

LEANDRO ALEBRANTE

**NÍVEIS E PLANOS NUTRICIONAIS DE LISINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS  
MACHOS DO CRESCIMENTO À TERMINAÇÃO**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2012

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

T

A366n  
2012

Alebrante, Leandro, 1981-

Níveis e planos nutricionais de lisina digestível para suínos machos do crescimento à terminação / Leandro Alebrante.

– Viçosa, MG, 2012.

x, 54f. : il. ; (algumas color.) ; 29cm.

Orientador: Juazer Lopes Donzele

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 50-54

1. Suíno - Alimentação. 2. Lisina na nutrição animal.  
3. Suíno - Registros de desempenho. 4. Carcaças.

I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

II. Título.

CDD 22. ed. 636.40852

LEANDRO ALEBRANTE

**NÍVEIS E PLANOS NUTRICIONAIS DE LISINA DIGESTÍVEL PARA  
SUÍNOS MACHOS DO CRESCIMENTO À TERMINAÇÃO**

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

APROVADA: 29 de novembro de 2012.

---

Francisco Carlos de Oliveira Silva

---

Charles Kiefer

---

Paulo Cesar Brustolini  
(Coorientador)

---

Rita Flávia Miranda de Oliveira  
Donzele  
(Coorientadora)

---

Juarez Lopes Donzele  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida e por permitir que com saúde eu alcançasse mais um objetivo.

Aos meus pais Leovaldo e Ivete que na simplicidade das suas vidas proporcionaram-me as mais valiosas e sábias lições. Pai e mãe, amo vocês!

A minha irmã Lissandra pelas orações e torcida, sempre. Valeu mana!

Ao sobrinho Caio, ao cunhado Carlos, aos avôs Leopoldo e Terezinha e todos demais familiares pela torcida e apoio.

A minha noiva Mayra por todo o carinho, amor, compreensão, paciência e companheirismo.

A Vitamix Nutrição Animal LTDA por ter me proporcionado a primeira experiência profissional. Em especial ao Dalton Luiz dos Santos pelo profissional exemplar com quem tive a oportunidade de aprender/trabalhar.

Aos Profs. Drs. Melissa I. Hannas, Alexandre O. Teixeira, Charles Kiefer e Douglas Haese por terem me recomendado ao programa de doutorado em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

A Universidade Federal de Viçosa, por meio do Departamento de Zootecnia, pela acolhida e oportunidade de realização do mestrado e do doutorado.

Ao orientador Prof. Dr. Juarez Lopes Donzele, pela amizade, pela orientação e por compartilhar seu conhecimento técnico e de vida no decorrer deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de doutorado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos para estágio de doutorado no exterior.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) por financiar o projeto de pesquisa que deu origem a presente tese.

Aos Profs. Drs. Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele e Paulo Cesar Brustolini pela participação nas bancas de qualificação e de tese e pelos conselhos no decorrer do curso.

Aos membros da banca de tese, Dr. Francisco C. de Oliveira Silva e Prof. Dr. Charles Kiefer, pelas sugestões e colaborações científicas. Ainda ao Dr. Francisco C. de Oliveira Silva, por viabilizar a execução do experimento desta tese, na Fazenda Experimental Vale do Piranga.

Aos Profs. Drs. Melissa I. Hannas e Horácio S. Rostagno pela participação na banca de qualificação e discussões proporcionadas.

Ao Prof. Dr. Pedro V. R. Paulino pelas ultrassonografias dos animais.

Ao Carlos Salgado por intermediar o acesso aos animais e a equipe técnica da Pfizer Saúde Animal.

Ao Paulo Roberto Campos por disponibilizar os animais.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Vale do Piranga, pelo apoio durante a condução do experimento. Em especial ao José Carlos Silva, pela dedicação, companheirismo, presteza e auxílio na execução do experimento.

A direção do frigorífico Vale do Piranga (Saudali Alimentos) por permitir que acompanhássemos o abate dos animais.

Ao Prof. Dr. Charles Kiefer e ao Gabriel C. Rocha pelo auxílio na condução do experimento e por terem assumido a responsabilidade quando não pude estar presente.

Ao Alysson Saraiva, Diego de Ávila M. Braga e Eric M. Balbino pelo apoio na condução do experimento.

As empresas Ajinomoto e Evonik por disponibilizarem os aminoácidos industriais utilizados no experimento desta tese. Ainda à Evonik, pelas análises laboratoriais prestadas.

A todos os professores, colegas de pós-graduação e funcionários do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa que muito contribuíram para que eu alcançasse esse objetivo.

Ao Department of Agriculture and Food (DAFWA) pela oportunidade do estágio de doutorado. Em especial ao Bruce P. Mullan, pela orientação e oportunidades e aos pesquisadores e funcionários do Pork Innovation Group do DAFWA, pela acolhida e interação durante a minha estada na Austrália.

Ao Australian Pork Limited por ter proporcionado minha participação nos eventos Australasian Pig Science Association 2011 e Pan Pacific Pork Expo 2012.

Enfim, a todos que, de uma forma ou outra, contribuíram para a realização desse trabalho.

Muitíssimo Obrigado!

## **BIOGRAFIA**

LEANDRO ALEBRANTE, filho de Leovaldo Alebrante e Ivete Iloni Felini Alebrante, nasceu em 03 de setembro de 1981, em Camargo, Rio Grande do Sul.

Em março de 2000 iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Federal de Santa Maria, concluindo-o em fevereiro de 2005.

Entre fevereiro de 2005 e julho de 2008 exerceu o cargo de Zootecnista na empresa Vitamix Nutrição Animal LTDA, Nova Itaberaba-SC.

Entre março de 2006 e abril de 2007, enquanto colaborador da Vitamix Nutrição Animal LTDA especializou-se em nutrição e alimentação de animais de interesse zootécnico, na Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Em agosto de 2008 iniciou o curso de mestrado em Zootecnia (área de concentração nutrição de monogástricos), na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em fevereiro de 2010.

Em março de 2010, também na Universidade Federal de Viçosa, iniciou o curso de doutorado em Zootecnia (área de concentração nutrição de monogástricos). Entre outubro de 2011 e junho de 2012, enquanto estudante de doutorado na Universidade Federal de Viçosa realizou estágio de doutorado no Pork Innovation Group do Department of Agriculture and Food, em Perth-WA-Austrália. Submeteu-se a defesa de tese em 29 de novembro de 2012.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	2
LISINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS NÃO CASTRADOS EM CRESCIMENTO .....	10
Resumo .....	10
Abstract .....	12
Introdução .....	14
Metodologia.....	16
Resultados e discussão.....	19
Conclusões.....	25
PLANOS NUTRICIONAIS DE LISINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS IMUNOCASTRADOS DO CRESCIMENTO À TERMINAÇÃO .....	26
Resumo .....	26
Abstract .....	28
Introdução .....	30
Metodologia.....	32
Resultados e discussão.....	39
Conclusões.....	48
CONCLUSÕES GERAIS .....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50



## RESUMO

ALEBRANTE, Leandro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2012. **Níveis e planos nutricionais de lisina digestível para suínos machos do crescimento à terminação**. Orientador: Juarez Lopes Donzele. Coorientadores: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele e Paulo Cesar Brustolini.

Foi realizado um experimento com o objetivo de determinar a exigência de lisina digestível de suínos machos não castrados em crescimento (54 a 100 dias ou 20 a 60 kg) e de avaliar planos nutricionais de lisina digestível para suínos machos imunocastrados do crescimento à terminação (54 a 155 dias ou 20 a 120 kg). Oitenta suínos machos não castrados, com peso inicial de  $19,5 \pm 2,6$  kg e 54 dias de vida foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso composto de cinco tratamentos, oito repetições e dois animais por unidade experimental (baia). As dietas experimentais e a água foram fornecidas à vontade aos animais durante todo o experimento que teve duração de 101 dias (54 a 155 dias). No 100° e 128° dia de vida dos suínos (dias 46 e 74 do experimento, respectivamente), todos os animais foram injetados com 2,0 mL de uma vacina comercial para a castração imunológica de suínos machos não castrados. Aos 100, 128 e 155 dias de vida dos suínos (dias 46, 74 e 101 do experimento, respectivamente), os animais foram pesados e a quantidade de ração fornecida em cada baia (descontadas as sobras e os desperdícios) foi calculada para a determinação do consumo de ração e de lisina digestível, do ganho de peso e da conversão alimentar dos animais em cada período experimental (54 a 100; 54 a 128 e 54 a 155 dias). Aos 100 e 155 dias de vida dos suínos (dias 46 e 101 do experimento, respectivamente), a área e a profundidade de lombo (*Longissimus dorsi*) bem como a espessura de toucinho foram medidas por meio de ultrassom. O peso de carcaça quente, a quantidade e o rendimento de carne foram medidos no abate (156 dias). Na fase de crescimento (54 a 100 dias), os tratamentos corresponderam aos níveis de lisina digestível de 9, 10, 11, 12 e 13 g/kg, tendo influenciado, de forma linear, a conversão alimentar ( $P < 0,01$ ) e a área de olho de lombo

( $P < 0,05$ ) dos animais. O nível de lisina digestível estimado para mínima conversão alimentar e máxima área de olho de lombo foi de 13 g/kg. Do crescimento à terminação (54 a 155 dias), os tratamentos corresponderam aos planos nutricionais de lisina digestível de 9-8-7, 10-9-8, 11-10-9, 12-11-10 e 13-12-11 g/kg, e foram fornecidos aos suínos, respectivamente, dos 54 aos 100, 100 aos 128 e 128 aos 155 dias. Os planos nutricionais de lisina digestível não influenciaram ( $P > 0,05$ ) o desempenho e os parâmetros de carcaça de suínos machos imunocastrados do crescimento à terminação. Conclui-se que, suínos machos não castrados em crescimento (54 a 100 dias ou 20 a 60 kg) exigem no mínimo 13 g/kg de lisina digestível para melhores respostas de conversão alimentar e área de olho de lombo; e que, o plano nutricional composto pela sequência de dietas contendo níveis de lisina digestível de 9, 8 e 7 g/kg, fornecido, respectivamente, dos 54 aos 100, 100 aos 128 e 128 aos 155 dias, atende as exigências de suínos machos imunocastrados do crescimento à terminação (54 a 155 dias ou 20 a 120 kg).

## ABSTRACT

ALEBRANTE, Leandro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2012. **Levels and nutritional plans of digestible lysine for growing-finishing male pigs.** Adviser: Juarez Lopes Donzele. Co-advisers: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele and Paulo Cesar Brustolini.

A trial was carried out aiming to determine the digestible lysine requirement for growing uncastrated male pigs (54 to 100 days or 20 to 60 kg) and to evaluate nutritional plans of lysine for growing-finishing immunocastrated male pigs (54 to 155 days or 20 to 120 kg). Eighty uncastrated male pigs weighing  $19.5 \pm 2.6$  kg and 54 days old were allocated in a randomised block design, with five treatments, eight replicates and two pigs per pen (experimental unit). The experimental diets and water were provided *ad libitum* to the animals throughout the trial that lasted 101 days (54 to 155 days). At 100 and 128 days old (days 46 and 74 of the trial, respectively), all pigs were injected with 2.0 mL of a commercial vaccine for immunological castration of boars. Pigs were weighed and the amount of feed provided in each pen (discounted leftovers and wastes) was calculated at 100, 128 and 155 days old (days 46, 74 and 101 of the trial, respectively) to determine feed and digestible lysine intake, weigh gain and feed conversion ratio in each experimental period (54 to 100; 54 to 128 and 54 to 155 days old). Pig *Longissimus* muscle area and depth as well as back fat depth were measured by ultrasound at 100 and 155 days old. Hot carcass weight, meat quantity and meat yield were measured at slaughter (156 days old). In the grower phase (54 to 100 days old), the treatments corresponded to the digestible lysine levels of 9, 10, 11, 12 and 13 g/kg, and influenced linearly, the feed conversion ratio ( $P < 0.01$ ) and the *Longissimus* muscle area ( $P < 0.05$ ). The predicted level of digestible lysine for minimum feed conversion ratio and maximum *Longissimus* muscle area was 13 g/kg. In the growing-finishing phase (54 to 155 days old), treatments corresponded to the nutritional plans of digestible lysine of 9-8-7, 10-9-8, 11-10-9, 12-11-10 e 13-12-11 g/kg, and were fed to pigs from 54 to 100, 100 to 128 and 128 to 155

days, respectively. The nutritional plans of digestible lysine had no effect on the performance, nor on the carcass parameters of growing-finishing immunocastrated male pigs ( $P>0.05$ ). In conclusion, growing uncastrated male pigs (54 to 100 days or 20 to 60 kg) require at least 13 g/kg of digestible lysine for minimum feed conversion ratio and maximum *Longissimus* muscle area; and that, the nutritional plan with a sequence of diets containing 9, 8 and 7 g/kg of digestible lysine, fed from 54 to 100, 100 to 128 and 128 to 155 days, respectively, meets the requirements of growing-finishing immunocastrated male pigs (54 to 155 days or 20 to 120 kg).

