

SORAIA VIANA FERREIRA

**NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL EM RAÇÕES COM ALTA LISINA  
DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS DOS 95 AOS 158 DIAS DE IDADE**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2016

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

F383n  
2016  
Ferreira, Soraia Viana, 1990-  
Níveis de energia metabolizável em rações com alta lisina  
digestível para suínos dos 95 aos 158 dias de idade / Soraia  
Viana Ferreira. – Viçosa, MG, 2016.  
x, 42f : il. ; 29 cm.

Orientador: Alysson Saraiva.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Suíno - Alimentação e rações. 2. Suíno - Nutrição.  
3. Suíno - Carcaça. 4. Energia metabolizável na nutrição animal.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia.  
Programa de Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.40

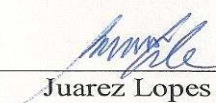
SORAIA VIANA FERREIRA

**NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL EM RAÇÕES COM ALTA LISINA  
DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS DOS 95 AOS 158 DIAS DE IDADE**

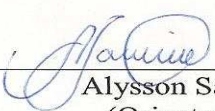
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 06 de junho de 2016.

  
\_\_\_\_\_  
Gabriel Cipriano Rocha

  
\_\_\_\_\_  
Juarez Lopes Donzele

  
\_\_\_\_\_  
Francisco Carlos de Oliveira Silva

  
\_\_\_\_\_  
Alysson Saraiva  
(Orientador)

*“Descobrir consiste em olhar para o que todo mundo está vendo e pensar uma coisa diferente”*  
(Roger Von Oech)

À Deus por ser meu amparo e fortaleza em todos os momentos de minha vida.

À minha mãe por ser meu maior exemplo de força e garra.

Ao meu pai por nossas vitórias.

Aos meus avós por terem sido meus alicerces. Em especial ao vovô Agostinho, que me ensinou o amor pela profissão.

Ao Bernardo pelo amor incondicional.

A vocês dedico este trabalho e todas as conquistas que virão.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus que me deu forças e amparo para não desistir nos momentos de dificuldade.

Aos meus pais Silvio e Sueli toda a minha gratidão pela vida, amor e apoio. Sem vocês nada seria possível.

Ao Bernardo por ser um grande companheiro de vida.

A toda minha família, em especial a minha grande conselheira e amiga: madrinha Angélica Saraiva por todo apoio e amizade.

À Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de cursar o mestrado em Zootecnia.

À FAPEMIG pela concessão da bolsa de estudos e pelo apoio à realização deste trabalho.

À Chr. Hansen pelo financiamento do projeto.

Ao meu orientador, professor Alysson Saraiva pelos ensinamentos transmitidos, pelo apoio e incentivo à minha formação.

À querida professora Melissa Hannas pela confiança e pelo apoio à realização deste trabalho.

Ao Professor Márcio Duarte pelos ensinamentos e apoio na realização deste trabalho.

Aos integrantes da banca examinadora desse trabalho: Professores Alysson Saraiva, Juarez Lopes Donzele, Gabriel Cipriano Rocha e ao pesquisador da EPAMIG, Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva, pela contribuição no aperfeiçoamento deste trabalho.

A toda equipe de trabalho que auxiliou nos experimentos: Camila, Lívia, Débora, Marcos, Maykelly, Dante, Gean, Ana Carla, Amon, Maisa e Igor. Ao Ivan Carvalho pelo auxílio nas análises de carne.

Em especial, gostaria de agradecer a Camila, minha fiel escudeira, pela amizade de sempre, por ser companheira inseparável em todo o experimento, inclusive nas análises laboratoriais e por seu incentivo e organização durante as horas de trabalho. À Lívia, por ser grande companheira de estudos, amiga desde o início do mestrado e pela grande contribuição neste trabalho. À Débora pela presteza na realização deste estudo, pela amizade, incentivo e companheirismo desde que compôs nossa equipe.

Ao José Roberto (Dedeco) por ser um grande amigo e incentivador desde o primeiro dia na UFV e por ser uma das melhores pessoas que Viçosa me apresentou.

A todos os funcionários da Suinocultura-UFV: José Roberto, Fernando, Chico, Valdeir, Leandro, Raimundo e Arlindo por toda ajuda na condução dos experimentos e por todos os momentos de alegria compartilhados.

Ao Plínio e a Juliana pelos ensinamentos durante as análises laboratoriais.

Ao Professor Sérgio Pena por ser grande incentivador das minhas batalhas e pela amizade.

Ao Gabriel e ao Jorge pelo carinho, atenção e por terem sido grandes professores e incentivadores nesses dois anos de convivência.

Ao querido Valdir Ribeiro pelo auxílio nas análises estatísticas.

Aos amigos queridos que fiz durante a passagem pela Suinocultura- UFV: Ana Paula, Ana Carla, Gabrielle, Pedro, Igor, Miliane e Priscila agradeço por toda felicidade compartilhada. Em especial, agradeço à Ana Paula pela oportunidade de estágio, pela confiança depositada e pela grande amiga que se tornou. À Ana Carla por ter sido muito mais que companheira de estágio, tornando-se incentivadora, conselheira e uma grande amiga.

As minhas amigas de uma vida inteira, agradeço pelo amor e a confiança que me dedicam sempre. Luana, Anna Marys, Rose, Raiana, Raphaela, Gabriella, Anelize, Amanda, Diana e Marciana, obrigada pela presença constante em minha vida.

## **BIOGRAFIA**

SORAIA VIANA FERREIRA, filha de Silvio Gomes Ferreira e Sueli Rangel Viana Ferreira nasceu no dia 19 de outubro de 1990 em Guaraciaba, Minas Gerais.

Em março de 2009, iniciou o curso de Graduação em Zootecnia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais-Campus Rio Pomba, colando grau em janeiro de 2014.

Em março de 2014 iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se a defesa de tese em 06 de junho de 2016 para obtenção do título de Magister Scientiae.



## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	viii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Utilização da energia pelos suínos .....	3
2.2. Efeitos dos níveis de energia metabolizável sobre o desempenho de suínos .....	5
2.3. Efeitos dos níveis de energia metabolizável sobre as características de carcaça e qualidade de carne de suínos .....	8
2.4. Relação entre energia e lisina na nutrição de suínos .....	10
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	12
<b>CAPÍTULO I NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL EM RAÇÕES COM ALTA LISINA PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO .....</b>	<b>17</b>
Introdução .....	17
Material e Métodos .....	18
Resultado e Discussão .....	27
Conclusão .....	36
Referências bibliográficas .....	37

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Composição percentual e calculada das rações experimentais fornecidas aos suínos de 95 aos 116 dias de idade .....	19
<b>Tabela 2</b> – Composição percentual e calculada das rações experimentais fornecidas aos suínos de 116 aos 137 dias de idade .....	20
<b>Tabela 3</b> – Composição percentual e calculada das rações experimentais fornecidas aos suínos de 137 aos 158 dias de idade .....	21
<b>Tabela 4</b> – Desempenho de suínos recebendo diferentes níveis de energia metabolizável em rações com alta lisina dos 95 aos 158 dias de idade .....	29
<b>Tabela 5</b> – Área de olho de lombo e espessura de toucinho de suínos recebendo diferentes níveis de energia metabolizável em rações com alta lisina dos 95 aos 158 dias de idade.....	31
<b>Tabela 6</b> – Valores de pH e de temperatura da carcaça de suínos recebendo diferentes níveis de energia metabolizável em rações com alta lisina dos 95 aos 158 dias de idade .....	32
<b>Tabela 7</b> – Qualidade da carne determinada no músculo Longissimus dorsi de suínos recebendo diferentes níveis de energia metabolizável em rações com alta lisina dos 95 aos 158 dias de idade .....	34

## RESUMO

FERREIRA, Soraia Viana, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2016. **Níveis de energia metabolizável em rações com alta lisina digestível para suínos dos 95 aos 158 dias de idade.** Orientador: Alysson Saraiva.

Objetivou-se com este experimento avaliar os efeitos de diferentes níveis de energia metabolizável em rações com alta lisina sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos machos castrados dos 95 aos 158 dias de idade. Foram utilizados 80 suínos híbridos comerciais, machos castrados, selecionados para deposição de carne, com peso inicial de  $50 \pm 1,82$  kg. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (T1 - 3150 kcal EM/kg; T2 - 3235 kcal EM/kg; T3 - 3320 kcal EM/kg; T4 - 3405 kcal EM/kg), dez repetições e dois animais por unidade experimental. No período de 95 a 116 dias de idade não foram observados efeitos dos níveis de EM ( $P > 0,05$ ) sobre os parâmetros de desempenho: PMF, GPD e CA. O CRD dos animais reduziu de forma linear com o aumento dos níveis de EM da ração ( $P = 0,01$ ), segundo a equação:  $\hat{Y} = 5,79961 - 0,00096790 X$  ( $r^2 = 0,89$ ). No período de 95 a 158 dias de idade não foram observados efeitos dos níveis de EM ( $P > 0,05$ ) sobre o PMF e GPD. Os níveis de EM influenciaram ( $P < 0,01$ ) o CRD e a CA dos suínos que reduziram de forma linear com o aumento dos níveis de EM da ração, segundo as equações  $\hat{Y} = 8,12951 - 0,00149X$  ( $r^2 = 0,99$ ) e  $\hat{Y} = 6,0914 - 0,001X$  ( $r^2 = 0,75$ ), respectivamente. Verificou-se aumento linear da área de olho de lombo (AOL) com o aumento do nível de EM ( $P = 0,02$ ) das rações, segundo a equação  $\hat{Y} = -29,851 + 0,0207 X$  ( $r^2 = 0,8733$ ). A espessura de toucinho em diferentes pontos da carcaça (ET1C, ET2T, ET3L e ETP2) e o pH e a temperatura medida em diferentes tempos após o abate (0 min, 45 min, 3 horas e 24 horas) não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pelos níveis de EM da ração. Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de EM sobre os parâmetros de qualidade carne: Cor L\*, Cor a\*, Cor b\*, FC, PLD, PLC, PLT, GIM e TBARS. Rações com 3405 kcal/kg de EM, correspondendo às relações com a lisina digestível de 2,75; 2,57 e 2,37 dos 95 aos 116, 116 aos 137 e dos 95 aos 158 dias de idade, respectivamente, resultam em melhor desempenho e características de carcaça, sem efeitos negativos na qualidade da carne de suínos machos castrados.

## ABSTRACT

FERREIRA, Soraia Viana, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2016. **Metabolizable energy levels in diets with high lysine for pigs in growing and finishing.** Adviser: Alysson Saraiva

The objective of this experiment was to evaluate the effects of different levels of metabolizable energy in diets with high lysine on performance, carcass characteristics and meat quality of barrows from 95 to 158 days old. 80 commercial hybrids barrows selected for meat deposition were used. The animals were distributed in a completely randomized design with four treatments (T1 - 3,405 kcal / kg, T2 - 3,320 kcal / kg, T3 - 3,235 kcal / kg, T4 - 3,150 kcal / kg), ten replications and two animals each. From 95 to 116 days old no effects of ME levels ( $P > 0.05$ ) were observed on the performance parameters: FBW, ADG and G:F. The ADFI of animals decreased linearly with increasing feed levels of ME ( $P = 0.01$ ) according to the equation  $\hat{Y} = 5.79961 - 0,00096790 X$  ( $r^2 = 0.89$ ). From 95 to 158 days old no effects of ME levels ( $P > 0.05$ ) were observed on the FBW and ADG. The levels of ME influenced ( $P < 0.01$ ) the ADFI and the G:F, which were reduced linearly with the increase of levels of the ration of the equations  $\hat{Y} = 8,12951 - 0,00149X$  ( $r^2 = 0,99$ ) e  $\hat{Y} = 6.0914 - 0.001X$  ( $r^2 = 0.75$ ), respectively. There was a linear increase of the loin eye area (LEA) with increasing levels of ME ( $P = 0.02$ ), according to the equation  $\hat{Y} = - 29.851 + 0.0207 X$  ( $r^2 = 0.8733$ ). The backfat thickness in different measuring points (ET1C, ET2T, ET3L and ETP2), and the pH and temperature measured at different times after slaughter (0 min, 45 min, 3 h and 24 hours) were not affected ( $P > 0.05$ ) by ME levels in the feed. ME levels did not affected ( $P > 0.05$ ) meat quality parameters: L \* Color, Color a \*, b \* color, FC, PLD, PLC, PLT, CGM and TBARS. Diets with 3405 kcal / kg metabolizable energy, corresponding to relations with lysine 2.75; 2.57 and 2.37 from 95 to 116, 116 to 137 and from 95 to 158 days of age, respectively, resulted in better performance and carcass characteristics, without negative effects on meat quality of barrows.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A suinocultura destaca-se entre os setores de produção de proteína animal pelo fato da carne suína ser a mais consumida do mundo. O Brasil neste cenário ocupa a quarta posição no ranking mundial de produção e exportação de carne suína (ABPA, 2016).

