carcaça, os animais apresentaram um aumento na deposição de gordura em função dos níveis de proteína e lisina.

A Tabela 3 apresenta os efeitos dos níveis de lisina digestível sobre características e rendimento de carcaça dos suínos.

Tabela 3. Efeito dos níveis de de proteína e lisina sobre características e rendimento de carcaça, e rendimentos de cortes comerciais de suínos machos castrados da raça Duroc, na fase de terminação (70 aos 90 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|----------------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|---------------|-------|
| | 11,59%PB 0,56%Lis | 12,99%PB 0,66%Lis | 13,68%PB 0,76%Lis | 14,44%PB 0,86%Lis | 14,85%PB 0,96%Lis | | L | Q |
| PVA, kg | 90,81 | 91,45 | 92,22 | 94,39 | 90,84 | 0,188 | Ns | Ns |
| PCQ, kg ¹ | 71,81 | 72,19 | 74,22 | 74,43 | 71,06 | 0,017 | Ns | 0,017 |
| RCQ, % | 79,08 | 78,93 | 78,29 | 78,86 | 78,23 | 0,786 | Ns | Ns |
| PCF, kg ² | 68,77 | 70,01 | 71,94 | 72,19 | 68,78 | 0,018 | Ns | 0,018 |
| RCF, % | 75,74 | 76,55 | 78,06 | 76,48 | 75,71 | 0,480 | Ns | 0,125 |
| CC, cm | 93,90 | 94,12 | 95,74 | 95,94 | 94,12 | 0,583 | Ns | Ns |
| CP, cm | 36,88 | 36,74 | 37,36 | 37,58 | 36,74 | 0,460 | Ns | Ns |
| AOL, cm ^{2 3} | 32,68 | 35,16 | 35,95 | 32,87 | 32,38 | 0,007 | Ns | 0,007 |
| AG, cm ^{2 4} | 19,79 | 17,48 | 14,81 | 17,07 | 18,56 | 0,014 | Ns | 0,014 |
| RC:G ⁵ | 1,71 | 2,24 | 2,47 | 1,87 | 1,89 | 0,011 | Ns | 0,011 |
| ET, mm ⁶ | 24,48 | 23,61 | 20,33 | 23,00 | 23,62 | 0,013 | Ns | 0,013 |
| RCM, % ⁷ | 46,34 | 46,86 | 48,73 | 47,16 | 46,82 | 1,465 | Ns | 0,039 |
| QCM, kg ⁸ | 31,87 | 32,80 | 35,04 | 34,04 | 32,19 | 1,806 | Ns | 0,002 |
| DCM, g/dia ⁹ | 0,198 | 0,212 | 0,390 | 0,289 | 0,209 | 0,111 | 0,481 | 0,009 |
| Rendimento dos Cortes Comerciais | | | | | | | | |
| Pernil, % | 26,59 | 26,34 | 27,57 | 27,66 | 27,06 | 1,207 | Ns | Ns |
| Paleta, % | 20,63 | 20,08 | 20,31 | 20,49 | 20,51 | 1,116 | Ns | Ns |
| Carré, % | 17,13 | 17,86 | 18,33 | 16,68 | 16,94 | 1,185 | Ns | Ns |
| Copa/lombo, % | 4,11 | 4,06 | 4,54 | 3,89 | 3,92 | 0,465 | Ns | Ns |
| Costela, % | 20,46 | 20,25 | 19,90 | 19,71 | 20,07 | 0,908 | Ns | Ns |
| Filé mignon, % | 1,01 | 1,06 | 1,05 | 0,99 | 1,05 | 0,114 | Ns | Ns |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: Não significativo. L: Linear. Q: Quadrático. PVA: Peso vivo ao abate. PCQ: Peso da carcaça quente. RCQ: Rendimento de carcaça quente. PCF: Peso da carcaça fria. RCF: Rendimento da carcaça fria. CC: Comprimento de carcaça. CP: Comprimento de perna. AOL: Área de olho de lombo. AG: Área de gordura. RC:G: Relação carne:gordura. ET: Espessura de toucinho. RCM: Rendimento de carne magra. QCM: Quantidade de carne magra. DCM: Deposição de carne magra.