## INTRODUÇÃO GERAL

A produção e o abate comercial de suínos machos submetidos à castração imunológica é ainda uma novidade para a grande maioria dos países produtores de carne suína, onde o uso comercial dessa tecnologia tenha sido aprovado. Em decorrência disso, o conhecimento das exigências nutricionais desses animais e, mais especificamente, das exigências de lisina são ainda incipientes carecendo, portanto, de mais estudos.

O suprimento inadequado de lisina na dieta dos suínos tem impacto negativo na eficiência produtiva e conseqüentemente, na lucratividade do sistema. Por exemplo, dietas deficientes em lisina podem limitar a deposição de proteína na carcaça dos suínos. Por sua vez, o excesso de lisina, além de antieconômico, aumenta a excreção de nitrogênio, o que é indesejável do ponto de vista ambiental.

Nesse contexto, conhecer as exigências de lisina de suínos machos imunocastrados em crescimento e terminação pode auxiliar os suinocultores a maximizar a produção desses animais com um custo competitivo e mínimo impacto ambiental. Portanto, propôs-se realizar este estudo com o objetivo de determinar a exigência de lisina digestível de suínos machos não castrados em crescimento (54 a 100 dias) e de avaliar planos nutricionais de lisina digestível para suínos machos imunocastrados do crescimento à terminação (54 aos 155 dias).

Esta tese foi escrita em capítulos, conforme as normas para feitura de tese da Universidade Federal de Viçosa, optando-se pela apresentação dos objetivos em capítulos separados.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na grande maioria dos países produtores de carne suína, o abate comercial de suínos machos não castrados é evitado e, ou, proibido (Prunier et al., 2006; Lundström et al., 2009). No Brasil, conforme a legislação vigente (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 1952), “*é proibida a matança de suínos não castrados ou que mostrem sinais de castração recente*”. Por outro lado, em países onde o abate de suínos machos não castrados é permitido, recomenda-se fazê-lo antes que os animais alcancem a maturidade sexual (Dunshea et al., 2001), ou seja, com peso preferencialmente inferior aos 100 kg.

Ocorre que, suínos machos não castrados, abatidos na faixa de peso alvo da indústria brasileira e de outros países produtores de carne suína (110 – 120 kg), produzem carne de pior qualidade sensorial que fêmeas e, ou, castrados o que resulta em rejeição pelos consumidores (Font i Furnols et al., 2008; Gispert et al., 2010). Tal condição está associada à presença de escatol e androstenona na carne de machos suínos não castrados as quais se depositam, sobremaneira, no tecido adiposo. Durante a cocção da carne, estas substâncias podem ser parcialmente volatilizadas produzindo odor repugnante ou, permanecerem conferindo sabor desagradável a carne (Bonneau, 1998; Font i Furnols et al., 2008; Lundström et al., 2009).

Em geral, a presença de escatol e androstenona na carne suína está associada à atividade testicular dos suínos. A androstenona é naturalmente sintetizada nos testículos dos suínos e parcialmente liberada na saliva onde age como um ferormônio (Bonneau, 1998). Assim como os demais

esteroides testiculares, a síntese de androstenona aumenta durante a puberdade dos suínos que coincide, aproximadamente, com o peso alvo de abate comercial dos animais (100 – 120 kg) (Claus et al., 1994).

O escatol, um produto da degradação bacteriana do triptofano, é gerado no intestino grosso dos suínos. Parte dele é excretada nas fezes e parte é reabsorvida pelo intestino, metabolizada e depositada no tecido adiposo. Entretanto, diferentemente da androstenona, não está completamente esclarecido porque os níveis de escatol são, em geral, superiores nos machos não castrados do que nos castrados e nas fêmeas (Bonneau, 1998). Postula-se que a presença de hormônios sexuais masculinos, sobretudo a androstenona inibe a ação de enzimas responsáveis pela degradação do escatol no fígado induzindo, conseqüentemente, o acúmulo dessa substância no tecido adiposo dos suínos (Andresen, 2006).

Nesse sentido, a castração constitui-se numa forma eficiente de controlar os níveis de androstenona e escatol e, portanto, melhorar a qualidade sensorial da carne de suínos machos (Font i Furnols et al., 2008). Dentre os métodos de castração disponíveis, o precoce (ou físico, ou cirúrgico) é o mais amplamente empregado por suinocultores em todo o mundo (Bonneau, 1998; Prunier et al., 2006).

Entretanto, a castração física apesar de prática e econômica gera alterações comportamentais e endócrinas nos animais que, do ponto de vista do bem estar animal, são indicativas de dor e sofrimento (Prunier et al., 2006). Por essa razão, alguns países proibiram o uso da castração física na suinocultura (Noruega e Suíça, por exemplo), enquanto outros países

(membros da Comunidade Europeia, por exemplo) preveem proibi-la em breve (Fredriksen et al., 2006; Lundström et al., 2009; Pauly et al., 2009).

Outro método de castração, recentemente introduzido em alguns países produtores de carne suína, é a castração imunológica (ou imunocastração) dos machos suínos. Este consiste em vacinar os animais duas vezes durante as fases de crescimento e terminação sendo que, em cada imunização, os machos suínos recebem 2,0 mL de uma vacina comercial específica para a castração (Dunshea et al., 2001; Claus et al., 2007). A imunocastração dispensa a remoção física dos testículos (Dunshea et al., 2001) evitando, portanto, as consequentes alterações comportamentais de dor e sofrimento associadas à castração física do animal (Prunier et al., 2006). Sendo assim, a imunocastração do ponto de vista do bem estar animal, tem sido apontada como alternativa potencial à castração física dos suínos (von Borell et al., 2009).

A vacina para a castração imunológica de suínos machos é composta basicamente por análogo sintético incompleto do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), proteína carreadora e adjuvante aquoso. O análogo sintético incompleto do GnRH presente na vacina difere estruturalmente do GnRH endógeno, o que o impede de se ligar aos receptores de GnRH pituitários (Clarke et al., 2008). Entretanto, apesar de estranho ao organismo suíno, o GnRH sintético não é imunologicamente ativo precisando, para isso, ser conjugado a uma proteína carreadora também estranha ao organismo (Claus et al., 2007). Como resposta ao antígeno injetado, o sistema imune dos machos suínos produz, dias após a segunda imunização, altos níveis de anticorpos específicos. Estes, ligam-se ao GnRH endógeno impedindo-o que



se ligue aos receptores de GnRH pituitários afim de sinalizar a produção de gonadotrofinas (hormônios folículo estimulante e luteinizante) pela pituitária (Claus et al., 2007; Clarke et al., 2008).

Como consequência da baixa disponibilidade de GnRH, a pituitária reduz a síntese e secreção de gonadotrofinas o que induz os testículos a atrofiarem e reduzirem ao mínimo a síntese de esteroides, dentre os quais a androstenona (Dunshea et al., 2001; Claus et al., 2007; Gispert et al., 2010). Também ocorre o aumento na degradação hepática e na excreção do escatol sendo a sua concentração no organismo dos suínos minimizada em torno da quarta semana após a segunda imunização (Dunshea et al., 2001; Morales et al., 2010).

Destaca-se que, a vacina para a castração imunológica de suínos age exclusivamente na castração dos animais não tendo ação hormonal e nem efeito estimulante à produção hormonal. Assim, a carne proveniente de machos suínos imunocastrados não representa risco à saúde do consumidor (Clarke et al., 2008).

Em geral, machos suínos submetidos à imunocastração apresentam níveis mínimos de androstenona e escatol em torno da quarta semana após a segunda imunização (Dunshea et al., 2001; Morales et al., 2010). Nesse sentido, tem se recomendado realizar a segunda dose da vacina quatro semanas antes do abate previsto dos animais e, pelo menos quatro semanas após a primeira dose que, por sua vez, pode ser administrada a qualquer momento após a oitava semana de vida dos machos suínos (Dunshea et al., 2001; Claus et al., 2007). Contudo, dependendo do peso alvo de abate dos animais, diferentes protocolos de vacinação para a

castração podem ser utilizados. Por exemplo, para abater os machos suínos por volta dos 110 kg com 154 dias, recomenda-se vaciná-los aos 98 e 126 dias de vida. Já para abatê-los com peso e idade em torno dos 130 kg e 189 dias, imunizações no 133<sup>o</sup> e no 161<sup>o</sup> dia são recomendadas (Silva et al., 2011).

Convém destacar que, a primeira dose da vacina para a castração visa apenas o estabelecimento da memória imune dos animais não ocorrendo, portanto, alterações significativas no perfil hormonal dos suínos (Claus et al., 2007). Sendo assim, pelo menos até a segunda imunização, os machos imunocastrados podem crescer como animais não castrados o que, do ponto de vista produtivo, é vantajoso uma vez que, estes são zootecnicamente mais eficientes (consomem menos ração e depositam mais proteína na carcaça) do que os castrados (Millet et al., 2011). Por outro lado, com o nível de testosterona tendendo gradualmente ao mínimo após a segunda dose da imunocastração (Claus et al., 2007), os suínos aumentam consideravelmente o consumo de ração o que poderá aumentar a deposição de lipídio em relação à de proteína na carcaça (Millet et al., 2011).

Do ponto de vista nutricional, tem-se postulado que, até a segunda imunização para a castração, as exigências de lisina de suínos machos imunocastrados são semelhantes as dos não castrados. Porém, entre a segunda dose da vacina e o abate dos animais, estas são possivelmente próximas às exigências dos machos fisicamente castrados nos primeiros dias de vida (Millet et al., 2011). Entretanto, destaca-se que o conhecimento das exigências de lisina de suínos machos imunocastrados em crescimento

e terminação é ainda limitado carecendo, portanto de mais pesquisas (Millet et al., 2011).

A lisina é, em geral, o primeiro aminoácido limitante à síntese e deposição muscular de suínos em crescimento e terminação que, por sua vez, constitui-se num dos principais alvos zootécnicos dos produtores terminadores de suínos (NRC, 1998). Tem-se demonstrado que, independente do potencial genético dos suínos, dietas deficientes em lisina podem limitar a taxa de crescimento e impactar negativamente na eficiência produtiva dos animais (Reynolds & O'Doherty, 2006).

Por outro lado, o fornecimento de lisina em excesso nas dietas resulta em maior excreção de nitrogênio uma vez que, os suínos são incapazes de armazenar a fração excedente desse aminoácido (BSAS, 2003). Nesse sentido, o conhecimento das exigências de lisina de suínos em crescimento e terminação é essencial para a elaboração de dietas que atendam a demanda dos animais para uma melhor eficiência produtiva (Shelton et al., 2011) e menor excreção de nitrogênio no ambiente (BSAS, 2003).

Dentre os fatores que impactam na quantidade de lisina exigida pelos suínos destacam-se o potencial genético, o sexo dos suínos e a metodologia utilizada na determinação das exigências desse aminoácido (Main et al., 2008). Em geral, quanto maior o potencial genético dos suínos para a deposição muscular, maior é a exigência de lisina na dieta (Main et al., 2008) haja vista que, o conteúdo de lisina na proteína muscular e a eficiência com que os suínos utilizam a lisina dietética para a síntese e deposição muscular é, aparentemente, constante entre os diferentes genótipos suínos (Susenbeth, 1995).

Quanto ao sexo, tem-se demonstrado que para uma mesma idade, suínos machos não castrados têm maior capacidade de deposição proteica e menor consumo voluntário de ração do que as fêmeas e os machos castrados o que, conseqüentemente, implica em maior exigência de lisina na dieta (Lundström et al., 2009; Quiniou et al., 2010). Tal condição está associada à presença de testosterona, um hormônio naturalmente sintetizado nos testículos dos machos suínos, que tem efeito anorético sobre o apetite (Weiler et al., 1996), porém estimulante à síntese e deposição muscular (Claus et al., 2007).

Com relação à metodologia utilizada na determinação das exigências de lisina para suínos em crescimento e terminação constata-se que, estas têm sido convencionalmente determinadas e recomendadas por fases considerando, em geral, o nível de lisina que maximiza o desempenho e, ou, a deposição muscular dos suínos (NRC, 1998; BSAS, 2003; Rostagno et al., 2011). Contudo, dessa forma, pode-se superestimar a exigência de lisina dos suínos, principalmente se estas forem estimadas por meio de modelos quadráticos (Millet et al., 2010).