A preferência e hábitos do consumidor em relação à carne suína revelam um maior consumo de cortes nobres com maior quantidade de carne magra e menor teor de gordura. Sendo assim, as respostas de desempenho, características quantitativas e qualitativas de carcaça e qualidade de carne em função dos níveis energéticos das rações são fundamentais para se estabelecer estratégias de alimentação adequadas para cada fase de produção (Gonçalves et al., 2015).

A taxa de crescimento muscular de um suíno é influenciada, entre outros fatores, por seu consumo de ração. À medida que o consumo de energia aumenta, o crescimento muscular ou a deposição de proteína aumentam até atingir um platô (Schinckel, 2001), ou seja, o máximo que o potencial genético permite. Quando o limite genético de deposição de músculos é atingido, o consumo em excesso de energia irá promover uma maior deposição de gordura na carcaça (Bellaver&Viola, 1997) em relação a de proteína.

A energia não é considerada um nutriente, mas é necessária a todos os processos biológicos e tem participação importante na regulação do consumo dos suínos. Pode ser expressa nos alimentos através da energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) (Kil et al., 2013), sendo a EM a forma mais utilizada para avaliar o conteúdo energético das rações dos suínos.

Uma adequada suplementação de energia e nutrientes tem papel fundamental na produção de suínos, uma vez que o conteúdo energético da ração pode influenciar o consumo e o desempenho dos animais.

A lisina é um aminoácido utilizado como referência nutricional, por ser considerado estritamente essencial, não sintetizado pelos suínos e por ser o primeiro aminoácido limitante em rações práticas à base de milho e farelo de soja. A lisina também tem sido considerada o nutriente mais importante para deposição de carne magra na carcaça de suínos em crescimento. Isto se deve à sua constância na proteína corporal e

sua destinação metabólica preferencial para a deposição de tecido muscular (Kessler, 1998).

Sendo assim, torna-se importante observar a influência de rações com alta lisina e diferentes níveis de energia metabolizável exercem nas características de carcaça e na qualidade de carne, objetivando aliar a eficiência na produção animal a uma carne de melhor qualidade que atenda ao consumidor, cada vez mais exigente.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Utilização da energia pelos suínos

Os custos com a alimentação são os que exercem maior impacto econômico na produção de suínos, sendo a energia o principal componente nutricional responsável por elevar estes custos (Létourneau-Montminy et al., 2011). Além disso, é um dos elementos mais relevantes para o desempenho de suínos uma vez que é essencial para realização dos processos metabólicos.

A energia proveniente dos alimentos não pode ser considerada um nutriente, mas sim o resultado da oxidação dos nutrientes durante o metabolismo animal (Kil et al., 2013). Dentre os constituintes dos alimentos, os carboidratos, os lipídeos, as proteínas (aminoácidos) e parte da fibra são fornecedores de energia para os monogástricos. Já a água, vitaminas e os minerais presentes no alimento não contribuem como fonte de energia. No entanto, nem toda a energia produzida será utilizada pelo organismo do animal (Bertechini, 2006).

A energia presente nos alimentos é um dos fatores limitantes do consumo. Existem diferentes sistemas disponíveis para a caracterização da energia dietética, sendo os mais comuns os de energia digestível e metabolizável (Sakomura & Rostagno, 2007).

A energia bruta (EB) é a primeira fração da partição de energia e representa o nível potencial de energia que se pode obter com a oxidação total da matéria orgânica contida numa amostra de alimento submetido à combustão em bomba calorimétrica (McDonald et al., 2011), sendo que esta, não tem valor prático, uma vez que não apresenta nenhuma relação com o que realmente é aproveitado pelo animal (Kil et al., 2013). Por outro lado, a partir dela, pode-se obter as demais formas de representação da energia de um alimento.

Parte da EB consumida pelos animais é eliminada nas fezes, na urina, na forma de gases da digestão, ou ainda pode ser emitida na forma de calor, sendo a parcela restante, retida no organismo (McDonald et al., 2011).

A energia digestível (ED) de um alimento é aquela na qual, subtrai-se a energia fecal da EB total consumida pelos animais (Gutierrez & Patiente, 2012).

A Energia Metabolizável (EM) é obtida pela diferença entre a ED e as perdas endógenas, estas representadas pelas perdas de energia na urina e na forma de gases, principalmente metano. De acordo com Noblet et al. (1989), a energia perdida como gases no trato digestório dos suínos representa entre 0,1 a 3% da ED. Devido à baixa quantidade de gás produzido no processo digestivo, as perdas na forma de gases normalmente são desconsideradas nos cálculos de EM para suínos (Kil et al., 2013).

A EM usada para manutenção (EMm) é na sua maior parte utilizada para formação de ATP, sendo essa energia essencial para o animal manter sua vida, através de processos respiratórios, fluxo sanguíneo, atividade física, turnover protéico e ainda na manutenção do potencial de membrana e do transporte ativo contra gradiente de concentração (Verstegen, 2001). A exigência de manutenção é então, a exigência de ATP e que os nutrientes como proteína, lipídeo e carboidrato podem ser utilizados para a síntese de ATP.

A EM usada para produção ou crescimento podem variar de acordo com a necessidade de manutenção dos animais e dos nutrientes nos alimentos (Sakomura & Rostagno, 2007).

A correção da EM para ganhos ou perdas de nitrogênio corporal (balanço de N) também é utilizada com suínos. A correção pelo balanço de N tem por objetivo padronizar e reduzir a variação nos valores de EM aparente (EMA) dos alimentos medidos em diferentes condições que podem resultar em maior ou menor ganho de peso ou em perda de peso dos animais. A razão para a correção da EM para o balanço de N (EMAn) é que a energia retida como proteína não é totalmente aproveitada pelo animal quando os aminoácidos são degradados para fornecer energia, e o N excretado na urina na forma de uréia. De acordo com Farrel (1979), essa correção pode ser válida para animais adultos, que podem até perder peso, mas não para suínos em crescimento que retêm uma quantidade considerável de N.

A energia líquida (EL) pode ser definida como o conteúdo de EM excluindo-se o incremento calórico (IC) (Noblet, 2007). Por definição, o IC é representado pelo aumento da produção de calor após o consumo do alimento pelo animal. O IC é constituído basicamente do calor de fermentação e a energia gasta no processo digestivo, assim como o calor de produção resultante do metabolismo dos nutrientes (Fialho et al., 2001),



podendo variar de acordo com os nutrientes dos alimentos, sendo maior para a proteína bruta (PB) e fibra se comparado ao amido e gordura e lipídeos. A EL é a energia que o animal utiliza para manutenção (ELm) e produção (ELp).

Quando os animais estão abaixo do nível de manutenção ou em balanço energético negativo, a EM para manutenção (EMm) é utilizada para prevenir as perdas de energia corporal (ELm). Quando a EM ingerida é maior que a necessidade de EM para manutenção, uma proporção deste suprimento adicional de energia (EM para produção- EMp) é retida (ELp) no corpo como proteína ou gordura. A relação ELp:EMp corresponde à eficiência de utilização da EM para crescimento (kg). No crescimento, o ganho energético inclui a proteína e gordura e a eficiência de utilização da EM para ganho energético em proteína ou gordura são definidos como Kp ou Kf, respectivamente (Sakomura & Rostagno, 2007).

Rostagno et al. (2011), recomendaram 3230 de energia metabolizável para machos castrados com alto potencial genético dos 50 aos 120 kg de peso vivo.

## **2.2 Efeitos dos níveis de EM sobre o desempenho de suínos**

A eficiência na produção de suínos é obtida, entre outros fatores, com alimentação balanceada que atenda as exigências nutricionais e que possibilite a obtenção de um melhor desempenho. Portanto, é importante atentar-se aos níveis de energia das rações, uma vez que o consumo excessivo de dietas com baixos níveis de energia poderá influenciar na ingestão de proteína ou de outros nutrientes, assim como o consumo de dietas com altos níveis de energia poderá promover o desperdício de nutrientes.

Os suínos tendem a alterar o consumo de ração procurando ajustá-lo aos níveis de energia da dieta. Quanto mais elevado o nível de energia, menor o consumo voluntário. Portanto, a utilização de rações com alta densidade energética torna o consumo voluntário dos animais reduzido e tem sido associado também à melhora na eficiência alimentar (Rezende et al., 2007).

A exigência energética dos suínos pode ser influenciada por vários fatores, dentre estes podemos destacar os inerentes aos animais como idade, genética e sexo, os fatores

ligados às rações, como a forma física, o nível de inclusão de alguns alimentos energéticos ou ingredientes, como por exemplo, o óleo.

O incremento calórico de lipídeos é menor do que carboidratos e proteínas. Assim, o aumento do conteúdo de energia das rações pode ser feito com a utilização de óleos/gorduras, pois além do alto fornecimento de energia de baixo incremento calórico (Bertechini, 2006), a presença de lipídeos no duodeno tem ação efetiva na liberação de alguns hormônios como a colecistoquinina, a grelina e a neurotensina. Os hormônios gastrintestinais interagem com os seus receptores na superfície celular para iniciar uma cascata de eventos sinalizadores que eventualmente culminam nos seus efeitos fisiológicos. Estes hormônios têm ação sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes.

A digestão e a absorção de lipídeos são influenciadas por vários fatores, que podem diminuir ou aumentar o seu aproveitamento e ainda interferir no aproveitamento de outros nutrientes. De maneira geral, os lipídeos são digeridos no intestino delgado e a absorção de ácidos graxos como monoacilgliceróis ou ácidos graxos livres é praticamente completa no íleo distal (Borgstrom et al., 1993). Porém, os ácidos graxos que não são absorvidos no intestino delgado passam para o intestino grosso, onde a hidrogenação microbiana de ácidos graxos insaturados pode ser significativa (Jørgensen et al., 1992).

A presença de lipídeos no duodeno estimula a produção de colecistoquinina, a qual, por sua vez, estimula a produção de bile e suco pancreático. Aumentada a secreção de suco pancreático, a quantidade de enzimas digestivas no intestino delgado será maior, isto, associado ao fato dos lipídeos reduzirem a taxa de esvaziamento gástrico, pode possibilitar maior digestibilidade dos nutrientes da dieta, especialmente as proteínas. A colecistoquinina também age sobre o centro de saciedade, inibindo o consumo de ração (Imbeah & Sauer, 1991).