¹Y = 35,108 + 101,80X - 66,486X² (R² = 0,69); ²Y = 24,934 + 121,41X - 78,429X² (R² = 0,83); ³Y = -3,0166 + 103,48X - 69,986X² (R² = 0,73); ⁴Y = 69,589 - 138,81X + 89,443X² (R² = 0,87); ⁵Y = -5,1940 + 19,722X - 12,982X² (R² = 0,63); ⁶Y = 60,294 - 99,149X + 63,705X² (R² = 0,62); ⁷Y = 25,657 + 57,335X - 36,894X² (R² = 0,62); ⁸Y = -3,2668 + 97,344X - 62,795X² (R² = 0,83); ⁹Y = -1,6779 + 5,1754X - 3,3397X² (R² = 0,62).

Os níveis de lisina digestível influenciaram de forma quadrática os seguintes aspectos: o peso de carcaça quente, peso de carcaça fria, área de olho de lombo, relação carne:gordura, rendimento de carne magra, quantidade de carne magra e deposição de carne magra, com nível ideal estimado em 0,76%; 0,77%; 0,73%; 0,76%; 0,78%; 0,77%

e 0,77% de lisina digestível, respectivamente. A área de gordura e espessura média de toucinho também apresentaram comportamento quadrático em função aos níveis de lisina digestível das dietas, com redução até o nível estimado de 0,78% e 0,78% de lisina digestível.

O ponto de mínimo ou de máximo estimado através das equações de regressão obtidas pelos resultados quadráticos das características de carcaça, rendimento de carne magra e espessura de toucinho, são o indicativo do teor de lisina necessário para atender o requerimento de lisina digestível para suínos sem excesso ou deficiência. Pois, quando a exigência de lisina dos suínos é alcançada e a deposição de proteína atinge o ponto máximo, como resultado, a deposição proteica começa a diminuir.

O aumento dos níveis de lisina digestível até 0,96% na dieta apresentou efeitos positivos sobre a conversão alimentar, porém aumentou a quantidade de gordura na carcaça de suínos machos castrados da raça Duroc na fase de terminação dos 70 aos 90 kg.

Os resultados de rendimento e características de carcaça estão totalmente relacionados com os resultados da composição centesimal e química da secção entre a 9ª e 11ª costela dos suínos (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito dos níveis de de proteína e lisina sobre composição centesimal e composição química da secção entre a 9ª e 11ª costela de suínos machos castrados da raça Duroc, na fase de terminação (70 aos 90 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|--|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|---------------|-------|
| | 11,59%PB 0,56%Lis | 12,99%PB 0,66%Lis | 13,68%PB 0,76%Lis | 14,44%PB 0,86%Lis | 14,85%PB 0,96%Lis | | L | Q |
| | Quantidade tecidual da secção entre a 9ª e 11ª costela (kg) | | | | | | | |
| Secção HH | 1,25 | 1,32 | 1,22 | 1,26 | 1,21 | 0,124 | Ns | Ns |
| Osso ¹ | 0,11 | 0,14 | 0,12 | 0,13 | 0,11 | 0,016 | Ns | 0,033 |
| Músculo | 0,46 | 0,46 | 0,47 | 0,46 | 0,46 | 0,026 | Ns | Ns |
| Gordura ² | 0,51 | 0,49 | 0,42 | 0,47 | 0,51 | 0,072 | Ns | 0,048 |
| Proporção tecidual da secção entre a 9ª e 11ª costela (%) | | | | | | | | |
| Osso | 9,18 | 10,84 | 9,98 | 10,25 | 9,58 | 1,303 | Ns | Ns |
| Músculo | 36,89 | 35,01 | 38,70 | 36,93 | 38,39 | 3,880 | Ns | Ns |
| Gordura ³ | 41,38 | 37,46 | 34,48 | 37,55 | 42,59 | 6,034 | Ns | 0,019 |
| Composição química da secção entre a 9ª e 11ª costela desengordurada (%) | | | | | | | | |
| Umidade | 65,90 | 66,46 | 69,06 | 67,85 | 65,47 | 2,910 | Ns | Ns |
| Gordura ⁴ | 42,36 | 41,52 | 41,44 | 46,48 | 47,28 | 3,771 | 0,002 | Ns |
| Proteína bruta ⁵ | 17,73 | 18,50 | 19,40 | 16,92 | 16,99 | 1,401 | Ns | 0,030 |
| Cinzas | 5,18 | 5,60 | 5,61 | 5,60 | 5,12 | 0,849 | Ns | Ns |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: Não significativo. L: Linear. Q: Quadrático. ¹Y = -0,0927 + 0,6023X - 0,4029X² (R² = 0,42); ²Y = 1,4877 - 2,7163X + 1,7724X² (R² = 0,75); ³Y = 132,30 -