De outro modo, a utilização de dois ou três níveis de lisina sequenciais durante as fases de crescimento e terminação dos suínos, quando avaliadas como um fator considerando o período experimental total, pode resultar em exigências de lisina menores do que as determinadas por fase (Millet et al., 2010; Kiefer et al., 2010 e 2011). Nesse caso, a menor exigência de lisina pode estar associada ao fato de que, o fornecimento de dietas marginalmente deficientes em aminoácidos para suínos em crescimento não

prejudica o desempenho zootécnico geral e as características de carcaça dos animais ao final da fase de terminação (Chiba, 1995).

Além disso, tem sido proposto que suínos em crescimento alimentados com dietas contendo níveis de lisina abaixo da exigência podem adaptar-se a menor disponibilidade do nutriente via redução na taxa de catabolismo proteico (Reynolds & O'Doherty, 2006) e aumento na expressão gênica da proteína transportadora de aminoácido catiônico 1 (CAT-1) no músculo (Ishida et al., 2012), o que, conseqüentemente, pode proporcionar uma melhor eficiência de utilização desse aminoácido (Millet et al., 2010).

## CAPÍTULO I

### LISINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS NÃO CASTRADOS EM CRESCIMENTO

#### Resumo

O experimento foi realizado com o objetivo de determinar a exigência de lisina digestível de suínos machos não castrados em crescimento (dos 54 a 100 dias ou dos 20 a 60 kg). Oitenta suínos machos não castrados, híbridos comerciais (*AGPIC 425<sup>®</sup> x Camborough 25<sup>®</sup>*) com peso inicial de  $19,5 \pm 2,6$  kg e 54 dias de vida foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco tratamentos (9, 10, 11, 12 e 13 g/kg de lisina digestível), oito repetições e dois animais por unidade experimental (baia). As dietas e a água foram fornecidas a vontade aos animais durante todo o período experimental que teve duração de 46 dias (dos 54 aos 100 dias de vida dos animais). A temperatura do ar média observada no interior do galpão durante o período experimental foi de 21,4°C. Aos 100 dias de vida dos suínos, os animais foram pesados e a quantidade de ração fornecida em cada baia (descontadas as sobras e desperdícios) foi calculada para a determinação dos consumos de ração e de lisina digestível, do ganho de peso e da conversão alimentar no período (54 a 100 dias). Também aos 100 dias, a área e a profundidade de lombo (*Longissimus dorsi*) bem como a espessura de toucinho foram medidas por meio de ultrassom. Os níveis de lisina digestível influenciaram de forma linear a conversão alimentar ( $P < 0,01$ )

e a área de olho de lombo ( $P < 0,05$ ) dos animais. O nível de lisina digestível estimado para mínima conversão alimentar e máxima área de olho de lombo foi de 13 g/kg. Os demais parâmetros de desempenho (peso final, ganho de peso diário e consumo de ração) e de ultrassom (profundidade de lombo e espessura de toucinho), avaliados dos 54 aos 100 dias, não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pelos níveis de lisina digestível. Conclui-se que, suínos machos não castrados em crescimento (54 a 100 dias ou 20 a 60 kg), exigem, para melhores respostas de conversão alimentar e área de olho de lombo, no mínimo, 13 g/kg de lisina digestível, correspondente ao consumo diário estimado de 20,6 g de lisina digestível.

**Palavras-chave:** aminoácido, carcaça, desempenho, exigência, machos não castrados

## DIGESTIBLE LYSINE FOR GROWING UNCASTRATED MALE PIGS

### Abstract

This trial was carried out aiming to determine the digestible lysine requirement for growing uncastrated male pigs (54 to 100 days old or 20 to 60 kg). Eighty uncastrated male pigs (*AGPIC 425<sup>TM</sup> x Camborough 25<sup>TM</sup>*) weighing  $19.5 \pm 2.6$  kg and 54 days old were allocated in a randomised block design with five treatments (9, 10, 11, 12 e 13 g/kg of digestible lysine), eight replicates and two pigs per pen (experimental unity). Diets and water were provided *ad libitum* to the animals throughout the experimental period that lasted 46 days (54 to 100 days old). The mean air temperature observed inside of the shed during the experimental period was 21.4°C. At 100 days old, pigs were weighed and the amount of feed provided in each pen (discounted leftovers and wastes) was calculated to determine pigs feed and lysine intake, weigh gain and feed conversion ratio in the experimental period (54 to 110 days old). Pig *Longissimus* muscle area and depth as well as back fat depth were measured by ultrasound at 100 days old. The digestible lysine levels influenced linearly, feed conversion ratio ( $P < 0.01$ ) and *Longissimus* muscle area ( $P < 0.05$ ). The predicted level of digestible lysine for minimum feed conversion ratio and maximum *Longissimus* muscle area was 13 g/kg. The dietary digestible lysine levels had no effect ( $P > 0.05$ ) on the other performance (final body weight, feed intake and weigh gain) and ultrasound parameters (*Longissimus* muscle depth and back fat depth) evaluated from 54 to 100 days. In conclusion, growing uncastrated male pigs (54 to 100 days or 20 to 60 kg) require, at least 13 g/kg of digestible lysine for minimum feed



conversion ratio and maximum *Longissimus* muscle area, corresponding to a digestible lysine daily intake of 20.6 g.

**Key words:** amino acid, carcass, performance, requirement, uncastrated male pigs

## Introdução

A produção de suínos machos não castrados no Brasil, embora tenha sido evitada por décadas, tornou-se frequente nos últimos anos em decorrência da autorização do uso da vacina para a castração imunológica de suínos machos (Silva et al., 2011). Por meio dessa tecnologia os machos suínos crescem como não castrados durante toda a fase de crescimento e parte da terminação (Dunshea et al., 2001). Isso, do ponto de vista produtivo, pode ser vantajoso haja vista que, suínos machos não castrados têm maior potencial para deposição proteica e menor consumo de ração do que as fêmeas e os machos castrados. Entretanto, essas particularidades tornam os suínos machos não castrados animais mais exigentes em relação às demais categorias, quanto ao teor de lisina nas dietas (Quiniou et al., 2010).

A lisina é um aminoácido essencial na dieta de suínos em crescimento, tendo como principal função no organismo a síntese e deposição muscular que, do ponto de vista zootécnico, é um dos principais alvos na produção de suínos que se destinam ao abate. Em dietas a base de milho e farelo de soja, ingredientes comuns à alimentação de suínos no Brasil, a lisina é considerada o primeiro aminoácido limitante para a síntese e a deposição proteica dos animais (NRC, 1998). Independente do potencial genético e do sexo dos suínos, o fornecimento de dietas limitantes em lisina tem impacto negativo na deposição proteica e, conseqüentemente, no crescimento e na eficiência produtiva dos animais (Reynolds & O'Doherty, 2006). De outro modo, o fornecimento de lisina em excesso nas dietas, além de antieconômico, aumenta a excreção de nitrogênio pelos suínos, os quais são

biologicamente incapazes de armazenar a fração excedente de lisina na dieta (BSAS, 2003). Do ponto de vista ambiental, o aumento na excreção de nitrogênio pelos suínos é indesejável, pois além de prejudicar a qualidade do ar nas instalações pode contaminar os mananciais hídricos (Aarnink & Verstegen, 2007).

Nesse contexto, o ajuste da oferta de lisina à exigência dos suínos permite maximizar os resultados zootécnicos bem como reduzir o custo de produção (Shelton et al., 2011) e a excreção de nitrogênio pelos animais (BSAS, 2003). Entretanto, para o adequado suprimento de lisina nas dietas é imprescindível conhecer as exigências dos suínos bem como antecipar e, se possível, considerar os potenciais fatores de influência, quando da formulação das dietas (Main et al., 2008).

No caso dos machos não castrados, ao consultar a literatura disponível, especialmente a nacional, constata-se uma carência de informação no que diz respeito às exigências de lisina desses animais, em relação às das fêmeas e dos machos castrados. O limitado conhecimento das exigências de lisina de suínos machos não castrados pode dificultar o trabalho dos nutricionistas quanto à elaboração de dietas e estratégias nutricionais específicas para a categoria animal em questão, havendo, portanto, a necessidade de se realizar mais estudos na área.

Nesse sentido, propôs-se o presente estudo, cujo objetivo foi determinar a exigência de lisina de suínos machos não castrados em crescimento (dos 54 aos 100 dias ou dos 20 a 60 kg).

## Metodologia

O experimento foi conduzido no período de maio a junho de 2010 na Fazenda Experimental Vale do Piranga pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em Oratórios, Minas Gerais.

Foram utilizados 80 suínos machos não castrados, híbridos comerciais (*AGPIC 425<sup>®</sup> x Camborough 25<sup>®</sup>*, *Pig Improvement Company*) com peso inicial de  $19,5 \pm 2,6$  kg e 54 dias de vida. Os animais foram distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, composto de cinco tratamentos (níveis de lisina digestível), oito repetições e dois animais por baia (unidade experimental). Na formação dos blocos considerou-se a localização da baia no interior do galpão e o peso inicial dos leitões.

Os tratamentos, que consistiram de diferentes níveis de lisina digestível, foram constituídos de uma dieta basal sem aminoácidos industriais e outras quatro dietas obtidas pela suplementação da dieta basal com L-Lisina HCl 78% e, quando necessário, com DL-Metionina 99%; L-Treonina 98%; L-Triptofano 98% e L-Valina 96,5% em substituição ao caulim (alumino silicato hidratado), resultando em dietas experimentais com 9, 10, 11, 12 e 13 g/kg de lisina digestível.

As dietas experimentais (Tabela 1) foram formuladas para atenderem ou excederem às exigências nutricionais de suínos em fase de crescimento (30 a 50 kg), exceto para a lisina digestível, tomando como base as necessidades nutricionais de suínos fêmeas de alto potencial genético com desempenho superior propostas por Rostagno et al. (2005). Os aminoácidos industriais DL-Metionina 99%, L-Treonina 98%, L-Triptofano 98% e L-Valina 96,5%, quando necessários, foram suplementados às dietas experimentais

para garantir que relações mínimas de metionina+cistina, treonina, triptofano e valina com a lisina digestível (0,60; 0,65; 0,18 e 0,69 para 1,00, respectivamente), preconizadas por Rostagno et al. (2005), segundo o conceito de proteína ideal para essa categoria animal, fossem atendidas.

As dietas experimentais e a água foram fornecidas à vontade aos animais durante todo o período experimental (46 dias). Eventuais desperdícios e, ou, sobras de ração de cada baia foram individualmente recolhidas, pesadas e descontadas do total de ração fornecida na respectiva baia.

Os animais foram alojados em baias de alvenaria (1,87 m<sup>2</sup>/animal), equipadas individualmente com comedouro e bebedouro tipo chupeta, localizadas no interior de um prédio de alvenaria, naturalmente ventilado, com laterais teladas e cobertura de telha de amianto.

As condições ambientais no interior do galpão experimental foram monitoradas e registradas três vezes ao dia (7, 12 e 16h) por meio de termômetro de globo negro e, a cada hora por meio de uma estação meteorológica digital (*data logger*<sup>TM</sup>, modelo 3030.15, 433 MHz), que foram mantidos no centro do galpão à meia altura do corpo dos animais. Os valores registrados foram, posteriormente, convertidos no índice de temperatura de globo e umidade, segundo Buffington et al. (1981), para caracterização do ambiente.