O aumento no nível de inclusão de óleo nas dietas também pode afetar a secreção do hormônio grelina pelas células do estômago, no duodeno, íleo, ceco e cólon. Este hormônio tem função de estimular o consumo dos suínos (Kirchner et al., 2012). Steinert et al. (2013), verificaram que infusões duodenais de lipídeos estão associadas a diminuição progressiva na concentração de grelina plasmática, e que a supressão da produção de grelina depende do comprimento da cadeia dos ácidos graxos, sendo que os ácidos graxos com cadeias maiores ou iguais a 12 carbonos são mais influentes nessa

diminuição do que os com cadeias menores que 12 carbonos. Portanto, o aumento na inclusão de óleo às dietas pode provocar uma queda na secreção de grelina, reduzindo assim o consumo de ração.

A neurotensina, secretada pelas células encontradas principalmente no íleo é um hormônio gastrointestinal secretado principalmente quando há presença de lipídeos na dieta (Inagaki et al., 2012). Assim, a presença de lipídeos estimulará a neurotensina, esta por sua vez, pode inibir a secreção ácida pelas células parietais, mediada pela gastrina, reduzindo a motilidade gástrica e intestinal, inibindo a liberação de insulina das ilhotas pancreáticas (Smith et al., 1988), aumentando a permanência da dieta no TGI e assim, melhorando a absorção de nutrientes.

O aumento da densidade energética das dietas através da adição de óleo tem influenciado assim, no desempenho dos suínos em fase de crescimento e terminação com o atendimento das necessidades energéticas e o efeito do centro de saciedade sobre o centro da fome, controlando, desta forma, o consumo alimentar (Bertechini, 2006) e aumentando o tempo de retenção da dieta no TGI, havendo assim, maior tempo para atuação das enzimas digestivas.

Rezende et al. (2006), avaliaram dietas com diferentes níveis de EM (3100, 3230, 3370 e 3500 kcal/kg) e verificaram redução no CRD dos suínos a medida em que se aumentava o nível de energia da dieta. Do mesmo modo, Schinckel et al. (2012) que trabalharam com níveis de energia metabolizável variando de 3300 até 3500 kcal EM/kg também observaram redução do CDR com o aumento dos níveis de EM. Scottá (2014), ao avaliar dietas com diferentes níveis de energia metabolizável (3100 até 3500 kcal/kg) em rações com ractopamina, para suínos na fase de terminação, observou redução no consumo diário de ração à medida que se aumentou a densidade energética das dietas.

Levasseur et al. (1998), avaliaram o aumento da densidade energética da ração para suínos desde a fase de crescimento até a terminação, observaram aumento do GPD dos animais. Silva et al. (1998), também observaram aumento do GPD com o aumento dos níveis de ED (3200, 3325, 3450, 3575, 3700) nas dietas para suínos em terminação.

Silva et al. (1998) avaliaram níveis de energia digestível (3200, 3325, 3450, 3575, 3700) para suínos machos inteiros dos 60 aos 100 kg observaram efeito linear para CA, indicando que o maior o nível de ED estudado ocasionou em melhor foi a CA. Rezende

et al. (2006), suplementaram dietas com diferentes níveis de EM (3100, 3230, 3370 e 3500 kcal/kg) e verificaram melhora na CA dos suínos a medida em que se aumentava o nível de energia da dieta. Hinson et al. (2011) avaliaram três níveis de energia metabolizável (3310; 3360 e 3530 kcal/kg) para suínos machos castrados em terminação, alimentados com ractopamina, também observaram melhora na conversão alimentar à medida que se aumentou o nível energético das dietas.

### **2.3 Efeitos dos níveis de energia metabolizável sobre as características de carcaça e qualidade de carne de suínos**

As principais características de interesse na qualidade de carne são as variáveis sensoriais (aparência, cor, sabor, textura e suculência), a capacidade de retenção de água, a estabilidade oxidativa e a uniformidade (Rosenvold & Andersen, 2003). Já para as características de carcaça, observa-se o conteúdo e a composição de gordura bem como a quantidade de carne magra depositada.

A quantidade proporcional de carne ou músculo presente na carcaça é o que ditará sua composição. Diferentes graus de musculatura e de gordura (refletindo as variações na proporção osso/músculo) são os fatores primários associados à composição da carcaça. O ideal é que esta composição contemple maior proporção de músculo, com menores proporções de gordura, ossos e pele, sem prejudicar a qualidade da carne e os fatores de produção animal (Angerami, 2004), objetivando-se atender principalmente o consumidor que tem preferência por uma carne mais magra.

A taxa de crescimento muscular dos suínos é influenciada, entre outros fatores, por seu consumo de ração. À medida que há um acréscimo do consumo de energia, o crescimento muscular aumenta através da deposição de proteína na carcaça até atingir um platô (Schinckel, 2002), ou seja, o máximo que o potencial genético permite. Quando o limite genético de deposição de músculos é atingido, o consumo em excesso de energia irá promover uma maior deposição de gordura na carcaça (Bellaver & Viola, 1997) em relação à de proteína.

Sendo assim, torna-se importante observar a influência que diferentes níveis de energia adicionados às dietas exercem nas características de carcaça e na qualidade de

carne, buscando aliar a eficiência na produção animal a uma carne de melhor qualidade que atenda ao consumidor, cada vez mais exigente.

Scottá (2014) avaliaram níveis de EM (3100, 3200, 3300, 3400, 3500 kcal/kg) em rações contendo ractopamina para suínos em fase de crescimento e observaram que os níveis de EM influenciaram a área de olho de lombo dos animais de forma quadrática, com melhor resultado para o nível estimado de 3350 kcal EM/kg de ração, enquanto os demais parâmetros de carcaça (ET e rendimento de carcaça) não foram influenciados pelos níveis de EM das dietas, assim como todos os parâmetros de qualidade de carne avaliados (perdas de água, cor, pH das carcaças e TBARS). Já na fase de terminação, o aumento dos níveis energéticos das dietas proporcionou aumento linear na ET, enquanto os outros parâmetros de carcaça e os de qualidade de carne não foram influenciados pelos níveis de EM das dietas.

Zeng et al. (2012) estudaram os efeitos dos níveis de ED (3200, 3400, 3600, 3800) sobre o crescimento, a qualidade de carne e as características de carcaça e observaram que a ET aumentou a medida em que se aumentou os níveis de ED nas dietas. Já a AOL, porcentagem de carne magra e o rendimento de carcaça não foram influenciados pelos níveis de ED. O pH das carcaças aos 45 minutos e 24 horas após o abate sofreram um aumento linear a medida em que se aumentou níveis de ED das dietas. Já a FC e a perda de água na cocção reduziram linearmente à medida que se aumentou níveis de ED das dietas. A cor e o marmoreio, entretanto não foram influenciados pelos níveis de ED.

Antunes et al. (2013), estudaram diferentes níveis de EM (3400 a 3175 kcal/kg) em rações com baixo nível de proteína bruta para suínos em crescimento mantidos em estresse por calor e não observaram influência dos níveis de EM sobre as características de carcaça como ET, AOL e o rendimento de carcaça. Da mesma forma, não observaram diferenças nos parâmetros de qualidade de carne estudados, tais como pH, temperatura das carcaças, força de cisalhamento, cor e perdas de água.

## **2.4 Relação entre energia e lisina na nutrição de suínos**

Desde a década de 50 reconhece-se que a necessidade nutricional de proteína é a combinação de demandas dos diferentes aminoácidos. Como os animais não podem sintetizar todos os aminoácidos, ou pelo menos não na velocidade necessária para atender suas necessidades fisiológicas, foram propostos os conceitos de aminoácidos essenciais, aminoácidos limitantes e desequilíbrio de aminoácidos (Fuller & Wang, 1990).

Quando as proporções são respeitadas e não há excessos, os aminoácidos podem ser depositados como proteína, representada pela síntese e acúmulo de carne magra, desenvolvimento fetal e presença de aminoácidos no leite (Whittemore, 1993).

A lisina é considerada um aminoácido fisiologicamente essencial para manutenção, crescimento e produção de suínos e aves e tem como principal função a síntese de proteína muscular. Ela é considerada essencial porque não é sintetizada pelos suínos em pequenas quantidades, que não atendem à necessidade do animal, o que torna necessária a ingestão de proteína intacta do alimento ou de fontes sintéticas como a L-lisina HCl (Rocha et al., 2009).

A ingestão diária de lisina está diretamente relacionada ao consumo voluntário de ração pelos animais que, por sua vez, é influenciado pela quantidade de energia da dieta (Rezende et al., 2006). Quando a concentração de energia da dieta é baixa os suínos tendem a aumentar o consumo de alimentos e vice-versa.

O excesso de aminoácidos não é armazenado pelo organismo; assim, toda quantidade ingerida acima da exigida é catabolizada. O catabolismo envolve a remoção e excreção do grupo amino e o uso do esqueleto de carbono na gliconeogênese, lipogênese ou, ainda, sua oxidação até gás carbônico e água (Larbier & Leclercq, 1994).

Segundo Bidner et al. (2004), a redução dos níveis de lisina na dieta pode reduzir o peso ao abate, o rendimento de carcaça, a área de olho de lombo e aumentar a espessura de toucinho e o pH da carcaça. Esta última característica também foi observada por Goodband et al. (1993). Bidner et al. (2004) também observaram diferenças visuais de cor, firmeza, marmoreio e perda por gotejamento, de acordo com o tratamento dietético de lisina, sendo encontrado maior comprimento de onda L\* em animais que ingeriram dieta com baixo teor de lisina.

Há maior demanda de lisina, em relação aos demais aminoácidos, nos processos de sínteses afins ao crescimento do suíno, sobretudo em condições desejáveis de saúde. Em específico, os benefícios são creditados ao anabolismo proteico, para formação de massa muscular na carcaça (Trindade Neto et al., 2005).

Rostagno et al. (2011), recomendam 0,89% de lisina digestível para machos castrados com alto potencial genético dos 50 a 70 kg, 0,82% dos 70 a 100 kg e 0,74% dos 100 aos 120 kg. E a relação lisina digestível: energia metabolizável de 2,75 dos 50 a 70 kg, 2,56 dos 70 a 100 kg e 2,31 dos 100 aos 120 kg.

Rezende, et al. (2006), ao estudar níveis de energia metabolizável (3100, 3230, 3370, 3500) mantendo a relação lisina digestível:caloria (2,41) em rações para suínos machos castrados em terminação, observaram maiores níveis de EM não alteram o rendimento de carcaça e a espessura de toucinho.

Jin et al. (2010), avaliaram o efeito de dietas com redução de lisina a medida em que aumentava-se a densidade de energia, reduzindo assim a relação lisina:EM (2,32; 1,92; 1,62; 1,81; 1,51) sobre o desempenho, digestibilidade dos nutrientes e qualidade da carne em suínos em terminação, observou que as relações lisina:EM de 2,32 e 1,92 proporcionaram menor ET. A relação de 2,32 também proporcionou menor porcentagem de gordura intramuscular. Os outros parâmetros avaliados (cor, área de olho de lombo e peso da carcaça) não foram influenciados pelos tratamentos.

Trindade Neto et al. (2005), estudaram energia metabolizável (3270 e 3500) e lisina digestível (0,83; 1,03; 1,23) para suínos na fase de crescimento, criados em condições de segregação sanitária, observaram machos castrados e marrãs responderam eficientemente ao acréscimo de lisina digestível nas dietas e que os benefícios dietéticos da lisina no desempenho dos machos castrados não dependeram dos níveis estudados de energia.

Cho et al. (2008) estudaram a digestibilidade de nutrientes em dietas com dois níveis energéticos e quatro relações lisina:energia metabolizável (1,5; 1,8; 2,1; 2,4) observaram uma maior digestibilidade da gordura e da proteína bruta a medida que aumentou-se o nível energético das dietas, indicando maior aproveitamento dos nutrientes pelos animais.