$257,86X + 171,29X^2$ ($R^2 = 0,97$); ${}^4Y = 32,567 + 14,804X$ ($R^2 = 0,68$); ${}^5Y = 1,2582 + 48,682X - 34,049X^2$ ($R^2 = 0,58$).

Foi também observado efeito quadrático sobre o peso e proporção de gordura, da secção entre a 9ª e 11ª costela, com nível ideal estimado de 0,77 % e 0,75, respectivamente. O peso dos ossos também apresentou comportamento quadrático com ponto máximo estimado no nível 0,75% de lisina digestível.

Em relação a composição centesimal da secção entre a nona e a décima primeira costela, foi observado efeito quadrático para umidade e proteína bruta conforme o aumento dos níveis de lisina na dieta (Tabela 4), com nível ótimo estimado de 0,76% e 0,71% de lisina digestível, respectivamente. Com maiores teores de 68,33% de umidade e 18,66% de proteína bruta. Constatou-se ainda, aumento linear do teor de gordura ($P < 0,002$).

Pesquisa realizada por Bikker (1994), indicou uma redução da taxa de deposição proteica em suínos alimentados com excesso de lisina na dieta. Friesen et al. (1994) também encontraram respostas similares quando o teor de lisina digestível da dieta foi aumentado, e iniciou a diferenciação entre as deposições proteicas e lipídicas, demonstrando que após a deposição proteica atingir seu ponto máximo a composição de ganho é direcionada para ganho lipídico, ou seja, suínos alimentados com excesso de lisina ao atingirem o ponto máximo de deposição de proteína irão direcionar o excesso desse nutriente para a deposição de gordura na carcaça.

A fase de terminação (70 aos 120 kg) compreende o período em que o animal atinge a maturidade de seu peso corporal, tendo início a desaceleração da deposição proteica e aumento da deposição de lipídios (WHITTEMORE e KYRIAZAKIS, 2006), juntamente com o aumento do consumo de ração. Desta forma, os animais deverão requerer percentuais menores de lisina na ração para compensar o aumento de lisina consumida.

A Tabela 5 apresenta os efeitos dos níveis de lisina digestível sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes, consumo e excreção de nitrogênio pelos suínos.

O aumento dos níveis de lisina digestível nas rações proporcionou comportamento quadrático ($P < 0,01$) para o nitrogênio ingerido e fecal, com níveis médios estimados de 0,83% e 0,76%, respectivamente. O nitrogênio consumido está de acordo com o comportamento do consumo de lisina pelos animais. Entretanto, o nitrogênio fecal, os

resultados indicam que houve redução da excreção do nitrogênio próximo ao nível ótimo da exigência dos animais. Houve também aumento linear ($P < 0,01$) para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta em função dos níveis de lisina.

Tabela 5. Efeito dos níveis de de proteína e lisina sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes em suínos castrados na fase de terminação (70 aos 90 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|---------------|-------|
| | 11,59%PB 0,56%Lis | 12,99%PB 0,66%Lis | 13,68%PB 0,76%Lis | 14,44%PB 0,86%Lis | 14,85%PB 0,96%Lis | | L | Q |
| N ingerido, g/dia ¹ | 65,51 | 75,30 | 80,40 | 91,03 | 78,02 | 9,244 | 0,001 | 0,001 |
| N fecal, g/kg ² | 8,20 | 8,16 | 7,94 | 8,58 | 9,43 | 0,854 | 0,001 | 0,003 |
| CDAMS | 94,76 | 92,86 | 94,89 | 93,85 | 94,77 | 0,991 | Ns | 0,123 |
| CDAPB ³ | 91,36 | 91,11 | 93,68 | 93,17 | 93,32 | 1,346 | 0,001 | Ns |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: Não significativo. L: Linear. Q: Quadrático. CDAMS: Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca. CDAPB: Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta.