Aos 100 dias de idade (dia 46 do experimento), os suínos foram pesados e a quantidade de ração fornecida em cada baia (descontadas as sobras e os desperdícios) foi calculada para a determinação dos consumos diários ração e de lisina digestível, do ganho de peso e da conversão

Tabela 1 – Composição (g/kg, matéria natural) das dietas experimentais (54 aos 100 dias)

Ingredientes	Lisina digestível (g/kg)				
	9	10	11	12	13
Milho grão moído	639,89	639,89	639,89	639,89	639,89
Farelo de soja 45%	307,45	307,45	307,45	307,45	307,45
Óleo de soja	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25
Fosfato bicálcico	12,07	12,07	12,07	12,07	12,07
Caulim	10,63	8,89	6,31	3,50	-
Calcário calcítico	6,31	6,31	6,31	6,31	6,31
Sal comum	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05
Vitaminas – minerais <sup>1</sup>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
L-Lisina HCl 78%	-	1,29	2,58	3,87	5,16
DL-Metionina 99%	-	0,39	0,99	1,60	2,21
L-Treonina 98%	-	0,06	0,75	1,44	2,12
L-Triptofano 98%	-	-	-	0,08	0,27
L-Valina 96,5%	-	-	-	0,14	0,87
Sulfato de colistina 8% <sup>2</sup>	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Butilhidroxitolueno <sup>3</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Composição calculada <sup>4</sup>					
Energia metabolizável (kcal/kg)	3225	3233	3245	3258	3275
Proteína bruta (g/kg)	192,2	193,6	195,6	197,8	200,5
Lisina digestível (g/kg)	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0
Met + Cis Digestível (g/kg)	5,6	6,0	6,6	7,2	7,8
Treonina digestível (g/kg)	6,4	6,4	7,2	7,8	8,5
Triptofano digestível (g/kg)	2,1	2,1	2,1	2,1	2,3
Valina digestível (g/kg)	8,1	8,1	8,1	8,3	9,0
Isoleucina digestível (g/kg)	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
Cálcio (g/kg)	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
Fósforo disponível (g/kg)	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Sódio (g/kg)	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9

<sup>1</sup> Contendo por quilograma do produto: 2.000.000 UI de Vitamina A; 300.000 UI de Vitamina D3; 5.000 UI de Vitamina E; 625 mg de Vitamina K3; 5.000 mcg de Vitamina B12; 1.000 mg de Vitamina B2; 12,5 mg de Biotina; 2.500 mg de Ácido pantotênico; 6.250 mg de Niacina; 500 mg de Butilhidroxitolueno; 250 mg de Vitamina B1; 500 mg de Vitamina B6; 150 mg de Ácido fólico; 60 g de Colina; 12,5 g de Vitamina C; 125 mg de Cobalto; 125 mg de Selênio; 17,5 g de Ferro; 5.000 mg de Cobre; 10 g de Manganês; 20 g de Zinco; 200 mg de Iodo e Veículo q.s.p. 1000 g.

<sup>2</sup> e <sup>3</sup> Aditivo promotor de eficiência alimentar e antioxidante, respectivamente (Sindirações, 2005).

<sup>4</sup> Baseado nos valores de composição dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2005).

alimentar no período dos 54 aos 100 dias.

Após a pesagem dos animais aos 100 dias de idade (dia 46 do experimento), procedeu-se à avaliação da profundidade de lombo (PL), da área de olho de lombo (AOL) e da espessura de toucinho (ET) por meio de aparelho de ultrassom (*Aloka SSD 500™, Aloka Co.*). As imagens foram coletadas entre a décima e a décima primeira costela, por técnico certificado (*Biotronics Inc.*). Posteriormente, a partir das imagens obtidas, a PL, a AOL e a ET foram calculadas utilizando-se o programa computacional Biosoft (*BioSoft Toolbox™ for Swine, Biotronics Inc.*).

As variáveis estudadas (consumos de ração e de lisina digestível, peso final, ganho de peso, conversão alimentar, área e profundidade de lombo e espessura de toucinho) foram submetidas à análise de variância em nível de 5% de significância, utilizando-se o programa estatístico SAEG (*Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, Fundação Arthur Bernardes – UFV*), versão 8.0. A unidade experimental foi representada pela baia para as variáveis de desempenho e pelo indivíduo (suíno) para as variáveis de ultrassom. A exigência de lisina digestível foi obtida por meio de análises de regressão do ganho de peso, conversão alimentar, área de olho de lombo e profundidade de lombo, utilizando-se modelo linear ou quadrático, de acordo com o melhor ajuste do modelo a cada variável estudada.

## **Resultados e discussão**

Durante o período experimental a temperatura no interior do galpão foi de  $21,4 \pm 4,0^{\circ}\text{C}$ , a umidade relativa do ar de  $73,3 \pm 10,2\%$  e a temperatura de globo negro de  $22,4 \pm 4,1^{\circ}\text{C}$ , com o índice de temperatura de globo e

umidade (ITGU) calculado correspondendo a  $69,6 \pm 5,1$ . A partir desses resultados, constatou-se que, a temperatura média do ar ( $21,4^{\circ}\text{C}$ ) observada nesse estudo permaneceu dentro da faixa de temperatura (18 a  $24^{\circ}\text{C}$ ) proposta por Coffey et al. (2000) para suínos dos 18 aos 68 kg e que, o valor de ITGU calculado (69,6) permaneceu dentro da faixa de ITGU (68,4 a 70,0) verificada por Ferreira et al. (2005), em um estudo com suínos dos 30 aos 60 kg, mantidos em ambiente de termoneutralidade.

Não se observou efeito ( $P>0,05$ ) dos níveis de lisina digestível (Ld) no peso final e no ganho de peso diário dos suínos (Tabela 2). Esses resultados estão consistentes com os obtidos por Castagna et al. (1999), que também não verificaram efeito dos níveis de lisina total da dieta (8,7 a 12,5 g/kg) no ganho de peso diário e no peso final de suínos machos não castrados em crescimento (25 a 70 kg). Por outro lado, Kiefer et al. (2010), avaliando níveis de Ld de 9 a 12 g/kg para suínos machos não castrados dos 67 aos 107 dias (28 a 58 kg), constataram aumento linear no peso final e no ganho de peso diário dos animais. Melhora quadrática na taxa de crescimento de suínos machos não castrados em função do teor de lisina total na dieta (9 a 14,4 g/kg), também foi observado por O'Connell et al. (2005), que estimaram em 13,1 e 12,7 g/kg os níveis de lisina total para máximo ganho de peso dos animais nas faixas de peso, respectivas de 20 a 40 e 40 a 60 kg.

Os níveis de Ld não influenciaram ( $P>0,05$ ) o consumo de ração diário dos suínos (Tabela 2), o que está coerente com os resultados obtidos por Castagna et al. (1999), Moretto et al. (2000) e Kiefer et al. (2010), que também não observaram variação significativa na ingestão voluntária de alimento de suínos machos não castrados em fase de crescimento (25 a 70



Tabela 2 – Desempenho e características de carcaça de suínos machos não castrados em crescimento (54 aos 100 dias) em função dos níveis de lisina digestível (Ld) na dieta

Variáveis	Lisina digestível (g/kg)					EPM	Efeito		
	9	10	11	12	13		Ld	Linear	Quadrático
Peso inicial (kg)	19,8	19,1	19,2	19,2	19,2	0,07	0,85	0,69	0,70
Peso final (kg)	57,2	57,9	57,7	57,8	59,6	0,55	0,65	0,18	0,75
Consumo de ração (g/dia)	1585	1579	1559	1544	1607	19,2	0,94	0,98	0,54
Consumo de Ld (g/dia)	14,3	15,8	17,2	18,5	20,9	0,23	***	***	0,53
Ganho de peso (g/dia)	813	842	837	839	878	11,7	0,56	0,21	0,82
Conversão alimentar (g/g)	1,95	1,88	1,86	1,84	1,83	0,01	**	***	0,32
Área de olho de lombo (cm <sup>2</sup> )	22,5	24,0	24,3	24,8	25,6	0,32	*	**	0,66
Profundidade de lombo (mm)	35,0	37,0	37,0	38,2	37,8	0,38	0,08	*	0,30
Espessura de toucinho (mm)	10,3	11,0	10,3	10,2	10,7	0,16	0,48	0,95	0,85

\*\*\* P<0,001; \*\* P<0,01 e \* P<0,05

kg, 15 a 30 kg e 28 a 58 kg, respectivamente), em razão dos níveis crescentes de Ld na dieta. Como não se verificou variação ( $P > 0,05$ ) no consumo de ração no presente estudo, pode-se inferir que, o aumento linear na ingestão diária de Ld ( $P < 0,001$ ;  $\hat{Y} = - 0,2 + 1,6Ld$ ;  $r^2 = 0,99$ ) ocorreu em razão direta da concentração desse aminoácido na dieta. Aumento linear no consumo de Ld em função do seu nível na dieta também foi constatado por Moretto et al. (2000) e Kiefer et al. (2010), em estudos com suínos machos não castrados em fase de crescimento (15 a 30 kg e 28 a 58 kg, respectivamente).

A conversão alimentar melhorou de forma linear ( $P < 0,01$ ;  $\hat{Y} = 2,18 - 0,03Ld$ ;  $R^2 = 0,90$ ) à medida que se elevou o nível de Ld na dieta (Tabela 2). Resultado semelhante foi obtido por Kiefer et al. (2010) e O'Connell et al. (2005) que, avaliando níveis de lisina para suínos machos não castrados, também verificaram melhora na conversão alimentar dos animais até os níveis estimados de 12 g de Ld/kg e de 14,6 e 12,2 g de lisina total/kg para as faixas de peso de 28 a 58 kg e de 20 a 40 kg e 40 a 60 kg, respectivamente. Conforme Millet et al. (2011), a melhora na conversão alimentar dos suínos pode estar associado à mudança na composição corporal, com aumento na proporção de proteína em relação à de gordura na carcaça.

Corroborando essa proposição, a área de olho de lombo que, segundo Cisneros et al. (1996), tem correlação positiva com a porcentagem de carne na carcaça dos suínos, também aumentou de forma linear ( $P < 0,05$ ;  $\hat{Y} = 16,6 + 0,7Ld$ ;  $R^2 = 0,88$ ) em razão dos níveis crescentes de Ld na dieta (Tabela 2). Ainda, a profundidade de lombo, outro indicador da quantidade de carne

na carcaça dos suínos (Cisneros et al., 1996), apesar de não ter variado ( $P=0,08$ ) em função do teor de Ld da dieta, apresentou aumento de até 8,0% (de 35,0 para 37,8 mm) entre os níveis extremos de Ld avaliados. Por outro lado, a espessura de toucinho, um indicador da adiposidade nas carcaças suínas (Cisneros et al., 1996), manteve-se invariável ( $P>0,05$ ) aos níveis de Ld estudados.

Assim, a partir dos resultados de ultrassom (área e profundidade de lombo e espessura de toucinho) obtidos no presente estudo, pode-se deduzir que a elevação do nível de Ld na dieta proporcionou um incremento no percentual de carne na carcaça o que está consistente com a melhora observada na conversão alimentar dos suínos. Essa constatação está coerente com as observações de Chiba et al. (1999) e de Fabian et al. (2004). Segundo esses autores, melhora no desempenho de suínos em crescimento alimentados com dietas mais concentradas em lisina é resultado de uma maior deposição de proteína em relação à de gordura na carcaça.

Com base nesses resultados, pode-se inferir que o nível de Ld de 13 g/kg, correspondente ao consumo diário de Ld estimado de 20,6 g, proporcionou as melhores respostas de conversão alimentar e composição de carcaça de suínos machos não castrados em crescimento (54 aos 100 dias). Esse valor (20,6 g/dia) está próximo ao consumo de 19,7 g de Ld/dia recomendado por Rostagno et al. (2011), porém é superior aos consumos de 15,5 g de Ld verdadeira/dia simulado pelo modelo do National Research Council (NRC, 1998) e de 17,9 g de Ld *standardized*/dia preconizado pelas

tabelas Inglesas (BSAS, 2003), para suínos machos não castrados com peso e, ou, idade similares aos do presente estudo.

A partir dessa constatação, pode-se inferir que a exigência de Ld atualmente recomendada por alguns modelos/tabelas de referência nutricional pode não ser adequada para maximizar as respostas de desempenho e de carcaça de suínos machos não castrados em crescimento, com as características genéticas dos animais usados no presente estudo. De forma semelhante, Fontes et al. (2000) e Abreu et al. (2007), estudando as exigências de lisina para máximo desempenho e deposição de proteína na carcaça, respectivamente, de leitoas e machos castrados em crescimento, também obtiveram exigências superiores às preconizadas em tabelas de referência. Segundo Main et al. (2008), o aumento na capacidade de deposição proteica nos atuais genótipos comerciais de suínos pode justificar demandas mais elevadas de lisina na dieta.

Apesar do nível de Ld de 13 g/kg ter proporcionado os melhores resultados de conversão alimentar e de área de olho de lombo dos suínos no presente estudo, este pode não representar a exigência desses animais. Isso porque, a melhora linear observada nesses parâmetros em razão do teor de Ld da dieta pode ser indicativo de que, mesmo no nível mais elevado de Ld estudado (13 g/kg) o potencial genético dos suínos não foi plenamente explorado. Com base nessa constatação pode-se inferir que, a exigência de Ld de suínos machos não castrados em crescimento (54 aos 100 dias) é de, no mínimo, 13 g/kg. Pesquisas futuras para determinar a exigência de Ld de suínos machos não castrados em crescimento com padrão genético similar

aos do presente estudo, devem contemplar dietas contendo níveis de Ld superiores a 13 g/kg.

### **Conclusões**

A exigência de lisina digestível de suínos machos não castrados em crescimento (54 a 100 dias ou 20 a 60 kg), para melhores respostas de conversão alimentar e de área de olho de lombo é de, no mínimo, 13 g/kg, correspondente ao consumo diário estimado de 20,6 g de lisina digestível.