## REFERÊNCIAS

- ABPA - Associação Brasileira de proteína animal. Relatório anual ABPA 2016. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/suinocultura/publicacoes/relatorios-anuais>. Acesso em 25 de maio de 2016.
- ANGERAMI, C.N. Influência do genótipo, sexo e peso de abate na composição da carcaça e nas características de qualidade da carne suína. 2004. 141p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- ANTUNES, M. V. L. Energia metabolizável em rações com baixo nível de proteína bruta para suínos mantidos em estresse por calor dos 30 aos 60kg. 2013. 105 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.
- BELLAVER, C; VIOLA, E.S. Qualidade de carcaça, nutrição e manejo nutricional. In: VIII Congresso brasileiro de veterinários especialistas em suínos, 1997, Foz do Iguaçu-PR. Foz do Iguaçu: ABRAVES, 1997. p.152-158.
- BERTECHINI, A.G. Nutrição de Monogástricos. Lavras: Editora UFLA, 301 p, 2006.
- BIDNER, B.S. et al. Influence of dietary lysine level, pre-slaughter fasting, and rendement napole genotype on fresh pork quality. **Meat Science**, Champaign, v. 68, p. 53-60, 2004.
- BORGSTRÖM A.; ERLANSON-ALBERTSON C.; BORGSTRÖM B. Human pancreatic proenzymes are activated at different rates in vitro. **Scand. Journal Gastroenterol**, v.28, p.455-459, 1993.
- CHO, S.B. et al. Effects of dietary energy concentration and lysine on the digestible energy ratio for apparent amino acid digestibility in finishing barrows. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.21, n.2, p.232-236, 2008.
- FARREL, D. J. Energy systems for pigs and poultry: A review. **J. Aust. Inst. Agric. Sci.**, v. 34, p. 21- 34, 1979.



FIALHO, T. E.; OST, P. R.; OLIVEIRA, V. Interações ambiente e nutrição - estratégias nutricionais para ambientes quentes e seus efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos. 2ª Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína 5 de Novembro a 6 de dezembro de 2001 — Concórdia, SC, Brasil.

FULLER, M.; WANG, T.C. Digestible ideal protein: a measure of dietary protein value. *Pig News and Information*, Oxfordshire, v. 11, n. 3, p. 353-357, 1990.

GONÇALVES, L. M. P. et al. Níveis de energia líquida para suínos machos castrados em terminação. **Ciência Rural**, v. 45, p. 464–469, 2015.

GOODBAND, R. D. et al. Interrelationships between porcine somatotropin and dietary lysine on growth performance and carcass characteristics of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, 71, 663–672, 1993.

GUTIERREZ, N.A.; PATIENCE, J.F. The metabolic basis of feed-energy efficiency in swine. Proc. Al Leman Conf. St. Paul, MN. p.19-26, 2012.

HINSON, R.B. et al. Impact of dietary energy level and ractopamina on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs **Journal of Animal Science**, v.89, p.3725-3579, 2011.

INAGAKI, S. et al. Modulation of the Interaction between Neurotensin Receptor NTS1 and Gq Protein by Lipid. **Journal of Molecular Biology**. Volume 417, Issues 1–2, 16 March 2012, Pages 95–111.

IMBEAH, M.; SAUER, W.C. The effect of dietary level of fat on amino acid digestibilities in soybean meal and canola meal and on rate of passage in growing pigs. **Livestock Production Science**, v.29, p.227, 1991.

JIN, Y.H. et al. Effect of dietary lysine restriction and energy density on performance, nutrient digestibility and meat quality in finishing pigs. **Asian-Australia Journal Animal Science**, v.23, n.9, p.1213-1220, 2010.

JØRGENSEN, H.; FERNANDEZ, J.A.; JUST, A. The effect of dietary fat and mineral level on the site of absorption of some nutrients at different levels of crude fibre and crude protein. In: international seminar on digestive physiology in the pig, 3., 1985,

Copenhagem. Proceedings... Copenhagen, Denmark: National Institute of Animal Science, 1985. p.356-363.

KESSLER, A.M. Exigências nutricionais para máximo rendimento de carne em suínos. In: Simpósio sobre rendimento e qualidade da carne suína, 1998, Concórdia. Anais... Concórdia, 1998. p.18-25.

LARBIER, M.; LECLERCQ, B. Nutrition and feeding of poultry. Loughborough, Nottingham University, 1994. 305p.

LÉTOURNEAU-MONTMINY, M. P. et al. Modeling the fate of dietary phosphorus in the digestive tract of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 3596–3611, 2011.

LEVASSEUR, P. et al. Influence de la source d'énergie et de la concentration énergétique de l'aliment sur le comportement alimentaire, les performances zootechniques et les qualités de carcasse du porc charcutier. **Journées Recherche Porcine en France**, v.30, p.245-252, 1998.

KIL, D.Y.; KIM, B.G.; STEIN, H.H. Feed Energy Evaluation for Growing Pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 26, p. 1205–1217, 2013.

KIRCHNER, H.; HEPPNER, K. M.; TSCHOP, M. H. The role of ghrelin in the control of energy balance. **Handbook of Experimental Pharmacology**, v.209, p.161–184, 2012.

NOBLET, J. et al. 1989. Nouvelles bases d'estimation des teneurs en énergie digestible, métabolisable et nette des aliments pour le porc, INRA éd., Paris, 106 p.

NOBLET, J. Net energy evaluation of feeds and determination of net energy requirements for pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 277–284, 2007.

MCDONALD, P. et al. Evaluation of foods: energy content of foods and energy partition within the animal. **Animal Nutrition**. 7 ed. Pearson, UK. p. 254-280, 2011.

REZENDE, W.O. et al. Níveis de energia metabolizável mantendo a relação lisina digestível:caloria em rações para suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1101-1106, 2006.

ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H.J. Factors of significance of pork quality: a review. **Meat Science**, Champaign, v. 64, p. 219-237, 2003.

ROCHA, T. et al. Níveis de lisina digestível em rações para poedeiras no período de 24 a 40 semanas de idade. **Ver. Bras. Zootec.**, Viçosa, v.38, n.9, p.1726-1731, 2009.

ROSENVOLD, K. et al. 2002. Manipulation of critical quality indicators and attributes in pork through vitamin E supplementation, muscle glycogen reducing finishing feeding and preslaughter stress. **Meat Science**. v. 62, p. 485–496.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Viçosa: Editora UFV, 2011.

SAKOMURA, N, K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283p.

SCHINCKEL, A.P. et al. Daily feed intake, energy intake, growth rate, and measures of dietary energy efficiency of pigs from four sire lines fed diets with high or low metabolizable and net energy concentration. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.25, n.3, p.410- 420, 2012.

SCHINCKEL, A.P. et al., 2002. Two on-farm data collection methods to determine dynamics of swine compositional growth and estimates of dietary lysine requirements. **J. Anim. Sci.** 80, 1419-1432.

SCOTTÁ, B. A. Níveis de energia metabolizável em dietas com ractopamina para suínos em fase final de terminação. 2014. 105 f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

SMITH, E. L. et al. Bioquímica de mamíferos. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 620 p.

SILVA, F. C. O. et al. Níveis de Energia Digestível para Suínos Machos Inteiros dos 60 aos 100 kg. **R. Bras. Zootec.**, v.27, n.5, p.959-964, 1998.

STEINERT, R.E. et al. Secretion of gastrointestinal hormones and eating control. **Journal of Animal Science**, v.91, p.1963-1973, 2013.

TRINDADE NETO, M.A.; MOREIRA, J.A.; BERTO, D.A. Energia metabolizável e lisina digestível para suínos na fase de crescimento, criados em condições de segregação sanitária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1980-1989, 2005.

VERSTEGEN, M.W.A. Developments towards net energy systems in feeds and animals. Proceedings of the 22<sup>nd</sup> Western Nutrition Conference. Saskatchewan, Canada, p. 103-114, CAB International, 2001.

WHITTEMORE, C. The science and practice of pig production. London: Printed Singapore, 1993. 661 p.

WISEMAN J.; COLE D.J.A.; HARDY B. The dietary energy values of soyabean oil, tallow and their blends for growing finishing pigs. **Anim. Prod.** v.50, p.513-518, 1990.

ZENG, Z. et al. Effects of dietary digestible energy concentration on growth, meat quality, and PPAR $\gamma$  gene expression in muscle and adipose tissues of Rongchang piglets. **Meat Science**, v.90, p.66-70, 2012.

## CAPÍTULO I

# **NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL EM RAÇÕES COM ALTA LISINA PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

## **INTRODUÇÃO**

A energia, não pode ser considerada como um nutriente, uma vez que é proveniente do catabolismo dos nutrientes consumidos pelos animais, principalmente as proteínas, carboidratos e lipídeos. Necessária para a realização todos os processos biológicos do animal, necessita-se de adequada suplementação nas dietas de suínos (NRC, 2012).

A energia é o componente que mais onera a alimentação dos suínos, já que a maior parte da ração é constituída por alimentos energéticos (Moehn et al., 2013). Por isso, a busca pela eficiência na nutrição energética dos suínos, aliando ganhos biológicos e econômicos tem sido contínua.

Os níveis de EM nas dietas para suínos podem variar de acordo com a idade, sexo, genética dos animais, ambiente térmico e ainda fatores relacionados às dietas, como a concentração de lisina.

A lisina tem sido utilizada como referência para o estabelecimento das exigências dos demais aminoácidos e na obtenção da relação de proteína ideal proposta por Lewis (1991). Este aminoácido é fisiologicamente essencial para a manutenção, crescimento e produção dos suínos e sua principal função é a síntese de proteína muscular (Meza et al., 2015).

A obtenção de um nível ótimo de energia metabolizável poderia ser eficaz na melhora do desempenho de suínos e assim poderia se alcançar maior retorno econômico, uma vez que respostas como qualidade de carcaça e qualidade de carne podem estar associadas aos níveis energéticos das dietas.

Deste modo, este estudo foi conduzido para avaliar os efeitos dos níveis de energia metabolizável em rações com alta lisina no desempenho, características de carcaça e qualidade de carne para suínos machos castrados, dos 95 aos 158 dias de idade.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção (CEUAP) da Universidade Federal de Viçosa – UFV, protocolo 21/2015, e conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da UFV.

Foram utilizados oitenta suínos, híbridos comerciais (Landrace x Large White), machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne, com 95 dias de idade ( $50 \pm 1,82$  kg), distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (T1- 3150 kcal/kg de EM; T2- 3235 kcal/kg de EM; T3- 3320 kcal/kg de EM; T4 3405 kcal/kg de EM), dez repetições e dois animais por baia, considerada a unidade experimental, no período de junho à agosto de 2015.

As rações experimentais utilizadas nos períodos de produção, 95 a 116, 116 a 137 e 137 a 158 dias de idade, estão apresentadas respectivamente nas Tabelas 1, 2 e 3. As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja e suplementadas com minerais e vitaminas, para atender às exigências nutricionais dos animais em cada fase, de acordo com Rostagno et al. (2011), com exceção da energia metabolizável (EM) e da lisina digestível (LD). A relação LD:EM nas rações com 3405 kcal/kg de EM em cada período foi mantida conforme preconizado em Rostagno et al. (2011). Os níveis de EM das rações foram obtidos com a inclusão de óleo de soja em substituição ao caulim.

Os animais foram alojados em baias com piso de concreto e parede de alvenaria, dotadas de comedouros semiautomáticos e bebedouros tipo chupeta, localizadas em galpão coberto com telhas de cerâmica.

#### Condições térmicas

As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas diariamente por meio de termômetros de máxima e mínima (16:00). Os termômetros foram mantidos em uma baia vazia no centro do galpão, a meia altura do corpo dos animais.