¹Y = -112,51 + 475,79X - 286,21X² (R² = 0,83); ²Y = 19,745 - 34,281X + 24,722X² (R² = 0,93); ³Y = 87,989 + 5,9742X (R² = 0,61).

A Tabela 6 apresenta os efeitos dos níveis de lisina digestível sobre os parâmetros sanguíneos dos suínos. Pode-se observar que os níveis de lisina digestível proporcionaram um aumento linear na proteína total ($P < 0,004$) e ureia sérica ($P < 0,001$) dos suínos.

Tabela 6. Efeito dos níveis de de proteína e lisina sobre os parâmetros sanguíneos em suínos machos castrados da raça Duroc na fase de terminação (70 aos 90 kg)

| Variáveis | Níveis de lisina digestível, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------|---------------|----|
| | 11,59%PB 0,56%Lis | 12,99%PB 0,66%Lis | 13,68%PB 0,76%Lis | 14,44%PB 0,86%Lis | 14,85%PB 0,96%Lis | | L | Q |
| Proteína total, g/dL ¹ | 6,52 | 6,68 | 6,72 | 6,88 | 7,12 | 0,348 | 0,004 | Ns |
| Ureia, mg/dL ² | 27,64 | 43,87 | 49,09 | 62,25 | 62,00 | 15,981 | 0,001 | Ns |
| Creatinina, mg/dL | 0,785 | 0,802 | 0,789 | 0,815 | 0,785 | 0,083 | Ns | Ns |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: Não significativo. L: Linear. Q: Quadrático. ¹L: Y = 5,7200+1,4000X (R² = 0,94); ²L: Y = -17,234+87,112X (R² = 0,92).

O aumento da concentração de ureia sérica de acordo com os níveis de lisina, indica que o excesso aminoácidos foi metabolizado de maneira ineficiente, se mantendo na circulação sanguínea até o momento da excreção (HEO et al., 2008), este resultado pode estar associado ao aumento do coeficiente de digestibilidade da proteína bruta,

assim como o aumento do teor de nitrogênio presente nas fezes nos maiores níveis. No entanto, os valores de referência para ureia sérica em suínos na fase de terminação estão dentro da faixa de referência (21,4 a 64,2 mg/dL) (LOPES et al., 2007).

A Tabela 7 apresenta os efeitos dos níveis de lisina digestível sobre os pesos de órgãos internos de suínos.

Tabela 7. Efeito dos níveis de de proteína e lisina sobre os pesos de órgãos internos de suínos machos castrados da raça Duroc, na fase de terminação (70 aos 90 kg)

| Variáveis | Níveis de proteína e lisina, % | | | | | DPR | Probabilidade | |
|-------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|---------------|----|
| | 11,59%PB 0,56%Lis | 12,99%PB 0,66%Lis | 13,68%PB 0,76%Lis | 14,44%PB 0,86%Lis | 14,85%PB 0,96%Lis | | L | Q |
| Peso Absoluto, kg | | | | | | | | |
| Fígado | 1,67 | 1,65 | 1,59 | 1,66 | 1,69 | 0,178 | Ns | Ns |
| Rins, kg | 0,34 | 0,35 | 0,32 | 0,34 | 0,34 | 0,028 | Ns | Ns |
| Estômago | 0,62 | 0,63 | 0,60 | 0,62 | 0,59 | 0,052 | Ns | Ns |
| Intestino delgado | 1,67 | 1,71 | 1,53 | 1,68 | 1,60 | 0,226 | Ns | Ns |
| Intestino grosso | 2,33 | 2,37 | 2,34 | 2,60 | 2,51 | 0,305 | Ns | Ns |
| Pâncreas | 0,12 | 0,15 | 0,13 | 0,13 | 0,15 | 0,020 | Ns | Ns |
| Peso Relativo, % | | | | | | | | |
| Fígado | 1,82 | 1,81 | 1,72 | 1,76 | 1,85 | 0,193 | Ns | Ns |
| Rins | 0,36 | 0,39 | 0,35 | 0,36 | 0,37 | 0,032 | Ns | Ns |
| Estômago | 0,67 | 0,68 | 0,65 | 0,66 | 0,65 | 0,052 | Ns | Ns |
| Intestino delgado | 1,81 | 1,86 | 1,66 | 1,78 | 1,76 | 0,237 | Ns | Ns |
| Intestino grosso | 2,58 | 2,59 | 1,54 | 1,76 | 2,81 | 0,335 | Ns | Ns |
| Pâncreas | 0,14 | 0,17 | 0,15 | 0,14 | 0,16 | 0,023 | Ns | Ns |