## CAPÍTULO II

### PLANOS NUTRICIONAIS DE LISINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS IMUNOCASTRADOS DO CRESCIMENTO À TERMINAÇÃO

#### Resumo

O experimento foi realizado com o objetivo de avaliar planos nutricionais de lisina digestível para suínos machos imunocastrados do crescimento à terminação (54 a 155 dias ou 20 a 120 kg). Oitenta suínos machos não castrados (*AGPIC 425<sup>®</sup> x Camborough 25<sup>®</sup>*) com peso inicial de  $19,5 \pm 2,6$  kg e 54 dias de vida foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco tratamentos, oito repetições e dois animais por unidade experimental (baia). Aos 100 e 128 dias de vida (dias 46 e 74 do experimento), todos os animais foram injetados com 2,0 mL de uma vacina comercial para a castração imunológica de suínos machos não castrados. Os tratamentos corresponderam a planos nutricionais de três níveis de lisina digestível cada (9-8-7, 10-9-8, 11-10-9, 12-11-10 e 13-12-11 g/kg), fornecidos durante as fases de crescimento e terminação (54 a 100, 100 a 128 e 128 a 155 dias, respectivamente). As dietas e a água foram fornecidas a vontade aos animais durante todo o período experimental que teve duração de 101 dias (dos 54 aos 155 dias de vida dos suínos). A temperatura do ar média observada no interior do galpão durante o período experimental foi de 21,2°C. Aos 128 e 155 dias de vida dos suínos (dias 74 e 101 do experimento, respectivamente), os animais foram pesados e a

quantidade de ração fornecida em cada baia (descontadas as sobras e os desperdícios) foi calculada para a determinação dos consumos de ração e de lisina digestível, do ganho de peso e da conversão alimentar no período (54 a 128 e 54 a 155 dias). Aos 155 dias, a área e a profundidade de lombo (*Longissimus dorsi*) bem como a espessura de toucinho foram medidas por meio de ultrassom. O peso de carcaça quente, a quantidade e o rendimento de carne foram medidos no abate (156 dias). Os planos nutricionais de lisina digestível não influenciaram ( $P>0,05$ ) o desempenho e os parâmetros de carcaça de suínos machos imunocastrados do crescimento à terminação (54 aos 155 dias). Conclui-se que, o plano nutricional composto pela sequência de dietas contendo níveis de lisina digestível de 9, 8 e 7 g/kg, fornecido, respectivamente, dos 54 aos 100, 100 aos 128 e 128 aos 155 dias, atende as exigências de suínos machos imunocastrados do crescimento à terminação (54 a 155 dias ou 20 a 120 kg).

**Palavras-chave:** aminoácido, carcaça, desempenho, imunocastração

## NUTRITIONAL PLANS OF DIGESTIBLE LYSINE FOR GROWING-FINISHING IMMUNOCASTRATED MALE PIGS

### Abstract

This trial was carried out aiming to evaluate nutritional plans of digestible lysine for growing-finishing immunocastrated male pigs (54 to 155 days or 20 to 120 kg). Eighty boars (*AGPIC 425<sup>TM</sup> x Camborough 25<sup>TM</sup>*) weighing  $19.5 \pm 2.6$  kg and 54 days old were allocated in a randomised block design, with five treatments, eight replicates and two pigs per pen (experimental unity). At 100 and 128 days old (days 46 and 74 of the trial), all pigs were injected with 2.0 mL of a commercial vaccine for immunological castration of boars. The treatments corresponded to five nutritional plans of digestible lysine, with three phase-feeding per nutritional plan (9-8-7; 10-9-8; 11-10-9; 12-11-10 and 13-12-11 g/kg), which were fed to pigs during the growing-finishing phases (54-100, 100-128 and 128-155 days, respectively). Diets and water were provided *ad libitum* to the animals throughout the experimental period that lasted 101 days (54 to 155 days old). The mean air temperature observed inside of the shed during the experimental period was 21.2°C. At 128 and 155 days old (days 74 and 101 of the trial), pigs were weighed and the amount of diets provided in each pen (discounted leftovers and wastes) was calculated to determine feed and digestible lysine intake, weigh gain and feed conversion ratio in the period (54 to 128 and 54 to 155 days). At 155 days old, pig *Longissimus* muscle area and depth as well as back fat depth were measured by ultrasound. Hot carcass weight, meat quantity and meat yield were measured at slaughter (156 days old). The nutritional plans of



digestible lysine had no effect ( $P>0.05$ ) on the performance, nor on the carcass parameters of growing-finishing immunocastrated male pigs (54 to 155 days). In conclusion, the nutritional plan with a sequence of diets containing 9, 8 and 7 g/kg of digestible lysine, fed from 54 to 100, 100 to 128 and 128 to 155 days, respectively, meets the requirements of growing-finishing immunocastrated male pigs (54 to 155 days or 20 to 120 kg).

**Key words:** amino acid, carcass, immunocastration, performance

## Introdução

Sabe-se que, suínos machos não castrados quando abatidos em torno do peso alvo da indústria brasileira (100 a 120 kg), produzem carne de pior qualidade sensorial que as fêmeas e, ou, os machos castrados, o que resulta em rejeição pelos consumidores (Gispert et al., 2010). Tal condição está associada à presença de escatol e androstenona na carne dos suínos machos não castrados, cuja produção endógena tem correlação positiva com a função testicular (Bonneau, 1998). Uma forma de assegurar que a carne produzida esteja livre dessas substâncias é por meio da castração dos machos suínos que se destinam ao abate (Font i Furnols et al., 2008).

Entretanto, apesar de eficaz no controle do escatol e da androstenona, a castração torna os machos suínos zootecnicamente menos eficientes, pois uma vez castrados, os suínos consomem mais alimento e depositam menos proteína na carcaça (Quiniou et al., 2010). Todavia, a perda de eficiência zootécnica resultante da castração dos machos suínos depende do método utilizado, sendo, por exemplo, minimizada quando os animais são submetidos à castração imunológica (Dunshea et al., 2001).

A castração imunológica ou imunocastração consiste em vacinar os machos suínos duas vezes durante as fases de crescimento e terminação sendo que, somente após a segunda dose da vacina para a castração, esta preconizada quatro semanas antes do abate previsto, tem-se início o processo de atrofia testicular e conseqüente castração dos animais (Dunshea et al., 2001; Gispert et al., 2010). Assim, pelo menos até a segunda dose da vacina, os machos imunocastrados podem crescer como não castrados o que, do ponto de vista zootécnico, é vantajoso, pois, suínos

machos não castrados são zootecnicamente mais eficientes do que os castrados (Dunshea et al., 2001; Quiniou et al., 2010).

Do ponto de vista nutricional, tem-se admitido que, até a segunda imunização para a castração, as exigências de lisina de suínos machos imunocastrados são semelhantes as dos não castrados. Porém, entre a segunda dose da vacina e o abate dos animais, estas são possivelmente próximas às exigências dos machos castrados cirurgicamente nos primeiros dias de vida (Millet et al., 2011). Entretanto, há de se destacar que, o conhecimento das exigências de lisina de suínos machos imunocastrados em crescimento e terminação é ainda muito limitado carecendo, portanto de mais pesquisas (Millet et al., 2011).

A lisina é, em geral, o primeiro aminoácido limitante à síntese e deposição muscular de suínos em crescimento e terminação (NRC, 1998). Tem-se demonstrado que, dietas deficientes em lisina podem limitar a taxa de crescimento dos animais (Reynolds & O'Doherty, 2006), enquanto o excesso de lisina nas dietas, além de antieconômico, resulta em maior excreção de nitrogênio pelos suínos (BSAS, 2003). Nesse contexto, o ajuste da oferta de lisina à exigência dos suínos permite maximizar os resultados zootécnicos bem como reduzir o custo de produção e a excreção de nitrogênio pelos animais.

As exigências de lisina de suínos em crescimento e terminação têm sido convencionalmente determinadas e recomendadas por fases considerando o nível que maximiza o desempenho e, ou, a deposição muscular dos suínos (NRC, 1998; BSAS, 2003; Rostagno et al., 2011). Contudo, dessa forma, pode-se superestimar a exigência de lisina dos

suínos, principalmente se estas forem preditas por meio de modelos quadráticos (Millet et al., 2010). De outro modo, tem-se verificado que, a utilização de planos nutricionais contendo a sequência de dois ou mais níveis de lisina fornecidos durante as fases de crescimento e terminação dos suínos, quando avaliadas como um fator considerando o período experimental total, pode proporcionar exigências de lisina menores do que as determinadas por fase (Millet et al., 2010; Kiefer et al., 2010 e 2011). A menor exigência de lisina obtida com os planos nutricionais pode estar associada ao fato de que, o fornecimento de dietas marginalmente deficientes em lisina durante a fase de crescimento não prejudica o desempenho zootécnico geral e as características de carcaça dos suínos ao final da fase de terminação (Chiba, 1995; Martínez-Ramírez et al., 2009).

Nesse contexto, propôs-se realizar o presente estudo com o objetivo de avaliar planos nutricionais de lisina digestível para suínos machos imunocastrados do crescimento à terminação (54 a 155 dias ou 20 a 120 kg).

### **Metodologia**

O experimento foi conduzido no período de junho a agosto de 2010 na Fazenda Experimental Vale do Piranga pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em Oratórios, Minas Gerais.

Foram utilizados 80 suínos machos não castrados, híbridos comerciais (*AGPIC 425<sup>®</sup> x Camborough 25<sup>®</sup>, Pig Improvement Company*) com peso inicial de  $19,5 \pm 2,6$  kg e 54 dias de vida. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, composto de cinco

tratamentos (planos nutricionais de lisina digestível), oito repetições e dois animais por baia (unidade experimental). Na formação dos blocos considerou-se a localização da baia no interior do galpão e o peso inicial dos leitões.

Os tratamentos, que consistiram de diferentes planos nutricionais de lisina digestível, foram constituídos, em cada fase, de uma dieta basal (sem aminoácidos industriais) e outras quatro dietas obtidas pela suplementação da dieta basal com L-Lisina HCl 78% e, quando necessário, com DL-Metionina 99%; L-Treonina 98%; L-Triptofano 98%; L-Valina 96,5% e L-Isoleucina 99% em substituição ao caulim (alumino silicato hidratado), resultando em cinco planos nutricionais de três níveis de lisina digestível cada (9-8-7, 10-9-8, 11-10-9, 12-11-10 e 13-12-11 g/kg) fornecidos, respectivamente, dos 54 aos 100, 100 aos 128 e 128 aos 155 dias (Tabela 3).

As dietas experimentais para as fases dos 54 aos 100 (Tabela 1), 100 aos 128 (Tabela 4) e 128 aos 155 dias (Tabela 5) foram formuladas para atenderem ou excederem às exigências nutricionais de suínos em fase de crescimento (30 a 50 kg) e terminação (50 a 70 e 70 a 100 kg), respectivamente, exceto para a lisina digestível, tomando como base as necessidades nutricionais de suínos fêmeas de alto potencial genético com desempenho superior propostas por Rostagno et al. (2005). Os aminoácidos industriais DL-Metionina 99%, L-Treonina 98%, L-Triptofano 98%, L-Valina 96,5% e L-Isoleucina 99%, quando necessários, foram suplementados às dietas experimentais para garantir que relações mínimas de metionina+cistina, treonina, triptofano, valina e isoleucina com a lisina

Tabela 3 – Planos nutricionais de três níveis de lisina digestível (g/kg, matéria natural) avaliados dos 54 aos 155 dias

Fase (dias)	Planos nutricionais de lisina digestível				
54-100	9	10	11	12	13
100-128	8	9	10	11	12
128-155	7	8	9	10	11

digestível (0,60; 0,65; 0,18; 0,69 e 0,55 para 1,00, respectivamente), preconizadas por Rostagno et al. (2005), segundo o conceito de proteína ideal para essa categoria animal, fossem atendidas.

As dietas experimentais e a água foram fornecidas à vontade aos animais durante todo o período experimental (101 dias). Eventuais desperdícios e, ou, sobras de ração de cada baia foram individualmente recolhidas, pesadas e descontadas do total de ração fornecida na respectiva baia.

Os animais foram alojados em baias de alvenaria (1,87 m<sup>2</sup>/animal), equipadas individualmente com comedouro e bebedouro tipo chupeta, localizadas no interior de um galpão de alvenaria, naturalmente ventilado, com laterais teladas e cobertura de telha de amianto.

As condições ambientais no interior do galpão experimental foram monitoradas e registradas três vezes ao dia (7, 12 e 16h) por meio de termômetro de globo negro e, a cada hora por meio de uma estação meteorológica digital (*data logger<sup>TM</sup>, modelo 3030.15, 433 MHz, TFA*) que foram mantidos no centro do galpão à meia altura do corpo dos animais. Os valores registrados foram, posteriormente, convertidos no índice de temperatura de globo e umidade, segundo Buffington et al. (1981), para caracterização do ambiente.