#### Desempenho

As rações fornecidas, as sobras e os desperdícios foram pesados diariamente e os animais pesados individualmente ao início e ao final de cada período experimental, para determinação do ganho de peso médio diário (GPD), do consumo de ração médio diário (CRD), do consumo de energia metabolizável (CEM) e da conversão alimentar (CA).

Tabela 1 – Composição percentual e calculada das rações experimentais fornecidas aos suínos de 95 aos 116 dias de idade

Ingredientes	Níveis de Energia Metabolizável (kcal/kg)			
	3150	3235	3320	3405
Milho (7.88%)	70,032	70,032	70,032	70,032
Farelo de Soja (45%)	22,00	22,00	22,00	22,00
Óleo de Soja	1,100	2,100	3,150	4,15
Fosfato bicálcico	1,05	1,05	1,05	1,05
Calcário	0,60	0,60	0,60	0,60
Sal	0,40	0,40	0,40	0,40
Caulim	4,022	3,022	1,972	0,972
Suplemento Mineral <sup>1</sup>	0,088	0,088	0,088	0,088
Suplemento Vitamínico <sup>2</sup>	0,088	0,088	0,088	0,088
Lisina HCl	0,340	0,340	0,340	0,340
DL-metionina	0,100	0,100	0,100	0,100
L-treonina	0,100	0,100	0,100	0,100
L-triptofano	0,010	0,010	0,010	0,010
Antioxidante <sup>3</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010
Cloreto de Colina,60 %	0,060	0,060	0,060	0,060
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição Nutricional Calculada<sup>4</sup></b>				
EM, kcal/kg	3150	3235	3320	3405
Proteína Bruta, %	16,05	16,05	16,05	16,05
Lisina Digestível,%	0,939	0,939	0,939	0,939
Met+Cis Digestível,%	0,554	0,554	0,554	0,554
Treonina Digestível,%	0,610	0,610	0,610	0,610
Triptofano Digestível,%	0,169	0,169	0,169	0,169
Sódio,%	0,170	0,170	0,170	0,170
Cálcio,%	0,582	0,582	0,582	0,582
Fósforo Disponível,%	0,282	0,282	0,282	0,282
Colina, mg/kg	0,328	0,328	0,328	0,328

<sup>1</sup> Fornece por kg de ração: 100 mg de Ferro; 10 mg de Cobre; 1 mg de Cobalto; 40 mg de Manganês; 100 mg de Zinco, 1,5 mg de Iodo e 0,22 mg de Selênio

<sup>2</sup> Fornece por Kg de ração: 8.000 UI de Vit. A; 1.200 UI de Vit. D3; 20 UI de Vit. E; 2 mg de Vit. K3; 1 mg de Vit. B1; 4 mg de Vit. B2; 22 mg de ácido nicotínico; 16 mg de ácido pantotênico; 0,50 mg de vit. B6; 0,020 mg de vit B12; 0,4 mg de ácido fólico; 0,120 mg de biotina; 400 mg de colina e 30 mg de antioxidante.

<sup>3</sup> Butil-hidroxi-tolueno (BHT).

<sup>4</sup> Valores calculados conforme Rostagno et al. (2011).

Tabela 2 – Composição percentual e calculada das rações experimentais fornecidas aos suínos de 116 aos 137 dias de idade

Ingredientes	Níveis de Energia Metabolizável (kcal/kg)			
	3150	3235	3320	3405
Milho (7.88%)	73,380	73,380	73,380	73,380
Farelo de Soja (45%)	19,000	19,000	19,000	19,000
Óleo de Soja	0,900	1,900	2,950	3,950
Fosfato bicálcico	0,950	0,950	0,950	0,950
Calcário	0,600	0,600	0,600	0,600
Sal	0,350	0,350	0,350	0,350
Caulim	4,045	3,045	1,995	0,995
Suplemento Mineral <sup>1</sup>	0,075	0,075	0,075	0,075
Suplemento Vitamínico <sup>2</sup>	0,075	0,075	0,075	0,075
Lisina HCl	0,340	0,340	0,340	0,340
DL-metionina	0,095	0,095	0,095	0,095
L-treonina	0,110	0,110	0,110	0,110
L-triptofano	0,015	0,015	0,015	0,015
Antioxidante <sup>3</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010
Cloreto de Colina,60 %	0,055	0,055	0,055	0,055
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Nutricional Calculada <sup>4</sup>				
EM, kcal/kg	3150	3235	3320	3405
Proteína Bruta, %	15,01	15,01	15,01	15,01
Lisina Digestível,%	0,874	0,874	0,874	0,874
Met+Cis Digestível,%	0,524	0,524	0,524	0,524
Treonina Digestível,%	0,585	0,585	0,585	0,585
Triptofano Digestível,%	0,157	0,157	0,157	0,157
Sódio,%	0,160	0,160	0,160	0,160
Cálcio,%	0,540	0,540	0,540	0,540
Fósforo Disponível,%	0,263	0,263	0,263	0,263
Colina, mg/kg	0,280	0,280	0,280	0,280

<sup>1</sup> Fornece por kg de ração: 100 mg de Ferro; 10 mg de Cobre; 1 mg de Cobalto; 40 mg de Manganês; 100 mg de Zinco; 1,5 mg de Iodo e 0,22 mg de Selênio

<sup>2</sup> Fornece por Kg de ração: 8.000 UI de Vit. A; 1.200 UI de Vit. D3; 20 UI de Vit. E; 2 mg de Vit. K3; 1 mg de Vit. B1; 4 mg de Vit. B2; 22 mg de ácido nicotínico; 16 mg de ácido pantotênico; 0,50 mg de vit. B6; 0,020 mg de vit B12; 0,4 mg de ácido fólico; 0,120 mg de biotina; 400 mg de colina e 30 mg de antioxidante.

<sup>3</sup> Butil-hidroxi-tolueno (BHT).

<sup>4</sup> Valores calculados conforme Rostagno et al. (2011).

Tabela 3 – Composição percentual e calculada das rações experimentais fornecidas aos suínos de 137 aos 158 dias de idade



Ingredientes	Níveis de Energia Metabolizável (kcal/kg)			
	3150	3235	3320	3405
Milho (7.88%)	77,800	77,769	77,793	77,767
Farelo de Soja (45%)	15,000	15,000	15,000	15,000
Óleo de Soja	0,650	1,700	2,700	3,750
Fosfato bicálcico	0,900	0,900	0,900	0,900
Calcário	0,500	0,500	0,500	0,500
Sal	0,350	0,350	0,350	0,350
Caulim	4,051	3,061	2,061	1,011
Suplemento Mineral <sup>1</sup>	0,062	0,062	0,062	0,062
Suplemento Vitamínico <sup>2</sup>	0,062	0,062	0,062	0,062
Lisina HCl	0,345	0,345	0,345	0,345
DL-metionina	0,075	0,075	0,075	0,075
L-treonina	0,095	0,095	0,095	0,095
L-triptofano	0,015	0,015	0,015	0,015
Antioxidante <sup>3</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010
Cloreto de Colina,60 %	0,045	0,045	0,045	0,045
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Nutricional Calculada				
EM, kcal/kg	3150	3235	3320	3405
Proteína Bruta, %	13,62	13,62	13,62	13,62
Lisina Digestível,%	0,788	0,788	0,788	0,788
Met+Cis Digestível,%	0,473	0,473	0,473	0,473
Treonina Digestível,%	0,528	0,528	0,528	0,528
Triptofano Digestível,%	0,142	0,142	0,142	0,142
Sódio,%	0,150	0,150	0,150	0,150
Cálcio,%	0,500	0,500	0,500	0,500
Fósforo Disponível,%	0,243	0,243	0,243	0,243
Colina, mg/kg	0,230	0,230	0,230	0,230

<sup>1</sup> Fornece por Kg de ração: 100 mg de Ferro; 10 mg de Cobre; 1 mg de Cobalto; 40 mg de Manganês; 100 mg de Zinco, 1,5 mg de Iodo e 0,22 mg de Selênio

<sup>2</sup> Fornece por Kg de ração: 8.000 UI de Vit. A; 1.200 UI de Vit. D3; 20 UI de Vit. E; 2 mg de Vit. K3; 1 mg de Vit. B1; 4 mg de Vit. B2; 22 mg de ácido nicotínico; 16 mg de ácido pantotênico; 0,50 mg de vit. B6; 0,020 mg de vit B12; 0,4 mg de ácido fólico; 0,120 mg de biotina; 400 mg de colina e 30 mg de antioxidante.

<sup>3</sup> Butil-hidroxi-tolueno (BHT).

<sup>4</sup>Valores calculados conforme Rostagno et al. (2011).

Abate

Ao final do período experimental (158 dias de idade), todos os animais foram pesados e submetidos a jejum alimentar de 18 horas, e um animal de cada unidade experimental com peso mais próximo de 115 kg foi encaminhado para o abate. Os animais foram insensibilizados por eletronarcose, sangrados e eviscerados, obedecendo às normas de bem-estar animal e abate humanitário.

#### pH e temperatura

Após o abate foi realizada a mensuração do pH e da temperatura das carcaças em 4 tempos: 0 minutos, medição realizada após o abate, 45 minutos, realizada 45 min após o abate. Então as carcaças foram armazenadas e resfriadas a 5°C em câmara fria, onde se procedeu a medição de 3 horas e de 24 horas após o abate. As determinações de pH foram realizadas no músculo Longissimos dorsi, na altura da última costela com o auxílio de um pHmetro Testo 205® portátil, com eletrodo de inserção e termômetro acoplado, de acordo com metodologia descrita por (Ramos & Gomide, 2007).

#### Tipificação das carcaças

Vinte quatro horas após o abate foi realizada a tipificação das carcaças, utilizando-se a meia carcaça direita, na qual foram feitas as medidas de espessura de toucinho com auxílio de paquímetro digital, em diferentes pontos: ET1C localizado na altura da primeira vértebra cervical, ET2T localizado na última vértebra torácica, na inserção com a primeira vértebra lombar; ET3L localizado entre a penúltima na última vértebra lombar, ETP2 (Espessura de toucinho no lombo) localizado no ponto de cobertura de gordura no olho de lombo.

A medida da área do músculo Longissimus dorsi foi realizada na altura da 10ª costela. A área do músculo Longissimus dorsi foi coberta com filme de polietileno de baixa densidade. Sobre o filme de polietileno foi colocada uma transparência, e então foi feito o contorno do lombo, com caneta retroprojeter de ponta fina, não incluindo os outros músculos (ABCS, 1973). Para obtenção da área, utilizou-se software ImageJ versão 1.49 t®.

#### Coleta de amostras do Longissimus dorsi

Foi coletada uma amostra do músculo Longissimus dorsi de cada animal. Os músculos foram seccionados entre a última vértebra torácica e a primeira lombar para

retirada de uma amostra de aproximadamente 30 cm do músculo Longissimus dorsi. As amostras foram então embaladas em sacos plásticos de polietileno, identificadas e armazenadas em caixas térmicas com gelo para serem transportadas até o Laboratório de Carnes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. No laboratório, as amostras de músculo foram seccionadas, sequencialmente, através de cortes transversais, utilizando serra frigorífica, retirando-se subamostras de aproximadamente 2,54 cm de espessura. As subamostras foram embaladas e identificadas (Bridi e Silva, 2006). Para se evitar variações, foram coletadas amostras para uma determinada análise no mesmo ponto do músculo de todos os animais. As amostras foram armazenadas a -20°C para posterior análise de parâmetros qualitativos da carne.