DPR: Desvio padrão residual. Ns: Não significativo. L: Linear. Q: Quadrático.

Apesar do maior trabalho do organismo dos animais para metabolizar e excretar o excesso de aminoácidos, os órgãos não tiveram seus pesos influenciados significativamente ($P > 0,05$), principalmente fígado e rins. Possivelmente, os órgãos não foram influenciados pelos níveis de lisina, devido à fase de desenvolvimento dos animais, pois os animais já possuíam seus órgãos bem desenvolvidos e o esforço metabólico não foi suficiente para alterar seu peso ou tamanho.

CONCLUSÃO

Os níveis de proteína e lisina digestível recomendado para dietas de suínos machos castrados da raça Duroc na fase de terminação são de 13,86% e 0,77%,

respectivamente, por proporcionar melhores características de carcaça sem afetar o desempenho dos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. T. et al. Lisina digestível em dietas para suínos machos castrados de alto potencial Genético para deposição de carne magra na carcaça dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n. 36, v. 1, pp. 54–61, 2007.

BIDNER, B. S. et al. Influence of dietary lysine level, pre-slaughter fasting, and rendimento napole genotype on fresh pork quality. **Meat Science**, v. 68, n. 1, pp. 53–60, 2004.

BIKKER, P. **Protein and lipid accretion in body components of growing pigs: Effects of body weight and nutrient intake**, PhD thesis. Wageningen Agricole University, Wageningen, The Netherlands, 1994.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. (2009) **Avaliação da Carcaça**. 1ed. Londrina: Midiograf, 2009. Disponível em: [http://www.uel.br/grupo-pesquisa/gpac/pages/arquivos/Material para consulta/Bridi e Silva, 2009_ Avaliação da carcaça suína.pdf](http://www.uel.br/grupo-pesquisa/gpac/pages/arquivos/Material%20para%20consulta/Bridi%20e%20Silva,%202009_%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20da%20carca%C3%A7a%20su%C3%ADna.pdf).

CHANG, Y.M.; WEI, H.W. The Effects of Dietary Lysine Deficiency on Muscle Protein Turnover in post weaning pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 18, n. 9, pp. 1326–1335, 2005.

CISNEROS, F. et al. Influence of Slaughter Weight on Growth and Carcass Characteristics, Commercial Cutting and Curing Yields, and Meat Quality of Barrows and Gilts from Two Genotypes. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 5, pp. 925–933, 1996.

CLINE, T. R. et al. Further assessment of the dietary lysine requirement of finishing gilts. **Journal of Animal Science**, 78(4), pp. 987–992, 2000.

DETMANN, E. et al. **Métodos para Análise de Alimentos**. Visconde de Rio Branco, MG: INCT - Ciência Animal, 2012.

FRIESEN, K. G. et al. Influence of Dietary lysine on growth and carcass composition of high-lean-growth gilts fed from 34 to 72 kilograms. **Journal of Animal Science**, v. 72, pp. 1761–1770, 1994.

GU, Y. et al. Growth, Development, and Carcass Composition in 5 Genotypes of Swine. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 6, pp. 1719–1729, 1992.

HANKINS, O. G.; HOWE, P. E. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. **Technical Bulletin**, v. 944, pp. 1–20, 1946.