Tabela 4 – Composição (g/kg, matéria natural) das dietas experimentais (100 aos 128 dias)

Ingredientes	Lisina digestível (g/kg)				
	8	9	10	11	12
Milho grão moído	689,94	689,94	689,94	689,94	689,94
Farelo de soja 45%	264,16	264,16	264,16	264,16	264,16
Óleo de soja	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34
Fosfato bicálcico	9,68	9,68	9,68	9,68	9,68
Caulim	11,00	9,27	6,62	3,71	0,17
Calcário calcítico	5,98	5,98	5,98	5,98	5,98
Sal comum	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80
Vitaminas – minerais <sup>1</sup>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
L-Lisina HCl 78%	-	1,29	2,58	3,87	5,16
DL-Metionina 99%	-	0,30	0,93	1,56	2,17
L-Treonina 98%	-	0,14	0,84	1,55	2,26
L-Triptofano 98%	-	-	0,03	0,22	0,42
L-Valina 96,5%	-	-	-	0,09	0,82
Sulfato de colistina 8% <sup>2</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Butilhidroxitolueno <sup>3</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Composição calculada <sup>4</sup>					
Energia metabolizável (kcal/kg)	3223	3231	3244	3257	3274
Proteína bruta (g/kg)	176,7	178,1	180,1	182,4	185,2
Lisina digestível (g/kg)	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0
Met. + Cis. Digestível (g/kg)	5,3	5,6	6,2	6,8	7,4
Treonina digestível (g/kg)	5,9	6,0	6,7	7,4	8,1
Triptofano digestível (g/kg)	1,9	1,9	1,9	2,1	2,3
Valina digestível (g/kg)	7,5	7,5	7,5	7,6	8,3
Isoleucina digestível (g/kg)	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Cálcio (g/kg)	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Fósforo disponível (g/kg)	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Sódio (g/kg)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

<sup>1</sup> Contendo por quilograma do produto: 2.000.000 UI de Vitamina A; 300.000 UI de Vitamina D3; 5.000 UI de Vitamina E; 625 mg de Vitamina K3; 5.000 mcg de Vitamina B12; 1.000 mg de Vitamina B2; 12,5 mg de Biotina; 2.500 mg de Ácido pantotênico; 6.250 mg de Niacina; 500 mg de Butilhidroxitolueno; 250 mg de Vitamina B1; 500 mg de Vitamina B6; 150 mg de Ácido fólico; 60 g de Colina; 12,5 g de Vitamina C; 125 mg de Cobalto; 125 mg de Selênio; 17,5 g de Ferro; 5.000 mg de Cobre; 10 g de Manganês; 20 g de Zinco; 200 mg de Iodo e Veículo q.s.p. 1000 g.

<sup>2</sup> e <sup>3</sup> Aditivo promotor de eficiência alimentar e antioxidante, respectivamente (Sindirações, 2005).

<sup>4</sup> Baseado nos valores de composição dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2005).

Tabela 5 – Composição (g/kg, matéria natural) das dietas experimentais (128 aos 155 dias)

Ingredientes	Lisina digestível (g/kg)				
	7	8	9	10	11
Milho grão moído	735,96	735,96	735,96	735,96	735,96
Farelo de soja 45%	221,33	221,33	221,33	221,33	221,33
Óleo de soja	8,83	8,83	8,83	8,83	8,83
Fosfato bicálcico	9,90	9,90	9,90	9,90	9,90
Caulim	10,51	9,17	6,50	3,61	-
Calcário calcítico	6,07	6,07	6,07	6,07	6,07
Sal comum	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80
Vitaminas – minerais <sup>1</sup>	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
L-Lisina HCl 78%	-	1,29	2,58	3,87	5,16
DL-Metionina 99%	-	0,03	0,66	1,29	1,92
L-Treonina 98%	-	0,02	0,72	1,43	2,13
L-Triptofano 98%	-	-	0,05	0,24	0,44
L-Valina 96,5%	-	-	-	0,07	0,81
L-Isoleucina 99%	-	-	-	-	0,05
Sulfato de colistina 8% <sup>2</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Butilhidroxitolueno <sup>3</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Composição calculada <sup>4</sup>					
Energia metabolizável (kcal/kg)	3229	3235	3248	3262	3279
Proteína bruta (g/kg)	161,1	162,2	164,3	166,6	169,4
Lisina digestível (g/kg)	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
Met. + Cis. Digestível (g/kg)	4,9	4,9	5,6	6,2	6,8
Treonina digestível (g/kg)	5,3	5,4	6,0	6,7	7,4
Triptofano digestível (g/kg)	1,7	1,7	1,7	1,9	2,1
Valina digestível (g/kg)	6,8	6,8	6,8	6,9	7,6
Isoleucina digestível (g/kg)	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Cálcio (g/kg)	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Fósforo disponível (g/kg)	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Sódio (g/kg)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

<sup>1</sup> Contendo por quilograma do produto: 2.000.000 UI de Vitamina A; 300.000 UI de Vitamina D3; 5.000 UI de Vitamina E; 625 mg de Vitamina K3; 5.000 mcg de Vitamina B12; 1.000 mg de Vitamina B2; 12,5 mg de Biotina; 2.500 mg de Ácido pantotênico; 6.250 mg de Niacina; 500 mg de Butilhidroxitolueno; 250 mg de Vitamina B1; 500 mg de Vitamina B6; 150 mg de Ácido fólico; 60 g de Colina; 12,5 g de Vitamina C; 125 mg de Cobalto; 125 mg de Selênio; 17,5 g de Ferro; 5.000 mg de Cobre; 10 g de Manganês; 20 g de Zinco; 200 mg de Iodo e Veículo q.s.p. 1000 g.

<sup>2</sup> e <sup>3</sup> Aditivo promotor de eficiência alimentar e antioxidante, respectivamente (Sindirações, 2005).

<sup>4</sup> Baseado nos valores de composição dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2005).



No 100<sup>o</sup> e 128<sup>o</sup> dia de vida dos suínos (dias 46 e 74 do experimento), cada animal recebeu 2,0 mL de uma vacina comercial (*Vivax<sup>®</sup>*, *Pfizer Saúde Animal LTDA*) para a castração imunológica de suínos machos, que foi aplicada por via subcutânea.

Aos 128 e 155 dias de idade (dias 74 e 101 do experimento), os suínos foram pesados e a quantidade de ração fornecida em cada baia (descontadas as sobras e os desperdícios) foi calculada para a determinação dos consumos diários de ração e de lisina digestível, do ganho de peso e da conversão alimentar no período dos 54 aos 128 e dos 54 aos 155 dias.

Após a pesagem dos animais aos 155 dias de idade, procedeu-se a avaliação da profundidade de lombo (PL), da área de olho de lombo (AOL) e da espessura de toucinho (ET) por meio de aparelho de ultrassom (*Aloka SSD 500<sup>TM</sup>*, *Aloka Co.*). As imagens foram coletadas entre a décima e a décima primeira costela, por técnico certificado (*Biotronics Inc.*). Posteriormente, a partir das imagens obtidas, a PL, a AOL e a ET foram calculadas utilizando-se o programa computacional Biosoft (*BioSoft Toolbox<sup>TM</sup> for Swine*, *Biotronics Inc.*).

Aos 156 dias (dia 102 do experimento), depois de um jejum alimentar prévio de 16 h, os suínos foram pesados para a obtenção do peso de jejum, embarcados em caminhão e transportados até um frigorífico comercial (*Frigorífico Industrial Vale do Piranga S/A*). No frigorífico, os suínos foram alojados em baias coletivas com acesso *ad libitum* à água onde permaneceram em descanso por 8 h antes de serem abatidos. Os animais foram abatidos (insensibilizados, sangrados, escaldados, depilados e

eviscerados) por meio de procedimentos operacionais padrões de abate de suínos adotados pelo frigorífico.

As carcaças suínas evisceradas e sem sangue foram individualmente pesadas e avaliadas para a quantidade e percentagem de carne na carcaça, por meio de uma pistola tipificadora (*Hennessy grading systems GP4/BP4™*) equipada com um sensor óptico. A pistola foi introduzida perpendicularmente na altura da última costela e distantes seis centímetros da linha de corte da carcaça.

O rendimento de carcaça (RC) dos suínos foi calculado individualmente a partir do peso dos animais após 16 h de jejum pré-abate e do peso de carcaça quente, por meio da seguinte equação:  $RC, \% = (\text{Peso carcaça quente} / \text{Peso após 16 h de jejum}) \times 100$ .

As variáveis estudadas (peso final, consumos de ração e de lisina digestível, ganho de peso, conversão alimentar, área e profundidade de lombo, espessura de toucinho, peso e rendimento de carcaça quente e quantidade e rendimento de carne) foram submetidas à análise de variância em nível de 5% de significância, utilizando-se o programa estatístico SAEG (*Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, Fundação Arthur Bernardes – UFV*), versão 8.0. A unidade experimental foi representada pela baia para as variáveis de desempenho e pelo indivíduo (suíno) para as variáveis de ultrassom e de carcaça. Eventual diferença entre os planos nutricionais de Ld dos 54 aos 128 e dos 54 aos 155 dias foi verificada por meio do teste de Tukey em nível de 5% de significância.

## Resultados e discussão

Conforme já mencionado nos resultados e discussão do Capítulo I desta tese, dos 54 aos 100 dias (dia 0 a 46 do experimento), os suínos foram mantidos em ambiente termoneutro. Por outro lado, a partir dos resultados de temperatura do ar ( $21,2 \pm 4,8^{\circ}\text{C}$ ) e de globo negro ( $22,0 \pm 4,9^{\circ}\text{C}$ ), bem como da umidade relativa do ar ( $70,7 \pm 12,1\%$ ) e do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) calculado ( $68,9 \pm 5,8$ ), obtidos dos 100 aos 155 dias (dia 46 a 101 do experimento), constatou-se que, nessa fase do estudo, os animais podem ter sido submetidos a períodos de estresse por calor. Isso porque, a temperatura média do ar observada nesse período ( $21,2^{\circ}\text{C}$ ), esteve acima da faixa de temperatura ( $12$  a  $18^{\circ}\text{C}$ ) proposta por Leal & Nããs (1992) para suínos dos 60 aos 100 kg. Ainda, o ITGU calculado ( $68,9$ ) esteve acima do intervalo ( $64,8$  a  $68,6$ ) obtido por Orlando et al. (2006), em um estudo com fêmeas suínas dos 60 aos 100 kg, mantidas em ambiente de termoneutralidade.

Contudo, apesar de terem sido submetidos a períodos de estresse por calor na segunda parte do estudo (100 a 155 dias), o desempenho geral dos animais no acumulado das fases de crescimento-terminação (54 a 155 dias ou 20 a 120 kg) foi superior ao padrão de desempenho de suínos de diferentes sexos em crescimento-terminação, verificado em condições experimentais comerciais diversas no Brasil (Souza, 2009; Kiefer et al., 2010; 2011 e 2012).

Verificou-se efeito ( $P < 0,01$ ) dos planos nutricionais de lisina digestível (Ld) no consumo de Ld dos suínos, que foi maior ( $P < 0,05$ ) no plano nutricional contendo os níveis mais elevados de Ld avaliados dos 54 aos 128

(9-8 g/kg, Tabela 6) e dos 54 aos 155 dias (9-8-7 g/kg, Tabela 7). Como o consumo de ração não foi influenciado ( $P>0,05$ ) pelos planos nutricionais de Ld nos períodos avaliados (54 a 128 e 54 a 155 dias), pode-se inferir que o aumento observado no consumo de Ld ocorreu em razão da concentração crescente desse aminoácido nos planos nutricionais avaliados.

Não foi verificado efeito ( $P>0,05$ ) dos planos nutricionais de Ld no peso final, no ganho de peso e na conversão alimentar dos suínos no período dos 54 aos 128 (Tabela 6) e dos 54 aos 155 dias (Tabela 7). Do mesmo modo, os planos nutricionais de Ld não influenciaram ( $P>0,05$ ) as medidas de ultrassom (área e profundidade de lombo e espessura de toucinho) e de carcaça dos animais (peso e rendimento de carcaça e quantidade e rendimento de carne), avaliadas dos 54 aos 155 dias (Tabela 7).

A partir desses resultados constatou-se que, o plano nutricional contendo 9-8 g de Ld/kg, fornecido, respectivamente, dos 54 aos 100 e dos 100 aos 128 dias, atendeu a exigência de Ld para máximo desempenho de suínos machos não castrados, dos 54 aos 128 dias (Tabela 6). Constatou-se também que, o plano nutricional contendo 9-8-7 g de Ld/kg, fornecido, respectivamente, dos 54 aos 100, 100 aos 128 e 128 aos 155 dias, atendeu as exigências de Ld de suínos machos imunocastrados do crescimento à terminação.

