

LIVIA MARIA DOS REIS BARBOSA

**ENERGIA LÍQUIDA EM RAÇÕES COM REDUÇÃO DE  
PROTEÍNA BRUTA PARA SUÍNOS DOS 60 AOS 110 kg**

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

B238e  
2016  
Barbosa, Lívia Maria dos Reis, 1991-  
Energia líquida em rações com redução de proteína bruta  
para suínos dos 60 aos 110 kg / Lívia Maria dos Reis Barbosa. –  
Viçosa, MG, 2016.  
xi, 49f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Alysson Saraiva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Suíno - Alimentação e rações. 2. Nutrição animal.  
3. Proteínas na alimentação animal. I. Universidade Federal de  
Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-graduação  
em Zootecnia. II. Título.

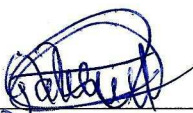
CDD 22. ed. 636.4

LIVIA MARIA DOS REIS BARBOSA

**ENERGIA LÍQUIDA EM RAÇÕES COM REDUÇÃO DE  
PROTEÍNA BRUTA PARA SUÍNOS DOS 60 AOS 110 kg**

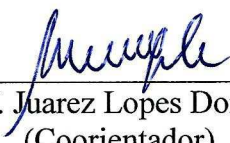
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 de fevereiro de 2016



---

Prof. Gabriel Cipriano Rocha



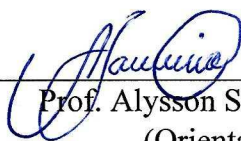
---

Prof. Juares Lopes Donzele  
(Coorientador)



---

Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva  
(Coorientador)



---

Prof. Alysson Saraiva  
(Orientador)

À Deus, “Àquele que é poderoso para fazer tudo muito mais abundantemente além daquilo que pedimos ou pensamos.” (Efésios, 3:20).

Aos meu pais Neusa e José pelo amor incondicional.

Aos meus irmãos Maísa e Marcus pela força e carinho.

Ao Vanderlei pelo amor e cumplicidade.

A minha família por ser a base da minha existência.

Aos amigos pelo apoio e companheirismo

A vocês dedico este trabalho e todas as conquistas que virão

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que sempre me cobriu de bênçãos e me possibilitou mais essa conquista.

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

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

À Agroceres Multimix Nutrição Animal, pela parceria na realização deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro.

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

A professora Melissa Hannas pelo apoio na condução deste trabalho.

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

Ao professor “Juquinha” pelo rosto sempre alegre, por todos os conselhos, ensinamentos e risadas.

Aos demais professores que contribuíram com a maior riqueza que alguém pode receber: o conhecimento.

A minha mãe e ao meu pai, Neusa e José por acreditarem em meus sonhos e sempre se esforçarem ao máximo para que estes se tornem realidade.

Aos meus irmãos Maísa e Marcus, pelo carinho e apoio.

Ao Vanderlei, pelo companheirismo e incentivo em todos os momentos.

Aos amigos e colegas de trabalho, da suinocultura e da Zootecnia: Soraia, Camila, Débora, Maísa, Dante, Marcos, Amon, Gean, Igor, Maykelly, Pedro, Ana Carla, Miliane, Leo, Cimara, Tamara, Igor, Roberta e Raquel.

Especialmente a Soraia e a Camila que estiveram presentes durante toda a realização deste trabalho, pela presteza e amizade.

Ao Gabriel e ao Jorge, por serem grandes amigos e estarem sempre disponíveis nas horas em que precisei.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, pela amizade e inestimável ajuda na realização deste trabalho.

A todos estes, agradeço por mais esta vitória.

## **BIOGRAFIA**

LIVIA MARIA DOS REIS BARBOSA, filha de José Miranda Barbosa e Neusa Maria dos Reis Barbosa, nasceu no dia 04 de Julho de 1991 em Ponte Nova, Minas Gerais.

Em março de 2009, iniciou o curso de Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa - UFV, colando grau em março 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 19 de fevereiro de 2016 para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Utilização da energia pelos suínos.....	3
2.2. Sistema de energia líquida.....	4
2.3. Energia líquida e redução de proteína bruta em rações para suínos.....	6
2.4. Efeitos dos níveis de energia líquida e proteína bruta da ração sobre o desempenho de suínos.....	8
2.5. Efeitos dos níveis de energia líquida e proteína bruta da ração sobre as características de carcaça de suínos.....	11
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13

## CAPÍTULO I

### **ENERGIA LÍQUIDA EM RAÇÕES COM REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA PARA SUÍNOS DOS 60 AOS 90 kg**

Resumo.....	18
Abstract.....	19
Introdução.....	20
Material e Métodos.....	22
Resultados e Discussão.....	25
Conclusão.....	30
Referências bibliográficas.....	31

## CAPÍTULO II

### **ENERGIA LÍQUIDA EM RAÇÕES COM REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA PARA SUÍNOS DOS 90 AOS 110 kg**

Resumo.....	34
Abstract.....	35
Introdução.....	36
Material e Métodos.....	37
Resultados e Discussão.....	40
Conclusão.....	45
Referências bibliográficas.....	46