HEO, J. M. et al. Effects of feeding low protein diets to piglets on plasma urea nitrogen, faecal ammonia nitrogen, the incidence of diarrhoea and performance after weaning. **Archives of Animal Nutrition**, v. 62, n. 5, p. 343–358, 2008.

IRGANG, R. Predição e rendimento de carne na carcaça de suínos. Mensagem recebida por ambridi@hotmail.com, 2004.

LATORRE, M. A. et al. Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics, and meat quality of pigs slaughtered at 117 kg body weight. **Meat Science**, v. 65, n. 4, pp. 1369–1377, 2003.

LOPES, S. T. A. et al. **Manual de patologia clínica veterinária**. 3 ed., 107p. Santa Maria: UFSM. Departamento de Clínica de Pequenos Animais, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Swine**. 9 ed. Washington, US: National Academy of Sciences, 93p., 2012.

ORIÁ, R. B. et al. **Sistema Digestório: Integração Básico-Clínica**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2016.

PAIVA, A. et al. Efeitos da alta ingestão diária de proteínas no metabolismo. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 22, n. 1, pp. 83–88, 2007.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileira para Aves e Suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed, Viçosa, MG: UFV, 252p., 2011.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Metodologias de pesquisa em nutrição de monogástrico**. 2nd edn. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2016.

SANTOS, F. D. A. et al. Níveis de treonina digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético na fase dos 95 aos 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 5, pp. 1038–1044, 2011.

SAS Institute Inc. **System for windows**, version 9.4., 2012.

SUZUKI, K. et al. Meat quality comparison of Berkshire, Duroc and crossbred pigs sired by Berkshire and Duroc. **Meat Science**, v. 64, n. 1, pp. 35–42, 2003.

VAN KEULEN, J.; YOUNG, B. A. Evaluation of Acid-Insoluble Ash as a Natural Marker in Ruminant Digestibility Studies. **Journal of Animal Science**, v. 44, pp. 282–287, 1977.

WESTERTERP-PLANTENGA, M. S. et al. Satiety related to 24 h diet-induced thermogenesis during high protein/carbohydrate vs high fat diets measured in a respiration chamber. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 53, n. 6, pp. 495–502, 1999.

WHITTEMORE, C. T.; KYRIAZAKIS, I. **Whittemore's Science and Practice of Pig Production**. 3rd edn. London, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2006.

WOOD, J. D. et al. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. **Meat Science**, v. 67, n. 4, pp. 651–667, 2004.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Suínos da raça Duroc, na fase inicial (15 aos 30 kg), podem exigir maiores níveis de lisina digestível na ração para melhores resultados de desempenho, por apresentarem melhoria na conversão alimentar e digestibilidade da proteína quando os níveis de lisina foram aumentados (1,24%).

Já na fase de crescimento I (30 aos 50 kg), os animais apresentaram melhores repostas no desempenho e creatinina sérica no nível 0,93% de lisina digestível, que correspondeu ao consumo de 17,56 g/dia de lisina digestível, valores próximos aos níveis já estabelecidos. De maneira semelhante ocorreu na fase de crescimento II (50 aos 70 kg), as melhores repostas sobre o desempenho foram próximo ao nível médio estabelecido de 0,81% de lisina digestível, que correspondeu ao consumo de 24,41 g/dia de lisina digestível. No entanto, o aumento dos níveis de lisina digestível até 1,02% na dieta apresentou efeitos positivos sobre a redução a quantidade de gordura na carcaça, aumentando a relação carne/gordura, além de aumentar o teor de proteína na carne.

Na fase de terminação (70 aos 90 kg), os melhores resultados foram no nível de 0,77% de lisina digestível, obtidos em relação as características de carcaça, por proporcionar melhores resultados na área de olho de lombo e na deposição de carne magra. O aumento dos níveis de lisina digestível até 0,96% na dieta apresentou efeitos positivos sobre a conversão alimentar, porém aumentou a quantidade de gordura na carcaça.

Dependendo da fase de criação, e mantendo a relação dos aminoácidos de acordo com o conceito de proteína ideal, o aumento dos níveis de lisina digestível pode melhorar características de desempenho e de carcaça dos suínos machos castrados da raça Duroc.