Esses planos de Ld (9-8 e 9-8-7 g de Ld/kg), são inferiores aos de 11-10 e 11-10-9 g de Ld/kg observados por Kiefer et al. (2011 e 2012), respectivamente, para melhor desempenho (mínima conversão alimentar) de suínos machos não castrados dos 67 aos 135 dias (28 a 80 kg) e melhores desempenho (mínima conversão alimentar) e características de carcaça de

Tabela 6 – Planos nutricionais de lisina digestível (Ld) para suínos machos não castrados dos 54 aos 128 dias (pré-imunocastração)

Item	Planos nutricionais de Ld <sup>1</sup>					EPM	Efeito
	9-8	10-9	11-10	12-11	13-12		
Peso inicial (kg)	19,8	19,1	19,2	19,2	19,2	0,07	0,85
Peso final (kg)	89,4	93,1	92,2	89,3	93,0	0,77	0,23
Consumo de ração (g/dia)	1973	2028	2007	1924	2021	20,6	0,47
Consumo de Ld (g/dia) <sup>2</sup>	16,5 <sup>d</sup>	19,2 <sup>c</sup>	21,0 <sup>bc</sup>	22,1 <sup>b</sup>	25,1 <sup>a</sup>	0,23	***
Ganho de peso (g/dia)	940	999	987	947	997	10,3	0,20
Conversão alimentar (g/g)	2,10	2,03	2,03	2,03	2,02	0,01	0,18

<sup>1</sup> plano nutricional de Ld 9-8, refere-se a 9 e 8 g de Ld/kg de dieta fornecido, respectivamente, dos 54 aos 100 e dos 100 aos 128 dias.

\*\*\* P<0,001

Médias seguidas de letras distintas na linha (<sup>a, b, c, d</sup>) diferem pelo teste de Tukey a 5%.

<sup>2</sup> consumo de Ld calculado (g/dia) = [(consumo médio diário de Ld dos 54 aos 100 dias \* 46 dias) + (consumo médio diário de Ld dos 100 aos 128 dias \* 28 dias)] / 74 dias

Tabela 7 – Planos nutricionais de lisina digestível (Ld) para suínos machos imunocastrados do crescimento à terminação (54 aos 155 dias)

Item	Planos nutricionais de Ld <sup>1</sup>					EPM	Efeito
	9-8-7	10-9-8	11-10-9	12-11-10	13-12-11		
Peso inicial (kg)	19,8	19,1	19,2	19,2	19,2	0,07	0,85
Peso final (kg)	127,0	129,3	129,2	123,7	130,2	0,89	0,18
Consumo de ração (g/dia)	2483	2511	2573	2401	2553	22,2	0,15
Consumo de Ld (g/dia) <sup>2</sup>	19,6 <sup>d</sup>	22,3 <sup>c</sup>	25,3 <sup>b</sup>	26,1 <sup>b</sup>	30,1 <sup>a</sup>	0,24	***
Ganho de peso (g/dia)	1061	1090	1090	1035	1099	8,7	0,15
Conversão alimentar (g/g)	2,34	2,30	2,36	2,32	2,32	0,01	0,65
Área de lombo (cm <sup>2</sup> )	42,5	43,9	43,0	42,0	43,5	0,61	0,69
Profundidade de lombo (mm)	51,2	52,1	51,8	51,2	51,9	0,54	0,83
Espessura de toucinho (mm)	16,3	17,5	18,3	17,5	18,2	0,36	0,55
Peso de carcaça (kg)	91,7	93,4	94,4	89,1	95,0	0,70	0,08
Rendimento de carcaça (%)	73,4	73,5	73,7	73,0	73,9	0,11	0,14
Quantidade de carne (kg)	51,5	53,4	53,9	50,3	52,6	0,48	0,09
Rendimento de carne (%)	56,2	57,2	57,1	56,4	55,4	0,26	0,22

<sup>1</sup> plano nutricional de Ld = 9-8-7, refere-se a 9; 8 e 7 g de Ld/kg de dieta fornecido, respectivamente, dos 54 aos 100; 100 aos 128 e 128 aos 155 dias.

\*\*\* P<0,001

Médias seguidas de letras distintas na linha (<sup>a, b, c, d</sup>) diferem pelo teste de Tukey a 5%.

<sup>2</sup> consumo de Ld calculado (g/dia) = [(consumo médio diário de Ld dos 54 aos 100 dias \* 46 dias) + (consumo médio diário de Ld dos 100 aos 128 dias \* 28 dias) + (consumo médio diário de Ld dos 128 aos 155 dias \* 27 dias)] / 101 dias.

suínos machos imunocastrados, dos 67 aos 165 dias (28 a 120 kg). Diferenças com relação ao ambiente térmico e instalações podem justificar a divergência entre os estudos quanto ao plano nutricional de Ld exigido para máxima resposta dos animais haja vista que, Kiefer et al. (2011 e 2012) conduziram seus experimentos em condição comercial, com animais alojados em grupos e mantidos em ambiente com temperatura do ar média (28,5°C) mais elevada do que a verificada no presente estudo (21,2°C).

Ainda, os níveis de Ld de 9-8 g/kg que, no presente estudo, compuseram o plano nutricional que atendeu as exigências dos suínos para melhor desempenho no período dos 54 aos 128 dias (20 a 90 kg), são também inferiores aos níveis de lisina total de 14,6; 12,2 e 10,9 g/kg, estimados por O'Connell et al. (2005 e 2006), para máximo desempenho de suínos machos não castrados nas faixas de peso, respectivas, de 20 a 40, 40 a 60 e 60 a 90 kg. De forma semelhante, os níveis de Ld de 9-8 g/kg, também são inferiores aos de 12-11 g/kg, preconizados por Rostagno et al. (2011), para suínos machos não castrados com peso e, ou, idade similares aos do presente estudo. Divergências quanto à metodologia usada para determinar os níveis ótimos de lisina em cada estudo podem ter contribuído para a discrepância nos valores obtidos haja vista que, O'Connell et al. (2005 e 2006) e Rostagno et al. (2011), determinaram as exigências de lisina dos animais por fase e utilizando o modelo quadrático que, segundo Millet et al. (2010), pode produzir exigências mais elevadas do que as obtidas com os planos nutricionais, onde o desempenho acumulado de duas ou mais fases é considerado.

Nesse contexto, pode-se inferir que, a utilização de planos nutricionais permite fornecer níveis de Ld inferiores aos sugeridos por alguns estudos sem, no entanto, comprometer o desempenho dos suínos. Do ponto de vista produtivo, reduzir o teor de lisina da dieta enquanto o nível produtivo é mantido, significa usar mais eficientemente o nutriente (Millet et al., 2010), o que pode representar reduções nos custos com alimentação e na excreção de nitrogênio pelos animais (NRC, 1998).

Ao comparar os resultados deste capítulo com os do Capítulo I da presente tese, constata-se que, apesar do nível de Ld de 13 g/kg ter maximizado os resultados de desempenho e de carcaça de suínos machos não castrados em crescimento (54 aos 100 dias, Tabela 2), este não proporcionou melhora alguma no desempenho de suínos machos não castrados em crescimento-terminação (54 aos 128 dias, Tabela 6). De modo similar, também não melhorou o desempenho e, ou, as características de carcaça de suínos machos imunocastrados do crescimento à terminação (54 aos 155 dias, Tabela 7). Portanto, pode-se inferir que, as vantagens zootécnicas obtidas durante a fase de crescimento dos suínos (54 aos 100 dias), por meio do fornecimento de uma dieta mais concentrada em Ld (13 g/kg), foram perdidas nas fases subsequentes (100 a 155 dias) do presente estudo, não produzindo, conseqüentemente, melhora alguma nos resultados obtidos no acumulado das fases de crescimento e terminação (54 aos 128 e, ou 54 aos 155 dias).

Nesse contexto, o fornecimento de uma dieta com 9 g de Ld/kg o que, é inferior ao nível (12 g/kg) preconizado por Rostagno et al. (2011) e ao valor (9,9 g/kg) simulado pelo modelo do NRC (1998) para suínos machos não



castrados em crescimento (54 aos 100 dias ou 20 a 60 kg), apesar de prejudicar o desempenho e a deposição de carne na carcaça dos animais durante o crescimento, não compromete os resultados no final da terminação e, ou, no abate dos animais.

Respostas semelhantes foram obtidas por Chiba (1995) e Martínez-Ramírez et al. (2009) que, fornecendo dietas marginalmente deficientes em aminoácidos para suínos em crescimento (22 a 50 kg e 15 a 38 kg, respectivamente), verificaram piora no desempenho dos animais nessa fase, porém não constataram qualquer prejuízo no desempenho e na carcaça dos animais no acumulado das fases de crescimento-terminação (22 a 108 kg e 15 a 110 kg, respectivamente). De acordo com, Fabian et al. (2004) e Reynolds & O'Doherty (2006), suínos alimentados com dietas restritivas em lisina durante o crescimento (20 a 50 kg e 42 a 63 kg, respectivamente), podem apresentar crescimento compensatório na terminação (50 a 105 kg e 63 a 95 kg, respectivamente) desde que, o nível ótimo de lisina da dieta seja restabelecido.

Entretanto, no presente estudo, o nível de Ld não foi restabelecido na fase de terminação dos animais. Contrariamente, os animais alimentados com o menor nível de Ld no crescimento (9 g/kg), foram também alimentados com o menor nível de Ld na terminação (8 e 7 g/kg). Desse modo, como não houve diferença no desempenho geral e na composição da carcaça dos animais entre os diferentes planos nutricionais de Ld avaliados dos 54 aos 155 dias, pode-se inferir que os suínos alimentados com o menor plano de Ld (9-8-7 g/kg) durante as fases de crescimento-terminação (54

aos 155 dias), podem ter utilizado a lisina da dieta mais eficientemente para o crescimento e a deposição de carne na carcaça.

Similarmente, Millet et al. (2010) avaliando planos nutricionais com 70, 80, 90 ou 100% dos níveis preconizados de lisina (11,0-10,8-9,1 g/kg) para suínos fêmeas em crescimento e terminação (20 a 40 kg, 40 a 70 kg e 70 a 110 kg, respectivamente), verificaram que o plano nutricional composto pela sequência de dietas contendo 90% dos níveis ótimos de lisina, fornecido, respectivamente, dos 20 aos 40 kg, 40 aos 70 kg e 70 aos 106 kg, atendeu as exigências de suínos fêmeas, para melhores respostas de desempenho e características de carcaça no acumulado das fases de crescimento e terminação (20 a 106 kg). Com base nesses resultados, Millet et al. (2010) postularam que, suínos alimentados com níveis sub ótimos de lisina (90% dos valores preconizados), do crescimento à terminação, podem se adaptar ao nível de lisina fornecido, melhorando a eficiência de utilização desse aminoácido.

Segundo Ishida et al. (2012), com base em um estudo preliminar (A. Ishida, 2010), cujos resultados ainda não foram publicados, o fornecimento de uma dieta deficiente em lisina aumentou a expressão gênica da proteína transportadora de aminoácido catiônico (CAT-1), no músculo *Longissimus dorsi* dos suínos. A CAT-1 é responsável pelo transporte de lisina através da membrana celular, portanto um aumento na expressão gênica dessa proteína em resposta a um nível sub ótimo de lisina na dieta, pode ser indicativo de que os suínos são capazes de se adaptar a dietas restritivas em lisina, melhorando a eficiência de utilização da lisina nos processos celulares diversos, inclusive na síntese proteica (Ishida et al., 2012). Ainda,

de acordo com Reynolds & O'Doherty (2006), suínos adaptados a dietas restritivas em proteína (lisina) tem menores taxas de catabolismo proteico, o que também pode contribuir para uma melhor eficiência de utilização da fração nitrogenada da dieta.

Em contrapartida, o aumento no teor de Ld na dieta até os níveis máximos avaliados no presente estudo (13-12-11 g/kg), pode ter ocasionado um aumento na taxa de oxidação dos aminoácidos e, conseqüentemente, na excreção de nitrogênio pelos animais uma vez que, a deposição de carne não foi alterada, indicando possível saturação do processo de síntese proteica nos planos nutricionais de Ld superiores a 9-8-7 g/kg (Salter et al., 1990).