#### Avaliação dos parâmetros qualitativos da carne

##### Cor

Para a análise de cor, as amostras do músculo Longissimus dorsi foram descongeladas e ficaram expostas ao ar por 40 minutos para a reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico e em seguida a cor foi avaliada utilizando o sistema HUNTER LAB, determinando a luminosidade ( $L^*$ ), o índice de vermelho ( $a^*$ ) e o índice de amarelo ( $b^*$ ), os quais foram medidos em espectrofotômetro Color Quest XE Hunter Lab<sup>®</sup>. Todas as leituras foram armazenadas em um computador conectado ao espectrofotômetro e provido do sistema Software Universal.

##### Perda de água por descongelamento e por cocção

Para a quantificação das perdas por descongelamento e por cocção as amostras foram congeladas. Depois de congeladas foram pesadas e armazenadas por 24 horas a 4°C. Após 24 horas, as amostras foram retiradas da geladeira, enxugadas levemente com toalha de papel e pesadas novamente. As amostras foram assadas e, após permanecerem 30 minutos à temperatura ambiente, sem a adição de qualquer condimento, até que a temperatura interna atingisse 70°C, a qual foi verificada por meio de termômetro, foram retiradas do forno, resfriadas e novamente pesadas. A perda de líquido no descongelamento e na cocção foi expressa em porcentagem de água perdida em relação ao peso original da amostra (Bridi & Silva, 2007).

##### Força de cisalhamento

Para determinação da força de cisalhamento foi utilizado o procedimento proposto por AMSA (1995). Os bifes de 2,54 cm de espessura (um de cada animal) foram descongelados sob refrigeração (4°C) durante 16 horas. Logo após o descongelamento, os bifes foram assados em forno elétrico pré-aquecido a 150°C. No procedimento de cozimento foi introduzido no centro geométrico de cada bife um termoacoplador ligado em termômetro tipo K, para monitoramento da temperatura interna até que essa atinja 71°C. Os bifes foram então colocados em resfriamento (4°C) durante 16 horas. Decorrido esse tempo, foram retiradas oito amostras cilíndricas com 1,27 cm de diâmetro cada, paralelamente a orientação das fibras musculares, utilizando-se um amostrador de aço inox devidamente afiado. As amostras cilíndricas foram cisalhadas perpendicularmente à orientação das fibras musculares, utilizando-se lâmina de corte em V, com angulação de 60°, 1,016 mm de espessura e velocidade fixa de 20 cm/min, acoplada ao texturômetro Warner-Bratzler® (G-R Electrical Manufacturing Company, Manhattan – KS, USA).

#### Quantificação da gordura intramuscular

A quantificação de gordura intramuscular foi realizada através do método de extrato etéreo utilizando-se extrator automatizado XT20 Fat Analyzer, (Ankom®). As amostras foram acondicionadas em filtro de náilon, posteriormente selados. Os filtros contendo as amostras foram secos em estufa calibrada a 100 °C por 3 horas. Em seguida foram transferidos para dessecador para resfriamento. Após atingir a temperatura ambiente, os filtros foram pesados e transferidos para o suporte de filtros da unidade de extração. A extração em analisador de gordura foi realizada utilizando éter de petróleo, por um período de 30 min em uma câmara fechada à 90 °C. Após a extração, os filtros contendo resíduo foram transferidos para estufa a 100 °C para secagem por 60 min. Em seguida os filtros foram acondicionados em dessecador e pesados. O teor de EE foi determinado pela redução de massa da amostra após a extração.

#### Oxidação lipídica (TBARS)

A curva padrão e o preparo das amostras foram realizados utilizando-se o método de extração ácido aquosa, conforme descrito por Kang et al. (2001). Para a determinação da curva foi preparada uma solução 0,0001 M do padrão 1,1,3,3-tetrametoxipropano (TMP) em ácido perclórico 3,86%. Dessa solução foram retiradas alíquotas, que foram transferidas para balões volumétricos de 10 mL sendo, em seguida, o volume completado

com ácido perclórico 3,86%. De cada balão, 2 mL foram transferidos para tubos de ensaio com tampa. Posteriormente foi adicionado 2 mL da solução aquosa 20 mM de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), os tubos foram fechados, agitados e aquecidos em banho-maria fervente por 30 minutos. Após o resfriamento até temperatura ambiente, foi lida a densidade ótica em espectrofotômetro a 532 nm. Com as leituras de absorbâncias obtidas, foi então traçada uma curva de calibração para o cálculo dos níveis de substâncias que reagem ao TBA (TBARS) nas amostras. O preparo da amostra e determinação da oxidação lipídica foi conduzido da seguinte forma: em um tubo de ensaio médio, foram pesados aproximadamente 3 g da carne, foi feita a adição de 18 mL de ácido perclórico 3,86%, e em seguida o tubo com esse conteúdo foi levado em um agitador tipo Vórtex por 15 segundos a alta velocidade. O homogeneizado foi filtrado em papel de filtro Whatman nº1. Posteriormente, 2 mL do filtrado foram colocados em tubos de ensaio pequenos com rosca, por duplicata, acrescidos de 2 mL de solução aquosa 20 mM de TBA. Os tubos foram aquecidos em banho-maria fervente por 30 minutos. Após o resfriamento até temperatura ambiente, a densidade ótica foi lida em espectrofotômetro a 532 nm. A quantidade de TBARS da amostra foi expressa em mg de malonaldeído por kg de carne.

#### Análise estatística

A baía foi considerada a unidade experimental para análise das variáveis de desempenho (consumo de ração diário, ganho de peso diário e conversão alimentar). Apenas um animal de cada unidade experimental, com peso mais próximo de 120 kg, foi utilizado para análise das variáveis de características de carcaça (AOL, ET1C, ET2T, ET3L, ETP2, pH e temperatura) e de qualidade de carne (cor L\*, cor a\*, cor b\*, FC, PLD, PLC, PLT, GIM e TBARS)

Os dados foram analisados utilizando-se o Software estatístico SAS 9.0, por meio do PROC REG, licenciado para a Universidade Federal de Viçosa. A estimativa do melhor nível de energia metabolizável foi determinada por meio de análises de regressão linear e/ou quadrática, conforme melhor ajuste dos dados. O peso inicial foi utilizado como covariável e os valores de probabilidade menores que 5% foram considerados significativos.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As médias das temperaturas máxima e mínima correspondem respectivamente a  $25,4 \pm 1,82^{\circ}\text{C}$  e  $15,3 \pm 1,72^{\circ}\text{C}$ . Com base na faixa de termoneutralidade (15 a  $22^{\circ}\text{C}$ )

sugerida por Sampaio et al. (2004), para suínos na fase de crescimento e terminação, pode-se inferir que os animais foram submetidos a períodos de estresse por calor.

Os resultados de desempenho de suínos recebendo diferentes níveis de energia metabolizável dos 95 aos 158 dias de idade encontram-se na Tabela 4.

No período de 95 aos 116 dias de idade, constatou-se que o consumo de ração médio diário (CRD) dos animais reduziu de forma linear ( $P=0,01$ ) com o aumento dos níveis de energia metabolizável (EM) da ração, segundo a equação:  $\hat{Y}= 5,79961 - 0,00096790x$  ( $r^2= 0,89$ ). Estes resultados corroboram os obtidos por Beaulieu et al. (2009), que ao estudar níveis de energia digestível (ED), variando de 3090 a 3570 kcal/kg, para suínos na fase de crescimento (30 a 60 kg), também observaram redução do CRD à medida em que se aumentou os níveis de ED.

Em contrapartida, De La Llata et al. (2001) não observaram variação significativa no CRD dos suínos em crescimento devido ao aumento da densidade energética da ração em que a relação LD:EM foi mantida constante. Através destes resultados, ficou evidenciado que a influência do nível de EM no consumo de ração dos suínos em crescimento pode variar se a relação LD:EM for ou não mantida.

O aumento dos níveis de EM da ração não influenciou ( $P>0,05$ ) os demais parâmetros de desempenho, GPD, CEM e CA, avaliados neste período.

No período de 95 a 137 dias de idade, foi observado efeito ( $P<0,05$ ) dos níveis de EM no CRD dos suínos, que reduziu de forma linear com o aumento dos níveis de EM da ração, segundo a equação  $\hat{Y}= 6,1176 - 0,001x$  ( $r^2= 0,97$ ). De forma semelhante, Paiano et al. (2008), também verificaram que o aumento do nível de energia líquida da ração resultou em diminuição do consumo voluntário de ração de suínos machos castrados e fêmeas dos 60 aos 90 kg.

Considerando que em estudo conduzido com suínos dos 50 aos 100 kg, Granda (2012) constatou que a variação na relação LD:EM da ração não influenciou o consumo de ração dos animais, pode-se afirmar que a variação desta relação entre 2,05 e 3,52 nas

rações avaliadas neste estudo, provavelmente não contribuiu para os resultados de CRD obtidos.

A CA dos animais variou ( $P < 0,05$ ) devido ao aumento do nível de EM da ração tendo melhorado de forma linear, segundo a equação  $\hat{Y} = 4,9585 - 0,0007x$  ( $r^2 = 0,48$ ). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Trindade Neto et al., (2005) que ao avaliarem níveis de EM e lisina digestível para suínos na fase de crescimento observaram melhora na CA devido ao aumento do nível de energia da dieta de 3270 para 3500.

Os demais parâmetros de desempenho, PMF, GPD e CEM avaliadas nesse período não foram influenciadas ( $P > 0,05$ ) pelos níveis de EM das rações.

No período de 95 a 158 dias de idade, enquanto os parâmetros PMF, GPD e CEM não variaram ( $P > 0,05$ ), o CRD dos animais reduziu ( $P < 0,05$ ) de forma linear, segundo a equação  $\hat{Y} = 8,12951 - 0,00149x$  ( $r^2 = 0,99$ ), com a elevação do nível de EM da ração.

Correlação negativa entre níveis de EM da ração com o CRD dos suínos também foi observada por Eittle et al. (2003). Neste mesmo sentido em estudos conduzidos por Rezende et al. (2006) e Scottá (2014) para avaliar níveis de EM em rações para suínos em terminação respectivamente em que a relação com a lisina digestível foi mantida constante ou com a inclusão de ractopamina, também ficou evidenciado a correlação negativa entre estes dois fatores. Estes resultados confirmam o relato de Gonçalves et al. (2015) que rações com alta densidade de energia influenciam negativamente o consumo voluntário de ração pelos suínos.

Rezende et al. (2006), sugeriram que esse é um mecanismo utilizado para que animais possam ajustar o consumo voluntário de alimento para o atendimento da exigência de energia, uma vez que os animais compensam a baixa densidade energética da dieta, aumentando a ingestão diária, até que a demanda energética seja atingida.

**Tabela 4** - Desempenho de suínos recebendo diferentes níveis de energia metabolizável em rações com alta lisina dos 95 aos 158 dias de idade

Níveis de Energia Metabolizável				CV
3150	3235	3320	3405	



<b>95 a 116 dias</b>					
PMF, kg	74,45	72,46	73,72	72,78	1,65
GPD, g	1,099	1,002	1,062	1,043	5,02
CRD, g <sup>1</sup>	2,757	2,633	2,635	2,482	1,73
CEM	8688	8510	8747	8458	2,45
CA	2,51	2,63	2,48	2,38	3,72
<b>95 a 137 dias</b>					
PMF, kg	100,16	97,45	98,56	99,06	0,99
GPD, kg	1,161	1,0996	1,123	1,134	2,09
CRD, kg <sup>1</sup>	3,092	3,034	2,959	2,846	0,15
CEM	9740	9815	9824	9687	0,18
CA <sup>1</sup>	2,66	2,78	2,63	2,51	2,38
<b>95 a 158 dias</b>					
PMF, kg	125,36	121,38	122,04	122,80	0,82
GPD, g	1,174	1,110	1,121	1,133	1,43
CRD, g <sup>1</sup>	3,454	3,318	3,206	3,070	0,23
CEM	10880	10735	10645	10455	0,32
CA <sup>1</sup>	2,94	2,99	2,85	2,71	1,35

PMI - Peso médio inicial (kg); GPD - Ganho de peso diário (g); CRD - Consumo de ração diário (g); CEM - Consumo de energia metabolizável; CA- Conversão alimentar (g).