De acordo com Boler et al. (2011), o fornecimento de dietas mais concentradas em lisina para suínos machos imunocastrados, tem efeito negativo no teor de gordura intramuscular (marmoreio) da carne, o que segundo Katsumata (2011), pode resultar em menor aceitação pelos consumidores haja vista que, quanto menor o teor de marmoreio menor é a suculência e maciez da carne suína. Contrariamente, Katsumata et al. (2005) observaram que uma dieta menos concentrada em lisina aumentou o grau de marmorização do músculo *Longissimus dorsi* de suínos terminados, o que, segundo os autores, ocorreu em razão de um aumento na expressão gênica do receptor nuclear gama 2 ativado por proliferadores de peroxissoma (PPAR $\gamma$ -2), considerado o principal regulador da adipogênese. Nesse sentido, pode-se deduzir que os suínos do presente estudo alimentados com o menor plano nutricional de Ld (9-8-7 g/kg), dos 54 aos 155 dias, podem ter produzido carne mais marmorizada e,

conseqüentemente, com melhor qualidade sensorial (maior maciez e suculência).

### **Conclusões**

O plano nutricional contendo 9-8-7 g de lisina digestível/kg, fornecido, respectivamente, dos 54 aos 100, 100 aos 128 e 128 aos 155 dias, atende a exigência de suínos machos imunocastrados do crescimento à terminação (54 a 155 dias).

## CONCLUSÕES GERAIS

Foi realizado um experimento com o objetivo de determinar a exigência de lisina digestível de suínos machos não castrados em crescimento (54 a 100 dias) e de avaliar planos nutricionais de lisina digestível para suínos machos imunocastrados do crescimento à terminação (54 a 155 dias).

Conclui-se que:

- suínos machos não castrados em crescimento (54 a 100 dias ou 20 a 60 kg), exigem, no mínimo, 13 g de lisina digestível por kg de dieta, para melhores respostas de conversão alimentar e área de olho de lombo.

- o plano nutricional composto pelos níveis sequenciais de lisina digestível de 9, 8 e 7 g/kg, fornecido respectivamente dos 54 aos 100, 100 aos 128 e 128 aos 155 dias, atende a exigência de suínos machos imunocastrados do crescimento à terminação (54 a 155 dias ou 20 a 120 kg),

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AARNINK, A.J.A.; VERSTEGEN, M.W.A. Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. **Livestock Science**, 109: 194-203, 2007.
- ABREU, M.L.T.D.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.D. 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**, 36: 62-67, 2007.
- ANDRESEN, Ø. Boar taint related compounds: Androstenone/skatole/other substances. **Acta Veterinaria Scandinavica**, 48(Suppl I):S5: 2006.
- BOLER, D.D.; KUTZLER, L.W.; MEEUWSE, D.M. et al. Effects of increasing lysine on carcass composition and cutting yields of immunologically castrated male pigs. **Journal of Animal Science**, 89: 2189-2199, 2011.
- BONNEAU, M. Use of entire males for pig meat in the European Union. **Meat Science**, 49: S257-S272, 1998.
- BRITISH SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE. **Nutrient Requirement Standards for Pigs**. British Society of Animal Science, Penicuik, Midlothian-UK, 2003.
- BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. Black globe-humidity index (BGHI) as confort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, 24: 711-714, 1981.
- CASTAGNA, C.D.; LOVATTO, P.A.; QUADROS, A.R.B. et al. Níveis de aminoácidos na dieta de suínos machos inteiros dos 25 aos 70 kg. **Ciência Rural**, 29: 117-122, 1999.
- CHIBA, L.I. Effects of nutritional history on the subsequent and overall growth performance and carcass traits of pigs. **Livestock Production Science**, 41: 151-161, 1995.
- CHIBA, L.I.; IVEY, H.W.; CUMMINS, K.A. et al. Growth performance and carcass traits of pigs subjected to marginal dietary restrictions during the grower phase. **Journal of Animal Science**, 77: 1769-1776, 1999.
- CISNEROS, F.; ELLIS, M.; MILLER, K.D. et al. Comparison of transverse and longitudinal real-time ultrasound scans for prediction of lean cut yields and fat-free lean content in live pigs. **Journal of Animal Science**, 74: 2566-2576, 1996.
- CLARKE, I.; WALKER, J.; HENNESSY, D. et al. Inherent Food Safety of a Synthetic Gonadotropin-Releasing Factor (GnRF) Vaccine for the Control of Boar Taint in Entire Male Pigs. **The International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine**, 6: 7-14, 2008.

CLAUS, R.; WEILER, U.; HERZOG, A. Physiological aspects of androstenone and skatole formation in the boar—A review with experimental data. **Meat Science**, 38: 289-305, 1994.

CLAUS, R.; LACORN, M.; DANOWSKI, K. et al. Short-term endocrine and metabolic reactions before and after second immunization against GnRH in boars. **Vaccine**, 25: 4689-4696, 2007.

COFFEY, R.D.; PARKER, G.R.; LAURENT, K.M. Feeding Growing-Finishing Pigs to Maximize Lean Growth Rate. **College of Agriculture - University of Kentucky**. 2000.  
<[http://www.genome.iastate.edu/edu/PIH/prod\\_grow\\_finish.pdf](http://www.genome.iastate.edu/edu/PIH/prod_grow_finish.pdf)>

DUNSHEA, F.R.; COLANTONI, C.; HOWARD, K. et al. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. **Journal of Animal Science**, 79: 2524-2535, 2001.

FABIAN, J.; CHIBA, L.I.; FROBISH, L.T. et al. Compensatory growth and nitrogen balance in grower-finisher pigs. **Journal of Animal Science**, 82: 2579-2587, 2004.

FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, R.F.M.D.; DONZELE, J.L. et al. Redução do nível de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34: 548-556, 2005.

FONT I FURNOLS, M.; GISPERT, M.; GUERRERO, L. et al. Consumers' sensory acceptability of pork from immunocastrated male pigs. **Meat Science**, 80: 1013-1018, 2008.

FONTES, D.D.O.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.D. et al. Níveis de lisina para leitoas selecionadas geneticamente para deposição de carne magra, dos 30 aos 60 kg, mantendo constante a relação entre lisina e metionina+cistina, treonina, triptofano, isoleucina e valina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29: 776-783, 2000.

FREDRIKSEN, B.; LIUM, B.M.; MARKA, C.H. et al. Entire male pigs in a farrow-to-finish system. Effects on androstenone and skatole. **Livestock Science**, 102: 146-154, 2006.

GISPERT, M.; ÀNGELS OLIVER, M.; VELARDE, A. et al. Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. **Meat Science**, 85: 664-670, 2010.

ISHIDA, A.; KYOYA, T.; NAKASHIMA, K. et al. Nitrogen balance during compensatory growth when changing the levels of dietary lysine from deficiency to sufficiency in growing pigs. **Animal Science Journal**, 83: 743-749, 2012.

KATSUMATA, M.; KOBAYASHI, S.-I.; MATSUMOTO, M. et al. Reduced intake of dietary lysine promotes accumulation of intramuscular fat in the

Longissimus dorsi muscles of finishing gilts. **Animal Science Journal**, 76: 237-244, 2005.

KATSUMATA, M. Promotion of intramuscular fat accumulation in porcine muscle by nutritional regulation. **Animal Science Journal**, 82: 17-25, 2011.

KIEFER, C.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.D. Lisina digestível para suínos machos não castrados de alto potencial genético em fase de crescimento. **Ciência Rural**, 40: 1630-1635, 2010.

KIEFER, C.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.D. Planos nutricionais de lisina digestível para suínos machos imunocastrados em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40: 1955-1960, 2011.

KIEFER, C.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.D. et al. Nutritional plans for boars. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 41: 1448-1453, 2012.

LEAL, P.M.; NÃÃS, I.A. **Ambiência animal**. Introdução a Engenharia Agrícola. Unicamp. Campinas-SP, Brasil. 1992

LUNDSTRÖM, K.; MATTHEWS, K.R.; HAUGEN, J.-E. Pig meat quality from entire males. **Animal**, 3: 1497-1507, 2009.

MAIN, R.G.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D. et al. Determining an optimum lysine:calorie ratio for barrows and gilts in a commercial finishing facility. **Journal of Animal Science**, 86: 2190-2207, 2008.

MARTÍNEZ-RAMÍREZ, H.R.; JEAUROND, E.A.; DE LANGE, C.F.M. Nutrition-induced differences in body composition, compensatory growth and endocrine status in growing pigs. **Animal**, 3: 228-236, 2009.

MILLET, S.; ALUWÉ, M.; DE PAEPE, M. et al. Effect of decreasing ideal protein levels on performance results and nitrogen efficiency of growing-finishing gilts. **Archives of Animal Nutrition**, 64: 1-11, 2010.

MILLET, S.; GIELKENS, K.; DE BRABANDER, D. et al. Considerations on the performance of immunocastrated male pigs. **Animal**, 5: 1119-1123, 2011.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA**. Decreto nº 30691, de 29 de março de 1952.

MORALES, J.; GISPERT, M.; HORTOS, M. et al. Evaluation of production performance and carcass quality characteristics of boars immunised against gonadotropin-releasing hormone (GnRH) compared with physically castrated male, entire male and female pigs. **Spanish Journal of Agricultural Research**, 8: 599-606, 2010.

MORETTO, V.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.D. et al. Níveis dietéticos de lisina para suínos da raça Landrace dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29: 803-809, 2000.



NATIONAL RESEARCH COUNCIL **Nutrient Requirements of Swine**. 10<sup>th</sup> rev. ed. Washington, DC: National Academy Press. 189p. 1998.

O'CONNELL, M.K.; LYNCH, P.B.; O'DOHERTY, J.V. Determination of the optimum dietary lysine concentration for growing pigs housed in pairs and in groups. **Animal Science**, 81: 249-255, 2005.

O'CONNELL, M.K.; LYNCH, P.B.; O'DOHERTY, J.V. Determination of the optimum dietary lysine concentration for boars and gilts penned in pairs and in groups in the weight range 60 to 100 kg. **Animal Science**, 82: 65-73, 2006.

ORLANDO, U.A.D.; OLIVEIRA, R.F.M.D.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para leitões mantidas em ambiente termoneutro dos 60 aos 100 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35: 478-484, 2006.

PAULY, C.; SPRING, P.; O'DOHERTY, J.V. et al. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac®) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. **Animal**, 3: 1057-1066, 2009.

PRUNIER, A.; BONNEAU, M.; VON BORELL, E.H. et al. A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and the evaluation of non-surgical methods. **Animal Welfare**, 15: 277-289, 2006.

QUINIOU, N.; COURBOULAY, V.; SALAÜN, Y. et al. Impact of the non castration of male pigs on growth performance and behaviour - comparison with barrows and gilts. **61<sup>st</sup> Annual Meeting of the European Association for Animal production**. Heraklion, Crete Island, Greece. August 23<sup>rd</sup> - 27<sup>th</sup>, 2010.

REYNOLDS, A.M.; O'DOHERTY, J.V. The effect of amino acid restriction during the grower phase on compensatory growth, carcass composition and nitrogen utilisation in grower–finisher pigs. **Livestock Science**, 104: 112-120, 2006.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Brazilian Tables for Poultry and Swine - Composition of feedstuffs and nutritional requirements**. 2nd. Viçosa-MG-Brazil. UFV-DZO, 186p. 2005.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3<sup>a</sup> ed. Viçosa-MG: UFV, DZO. 252p. 2011.

SALTER, D.N.; MONTGOMERY, A.I.; HUDSON, A. et al. Lysine requirements and whole-body protein turnover in growing pigs. **British Journal of Nutrition**, 63: 503-513, 1990.

SHELTON, N.W.; TOKACH, M.D.; DRITZ, S.S. et al. Effects of increasing dietary standardized ileal digestible lysine for gilts grown in a commercial finishing environment. **Journal of Animal Science**, 89: 3587-3595, 2011.

SILVA, M.A.; BARBARINO JR, P.; GUASTALE, S.R. Recomendações nutricionais para machos inteiros submetidos à imunocastração. **III Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos**. Viçosa-MG, Brasil. 29 a 31 de março de 2011.

SINDIRAÇÕES. **Guia de Aditivos**. São Paulo-SP-Brasil, 2005.

SOUZA, L.P.D.O. **Níveis de lisina digestível e planos de nutrição baseados em níveis de lisina digestível para suínos machos castrados e fêmeas, dos 18 aos 107 kg**. MSc. - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG-Brazil. 2009.

SUSENBETH, A. Factors affecting lysine utilization in growing pigs: an analysis of literature data. **Livestock Production Science**, 43: 193-204, 1995.

VON BORELL, E.; BAUMGARTNER, J.; GIERSING, M. et al. Animal welfare implications of surgical castration and its alternatives in pigs. **Animal**, 3: 1488-1496, 2009.

WEILER, U.; CLAUS, R.; DEHNHARD, M. et al. Influence of the photoperiod and a light reverse program on metabolically active hormones and food intake in domestic pigs compared with a wild boar. **Canadian Journal of Animal Science**, 76: 531-539, 1996.