<sup>1</sup> Efeito linear (P<0,05).

O aumento do nível de EM também influenciou (P<0,05) a CA dos animais, que melhorou de forma linear, de acordo com a equação  $\hat{Y} = 6,0914 - 0,001x + (r^2 = 0,75)$ . Melhora na CA dos suínos em terminação em razão da elevação do nível de EM da ração também foi verificado por Hinson et al. (2011) e por Rezende et al. (2006), que utilizaram rações em que a relação EM com a lisina digestível foi mantida constante. De forma semelhante, Scottá (2014) constataram efeito positivo do aumento do nível de EM na CA dos suínos em terminação, mesmo utilizando rações suplementadas com ractopamina.

A consistência de resultados verificada neste estudo, quanto aos efeitos do nível de EM da ração, no CRD e na CA dos suínos nos diferentes períodos analisados, pode estar relacionada aos possíveis efeitos positivos dos ácidos graxos de cadeia longa contidos no óleo de soja, na fisiologia e metabolismo dos animais.

De acordo com estudos conduzidos por Gonzalo (1983), Gentilcore et al. (2006) e Ghazalah et al. (2007), o aumento nos níveis de inclusão do óleo de soja nas rações dos suínos pode resultar em maior taxa de passagem do alimento e conseqüentemente em melhor digestibilidade de energia, o que estaria consistente com os resultados de menor CRD e melhora na CA dos animais encontrados neste estudo.

O aumento da taxa de passagem do alimento com a utilização do óleo de soja na ração estaria relacionado aos efeitos dos ácidos graxos de cadeia longa no estímulo e produção de CCK pela mucosa intestinal (Urbano, 2006) e na produção de neurotensina pelas células N do íleo (Inagaki et al., 2012), ambos hormônios com reconhecida ação em reduzir o esvaziamento gástrico dos suínos, entre outros efeitos.

De forma coerente com os dados de CA, foi verificado que os níveis crescentes de EM das rações resultou em aumento ( $P < 0,05$ ) linear da AOL (Tabela 5) dos animais, conforme a equação  $\hat{Y} = -29.851 + 0.0207 X$  ( $r^2 = 0.87$ ). Efeitos positivos dos níveis de EM da ração na AOL dos suínos também foi relatado por Hinson et al. (2011), e segundo Cisneros et al. (1996), a AOL tem correlação positiva com a porcentagem de carne na carcaça.

Por outro lado, Chu et al. (2012) avaliando níveis de ED, variando de 3250 a 3491 kcal/kg, observaram diminuição linear na AOL com o aumento da densidade energética das rações.

A inconsistência de resultados entre os estudos pode estar relacionada à relação LD:ED (1,87; 1,81; 1,74; 1,68; 1,66) nas dietas fornecidas aos suínos por Chu et al. (2012), que foi reduzindo a medida que se aumentava os níveis de ED podendo ter limitado a síntese proteica acarretando em menores valores de AOL. No presente estudo, entretanto, a relação LD:EM foi mantida de acordo com o preconizado por Rostagno et al. (2011).

**Tabela 5-** Área de olho de lombo e espessura de toucinho de suínos recebendo diferentes níveis de energia metabolizável em rações com alta lisina dos 95 aos 158 dias de idade

Níveis de Energia Metabolizável				CV
3150	3235	3320	3405	

AOL, cm <sup>2</sup> , <sup>1</sup>	36,06	36,80	37,95	41,55	2,18
ET1C, mm	38,89	40,79	38,98	40,99	4,22
ET2T, mm	23,48	27,76	22,73	22,35	4,77
ET3L, mm	20,63	20,62	20,75	20,61	0,44
ETP2, mm	18,51	18,64	17,37	16,36	2,10

AOL - Área de olho de lombo; ET1C - Espessura de toucinho na altura da primeira vértebra cervical; ET2T - Espessura de toucinho na última vértebra torácica, na inserção com a primeira vértebra lombar; ET3L - Espessura de toucinho entre a penúltima na última vértebra lombar, ETP2 - Espessura de toucinho no ponto de cobertura de gordura no olho de lombo.

<sup>1</sup> Efeito linear (P<0,05).

Não foi observado efeito (P>0,05) dos tratamentos sobre a ET1C, ET2T, ET3L e ETP2 dos suínos. Williams et al. (1994), também não observaram efeito do aumento da densidade energética da ração, sobre a espessura de toucinho. Da mesma forma, Rezende et al. (2006), avaliando os níveis de EM variando entre 3100 e 3500 kcal/kg na ração para suínos machos castrados, também não verificaram diferenças na ET dos animais. Granda, et al., (2014) estudando diferentes relações LD:EM (2,05; 2,35; 2,64; 2,93; 3,23; 3,52) em dietas de suínos machos castrados em terminação também não observaram diferenças na ETP2.

Beaulieu et al. (2009), entretanto, avaliando os efeitos de níveis de ED variando de 3090 a 3570 kcal/kg, sobre os parâmetros de desempenho e as características de carcaça de suínos na fase de crescimento (30 a 60 kg), observaram aumento da ET com o aumento do nível de ED das rações, concluindo que o aumento do nível de ED melhorou o desempenho dos animais, mas resultou em piora na qualidade da carcaça. De maneira semelhante, Chu et al. (2012), também verificaram que o aumento dos níveis de ED da ração, para suínos em terminação, resultou em incremento na ET dos animais.

Os valores de pH da carcaça não foram influenciados pelos níveis de EM das dietas (Tabela 6). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Jin et al. (2010), que ao avaliar três níveis de energia metabolizável (3265, 3365 e 3465 kcal/kg) para suínos em terminação, também não verificaram diferenças no pH da carne suína no tempo de 45 minutos e 24 horas após o abate.

De forma contrária, Zeng et al. (2012) observaram aumento no pH 45 minutos e 24 horas dos animais à medida que aumentou o nível de energia digestível (3200, 3400, 3600 e 3800 Mcal/kg) das dietas.

De acordo com Dalla Costa (2005), é desejável que pH final da carne suína esteja entre 5,5 a 5,8 e os valores de pH da carne dos suínos do presente estudo, ficaram na faixa ideal.

**Tabela 6** - Valores de pH e de temperatura da carcaça de suínos recebendo diferentes níveis de energia metabolizável em rações com alta lisina dos 95 aos 158 dias de idade

	Níveis de Energia Metabolizável				CV
	3150	3235	3320	3405	
<b>pH</b>					
0 min	6,47	6,45	6,47	6,55	0,02
45 min	6,35	6,36	6,31	6,52	1,11
3 horas	5,96	6,21	5,88	6,12	4,20
24 horas	5,50	5,54	5,46	5,58	1,37
<b>Temperatura Carcaça, °C</b>					
0 min	32,65	33,11	32,66	32,70	0,95
45 min	25,51	25,24	25,83	26,95	0,26
3 horas	19,35	19,43	20,57	17,73	5,81
24 horas	8,86	8,27	8,46	8,26	3,06

De acordo com Sarcinelli et al. (2007), se após 24 horas ao abate, o pH da carne estiver superior a 6,2, a carne suína irá reter grande quantidade de água, o que implica em curto tempo de conservação e coloração escura, fenômeno que caracterizando o processo DFD (carne escura, dura e seca). Caso o pH se encontre abaixo de 5,8 em menos de 4 horas, teremos a carne PSE (pálida mole e exsudativa) caracterizado pela má retenção de água além do aspecto pálido e mole. Portanto, pode-se inferir que não houve predominância de DFD e PSE no presente estudo.

Os valores de temperatura não variaram ( $P>0,05$ ) em função dos níveis de EM. Antunes et al. (2013), estudando diferentes níveis de EM (3400 a 3175 kcal/kg) em rações com baixo nível de proteína bruta para suínos em crescimento, observaram que a temperatura nos diferentes tempos (0 min, 45 min, 3 horas e 24 horas) após o abate também não foram influenciados pelos tratamentos.

Apesar de poucos estudos mensurarem a temperatura da carcaça, este parâmetro torna-se um instrumento importante na observação de predominância de estresse, uma vez que de acordo com Van der Wal et al. (1999), o estresse aplicado em suínos imediatamente antes do abate pode afetar as características iniciais da carne, tais como temperatura e rigor mortis, podendo reduzir a capacidade de reter água às 24 horas pós morte.

Carcaças suínas com baixa temperatura muscular apresentam carne de boa qualidade (sem PSE), mas os com alta temperatura podem apresentar carne de má qualidade (Warriss et al., 1995). Por isso, a redução da temperatura da carcaça o mais rápido possível depois de completada a evisceração, é uma manobra eficaz voltada para a diminuição da velocidade de queda do pH muscular (Maribo et al., 1998). Desta forma, o resfriamento rápido das carcaças tornou-se uma prática comum. O resfriamento rápido também é citado como ferramenta auxiliar na diminuição da contagem microbiológica nas carcaças.

Os valores de coloração da carne (Tabela 7) medida por meio dos valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  não foi influenciada ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Suarez-Belloch et al., (2013), que ao avaliar níveis de EL para suínos em terminação também não observaram efeitos na cor da carne. Jin et al., (2010) que ao avaliar três níveis de energia metabolizável (3265, 3365 e 3465 kcal/kg) para suínos em terminação também não encontraram diferenças nos índices de cor da carne. De maneira semelhante, Zeng et al. (2012) também não observaram diferenças na cor da carne de suínos alimentados com diferentes níveis de ED.

Meng et al. (2010), entretanto observaram redução nos valores de  $L^*$  e  $b^*$ , no Longissimus dorsi de terminação quando se aumentou o nível de energia metabolizável das dietas de 3400 para 3500 kcal/kg.

A força de cisalhamento (FC) não foi influenciada ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos. Os valores de FC encontrados neste trabalho classificam a carne como macia, uma vez que de acordo com Iversen et al. (1995), a FC de 6,0 kgf é estabelecida como o valor limite entre a carne suína macia e dura, e as médias observadas no presente estudo são inferiores a esta, classificando, portanto, a carne como macia.

**Tabela 7-** Qualidade da carne determinada no músculo Longissimus dorsi de suínos recebendo diferentes níveis de energia metabolizável em rações com alta lisina dos 95 aos 158 dias de idade

	Níveis de Energia Metabolizável				CV
	3150	3235	3320	3405	
Cor L*	54,51	53,11	54,10	54,37	1,28
Cor a*	7,85	9,23	8,17	7,80	8,46
Cor b*	15,12	15,18	14,74	14,72	1,37
FC	3,82	3,83	3,38	3,59	6,75
PLD	5,81	4,58	4,58	4,57	5,70
PLC	27,41	28,08	25,76	28,58	6,60
PLT	31,64	31,35	29,16	31,84	4,88
GIM	9,08	7,66	7,64	8,47	1,53
TBARS	0,891	0,717	0,740	0,712	7,28

PLD - Perda de água no descongelamento; PLC - Perda de água na cocção; PLT- Perda de água total; FC - Força de Cisalhamento; GIM – quantificação de gordura intramuscular; TBARS 7 dias – oxidação lipídica com tempo de prateleira de 7 dias.

Antunes et al. (2014) avaliando níveis de energia metabolizável em rações com baixo nível de proteína bruta para suínos em crescimento também não observaram efeito na FC. Já Mathews et al. (2003), observaram uma diminuição da FC quando aumentou o nível de energia metabolizável, acompanhado de um aumento na gordura subcutânea e intramuscular. Este fator pode ter influenciado na maciez da carne, uma vez que a gordura influi diretamente nesse parâmetro e como pode-se observar a porcentagem de GIM no presente estudo não foi influenciada ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos.

As porcentagens de perdas de água da carcaça ao descongelamento (PLD), na cocção (PLC) e a perda total (PLT) não foram influenciadas ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos (Tabela 7). Da mesma forma, Matthews et al. (2003) estudando diferentes níveis de EM (3182 a 3413 kcal/kg), com adição ou não de cromo, não verificaram diferenças na PAC. Jin et al. (2010) também não observaram diferenças para os parâmetros de PLD e PLC à medida em que se aumentou o nível ED (3265, 3365 e 3465 kcal/kg) da ração.

De forma contrária, Zeng et al. (2012) observaram diminuição linear da PLC com o aumento da ED de 3200 para 3800 kcal/kg das rações.

A porcentagem de gordura intramuscular (GIM) não foi influenciada ( $p<0,05$ ) pelos níveis de EM da ração. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Suarez-Belloch et al. (2013) que também não observaram diferenças na porcentagem de GIM no músculo Longissimus thoracis de suínos alimentados com diferentes níveis de EL.

Os níveis de EM, não influenciaram ( $P>0,05$ ) a oxidação lipídica (TBARS) nas amostras de Longissimus dorsi submetidas ao tempo de prateleira de 7 dias. Através destes resultados, pode-se inferir que as carnes apresentaram estabilidade oxidativa. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Scottá (2014), que também não observaram efeito nos valores de TBARS, analisados no Longissimus dorsi, de suínos alimentados com rações contendo diferentes níveis de EM (3100 a 3500 kcal/kg) com ractopamina na fase de terminação. Meng et al. (2010) também não observaram efeito dos níveis de EM sobre a oxidação lipídica para suínos machos castrados em terminação, alimentados com rações 3400 e 3500 kcal de Em/kg, com ou sem adição de probiótico.

Dunsha et al. (2005) e Trindade et al. (2008), correlacionaram valores de TBARS com resultados de análise sensorial com julgadores treinados e não treinados para avaliação de odor na carne suína. Segundo os autores, o limiar de detecção de odor corresponde a valores entre 0,5 e 1,0 mg MDA/kg, para provadores treinados, e 0,6 e 2,0 mg MDA/kg, para provadores não treinados. Assim, considerando o valor médio de oxidação lipídica encontrado nesse estudo (0,770 mg MDA/kg de amostra para o tempo de prateleira de 7 dias), pode classificar a carne neste estudo como normal.

## CONCLUSÃO

Rações com 3405 kcal/kg de energia metabolizável, correspondendo às relações com a lisina digestível de 2,75; 2,57 e 2,37 dos 95 aos 116, 116 aos 137 e dos 95 aos 158 dias de idade, respectivamente, resultam em melhor desempenho e características de carcaça, sem efeitos negativos na qualidade da carne de suínos machos castrados.

## REFERÊNCIAS

ANTUNES, M.V.L. et al. Influência da energia metabolizável em rações com baixo nível de proteína bruta para suínos em crescimento mantidos em estresse por calor sobre a qualidade da carne. VI Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal. Estância de São Pedro, São Paulo. Set, 2014.

AMSA - AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Meat evaluation handbook**. Savoy: 2001. 160p.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS - ABCS. **Método brasileiro de classificação de carcaças**. Estrela, RS, 1973.

BEAULIEU, A.D.; WILLIAMS, N.H.; PATIENCE, J.F. Responses to dietary digestible energy concentration in growing pigs fed cereal grain-based diets. **Journal of Animal Science**, v.87, p.965-976, 2009.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 301 p, 2006.

BRIDI, A.M. & SILVA, C.A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, v.1, 97p. 2007.

CHU, L.C. et al. Effect of dietary energy density on performance and lean deposition of growing-finishing pigs, **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.11, n.5, p.665-675, 2012.

CISNEROS, F. 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**, v.74, p.2566-2576, 1996.

DALLA COSTA, O.A. **Efeitos do manejo pré-abate no bem-estar e na qualidade de carne de suínos**. 2005, 96f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual de São Paulo – UNESP, Jaboticabal, SP.

DE LA LLATA, M. et al. Effects of dietary fat on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2643-2650, 2001.

DUNSHEA, F.R.; KING, R.H.; CAMPBELL, R.G. Interrelationships between dietary protein and ractopamine on protein and lipid deposition in finishing gilts. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2931-2941, 1993.

ETTLE, T. et al. Effect of apparent ileal digestible lysine to energy ratio on performance of finishing pigs at diferente dietary metabolizable energy levels. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.87, p.269-279, 2003.

GHAZALA, A. A. Influence of Dietary Energy and Poultry Fat on the Response of Broiler Chicks to Heat Therm. **Journal of Poultry Science**. 7: 355-359, 2008

GENTILCORE, D. et al. Effect of fat on gastric emptying of and the glycemic, insulin, and incretin responses to a carbohydrate meal and Type 2 diabetes. **J. Clin. Endocrinol. Metab.** 91:2062–2067, 2006.

GONÇALVES, L. M. P. et al. Níveis de energia líquida para suínos machos castrados em terminação. **Ciência Rural**, v. 45, p. 464–469, 2015.

GONÇALVES, L. M. P. et al. Níveis de energia líquida para suínos machos castrados em terminação. **Ciência Rural**, v. 45, p. 464–469, 2015. GONZALO, G.M. Rate of passage (transit time) as influenced by level of supplemental fat. **Poultry Science**, Champaign, v.61, p.94-100, 1982.

GRANDA, E. R. S. Relação lisina digestível: energia metabolizável em dietas para suínos dos 50 aos 100 kg de peso corporal. 2014. 74 f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista- Campus Botucatu, São Paulo.

HINSON, R.B. et al. Impact of dietary energy level and ractopamina on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs **Journal of Animal Science**, v.89, p.3725-3579, 2011.

INAGAKI, S. et al. Modulation of the Interaction between Neurotensin Receptor NTS1 and Gq Protein by Lipid. **Journal of Molecular Biology**. Volume 417, Issues 1–2, 16 March 2012, Pages 95–111.

IVERSEN, P. et al. Tenderisation of pork as affected by degree of cold-induced shortening. **Meat Science**, v.40, p.171-181, 1995.

JIN, Y.H. et al. Effect of dietary lysine restriction and energy density on performance, nutrient digestibility and meat quality in finishing pigs. **Asian-Australia Journal Animal Science**, v.23, n.9, p.1213-1220, 2010.

KANG, K.R.; CHERIAN, G.; SIM, J.S. Dietary palm oil alters the lipid stability of polyunsaturated fatty acid-modified poultry products. **Poultry Science**, v.80, p.228-234, 2001.

- KIL, D. Y. et al. Effect of the form of dietary fat and the concentration of dietary NDF on ileal and total tract endogenous losses and apparent and true digestibility of fat by growing pigs. **J. Anim. Sci.** 88:2959–2967, 2010.
- KIL, D.Y.; KIM, B.G.; STEIN, H.H. Feed Energy Evaluation for Growing Pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 26, p. 1205–1217, 2013.
- LÉTOURNEAU-MONTMINY, M. P. et al. Modeling the fate of dietary phosphorus in the digestive tract of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 3596–3611, 2011.
- MATTHEWS, J.O. et al. Effect of chromium propionate and metabolizable energy on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.191-196, 2003.
- MENG, Q.W. et al. Influence of probiotics in different energy and nutrient density diets on performance, nutrient digestibility, meat quality, and blood characteristics in growth growing-finishing pigs. **J. Anim Sci.**, 88, 3320-3326. doi: 10.2527/jas.2009-2308, 2010.
- MEZA, S. K. L. et al. Níveis de energia metabolizável e lisina digestível sobre a composição e rendimento de carcaça de frangos de corte. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 1079-1090, mar./abr. 2015
- MILLET, S. et al. Considerations on the performance of immunocastrated male pigs. **Animal**, v.5, p.1119-1123, 2011.
- MOEHN, S.; ATAKORA, J.; BALL, R.O. Using net energy for diet formulation: Potential for the Canadian pig industry. **Advances in Pork Production**, v. 116, p. 119–129, 2005.
- NRC, 2012. Nutrient Requirements of Swine. 11th Ed. National Academy Press, Washington, DC.
- PAIANO, D. et al. Relações treonina:lisina digestíveis e níveis de energia líquida para suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 2147–2156, 2008.

RAMOS, E. D. & GOMIDE, L. A. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa: Editora UFV, 2007. 599p.

REZENDE, W.O. et al. Níveis de energia metabolizável mantendo a relação lisina digestível:caloria em rações para suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1101-1106, 2006.

ROMERO, C. E. M.; ZANESCO, A. O papel dos hormônios leptina e grelina na gênese da obesidade. *Rev. Nutr.* vol.19, n.1, pp.85-91, 2006.

ROPPA, L. Carne suína: Mitos e Verdades. Primera jornada sobre calidad de carne porcina. Córdoba, Argentina, 23 set. 2005.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Viçosa: Editora UFV, 2011.

SAMPAIO, C. A. D. P. et al. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Ciência Rural**, v. 34, p. 785–790, 2004.

SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C.; VENTURINI, K. S. Características da Carne Suína. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 2007. 7p. (Boletim Técnico, PIE – UFES:00907).

SCOTTÁ, B. A. Níveis de energia metabolizável em dietas com ractopamina para suínos em fase final de terminação. 2014. 105 f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

SMITH, E. L. et al. *Bioquímica de mamíferos*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 620 p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. *SAS user's guide: statistics*. 5.ed. Cary: SAS Institute, 1985. 956p.

STEINERT, R.E. et al. Secretion of gastrointestinal hormones and eating control. **Journal of Animal Science**, v.91, p.1963-1973, 2013.

SUAREZ-BELLOCH, J. et al. Impact of increasing dietary energy level during the finishing period on growth performance, pork quality and fatty acid profile in heavy pigs. **Meat Science**, v.93, p.796-801, 2013.

TRINDADE, M.A. et al. Estabilidade oxidativa e microbiológica em carne de galinha mecanicamente separada e adicionada de antioxidantes durante período de armazenamento a -18°C. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p.160-68, 2008.

URBANO, T. Níveis de inclusão de óleo de soja na ração de frangos de corte criados em temperaturas termoneutra e quente. 2006. 70f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

VAN DER WAL, P.G. et al. Differences in quality characteristics of normal, PSE and DFD Pork. **Meat Science**, v.24, p.79-84, 1988.

WARRIS, P.D.; BROWN, S.N. The relationship between reflectance (EEL-value) and colour (L\*) in pork loins. **Animal Science**, v.61, p.145-147, 1995.

YOKOO, M.J.I. et al. Correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassom em bovinos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 197-202, 2009.

YI, X.W. et al. Influence of dietary net energy content on performance of growing pigs fed low crude protein diets supplemented with crystalline amino acids. **Journal of Swine Health and Production**, v.18, n.6, p.294-300, 2010.

WILLIAMS, N.H. et al. The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. **Journal of Animal Science**, v.72, p.3152-3162, 1994.

ZHANG, G. J. et al. Effects of Dietary Net Energy Density and Standardized Ileal Digestible Lysine: Net Energy Ratio on the Performance and Carcass Characteristic of Growing-Finishing Pigs Fed Low Crude Protein Supplemented with Crystalline Amino Acids Diets. **Agricultural Sciences in China**, v. 10, p. 602–610, 2011.

ZENG, Z. et al. Effects of dietary digestible energy concentration on growth, meat quality, and PPAR $\gamma$  gene expression in muscle and adipose tissues of Rongchang piglets. **Meat Science**, v.90, p.66-70, 2012.