## LISTA DE TABELAS

### ENERGIA LÍQUIDA EM RAÇÕES COM REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA PARA SUÍNOS DOS 60 AOS 90 kg

<b>Tabela 1</b> - Composição de ingredientes e valores nutricionais das rações experimentais fornecidas aos suínos dos 60 aos 90 kg.....	23
<b>Tabela 2</b> - Níveis de proteína bruta (PB), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) das rações fornecidas aos suínos dos 60 aos 90 kg submetidos aos tratamentos 1 (T1), 2 (T2), 3 (T3) e 4 (T4).....	24
<b>Tabela 3</b> - Peso médio inicial (PI), peso médio final (PF), consumo de ração médio diário (CRD), consumo de energia líquida (CEL), consumo de lisina diário (CLD), ganho de peso médio diário (GPD) e conversão alimentar (CA) de suínos dos 60 aos 90 kg em função dos níveis de energia líquida (EL) e proteína bruta (PB) da ração.....	26
<b>Tabela 4</b> - Área de olho de lombo (AOL) e espessura de toucinho (ET) de suínos dos 60 aos 90 kg em função dos níveis de energia Líquida (EL) e proteína bruta (PB) da ração.....	28

### ENERGIA LÍQUIDA EM RAÇÕES COM REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA PARA SUÍNOS DOS 90 AOS 110 kg

<b>Tabela 1</b> - Composição de ingredientes e valores nutricionais das rações experimentais fornecidas aos suínos dos 90 aos 110 kg.....	38
<b>Tabela 2</b> - Níveis de proteína bruta (PB), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) das rações fornecidas aos suínos dos 90 aos 110 kg submetidos aos tratamentos 1 (T1), 2 (T2), 3 (T3) e 4 (T4) .....	39
<b>Tabela 3</b> - Peso médio inicial (PI), peso médio final (PF), consumo de ração médio diário (CRD), consumo de energia líquida (CEL), consumo de lisina diário (CLD), ganho de peso médio diário (GPD) e conversão alimentar (CA) de suínos dos 90 aos 110 kg em função dos níveis de energia líquida (EL) e proteína bruta (PB) da ração.....	41
<b>Tabela 4</b> - Área de olho de lombo (AOL) e espessura de toucinho (ET) de suínos dos 90 aos 110 kg em função dos níveis de energia líquida (EL) e proteína bruta (PB) da ração.....	43

## RESUMO

BARBOSA, Livia Maria dos Reis, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2016. **Energia líquida em rações com redução de proteína bruta para suínos dos 60 aos 110 kg.** Orientador: Alysson Saraiva. Coorientadores: Juarez Lopes Donzele e Francisco Carlos de Oliveira Silva.

Dois experimentos foram conduzidos para avaliar os efeitos da redução da proteína bruta (PB) da ração, corrigindo-se ou não os níveis de energia líquida (EL), sobre o desempenho e características de carcaça de suínos. No experimento I, foram utilizados 72 suínos híbridos comerciais, machos castrados, selecionados para deposição de carne, com peso inicial de  $60,0 \pm 2,41$  kg. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (T1 - 17,85% de PB e 2589 kcal de EL/kg; T2 - 13,40% de PB e 2631 kcal de EL/kg; T3 - 13,40% de PB e 2589 kcal de EL/kg; T4 - 13,40% de PB e 2589 kcal de EL/kg, alimentação pareada ao T1), nove repetições e dois animais por unidade experimental. No experimento II, foram utilizados 64 suínos, híbridos comerciais, machos castrados, selecionados para deposição de carne, com peso inicial de  $90 \pm 2,96$  kg. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (T1 - 16,62% de PB e 2604 kcal de EL/kg; T2 - 12,34% de PB e 2645 kcal de EL/kg; T3 - 12,34% de PB e 2604 kcal de EL/kg; T4 - 12,34% de PB e 2604 kcal de EL/kg, alimentação pareada ao T1), oito repetições e dois animais por unidade experimental. No experimento I, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de PB e de EL da ração sobre os parâmetros de desempenho (peso médio final, PMF; consumo de ração médio diário, CRD; ganho de peso médio diário, GPD; conversão alimentar, CA; consumo de energia líquida, CEL e consumo de lisina digestível, CLD) e de características de carcaça (área de olho de lombo, AOL e espessura de toucinho, ET) avaliados. No experimento II, Os suínos alimentados com a ração com 12,34% de PB e 2645 kcal de EL/kg tiveram maior ( $P < 0,05$ ) GPD comparado aos animais alimentados com ração sem redução de PB (16,62%) e 2604 kcal de EL/kg. Os animais que consumiram as rações contendo 12,34% de PB e 2604 kcal de EL/kg tiveram valor de GPD intermediário aos animais dos demais tratamentos. Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de PB e de EL da ração sobre os demais parâmetros de desempenho (PMF, CRD, CA, CEL e CLD) e de características de carcaça avaliados (AOL e ET). Para

suínos dos 60 aos 90 kg, a redução da PB da ração de 17,85 para 13,40%, mantendo-se ou não o nível de EL da ração, não compromete o desempenho, nem as características de carcaça dos animais. Para suínos dos 90 aos 110 kg, a redução da PB da ração de 16,62 para 12,34%, mantendo-se o mesmo nível de EL (2604 kcal/kg) da ração com 16,62% de PB, não compromete o desempenho nem as características de carcaça dos animais.

## ABSTRACT

BARBOSA, Livia Maria dos Reis, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2016. **Net energy in diets with reduced crude protein for pigs from 60 to 110 kg.** Adviser: Alysson Saraiva. Co-Advisers: Juarez Lopes Donzele and Francisco Carlos de Oliveira Silva.

Two experiments were conducted to evaluate the effects of low-crude protein diets with or without correction of net energy (NE) levels on swine performance and carcass traits. In the first experiment, 72 crossbred barrows selected for meat deposition with initial body weight of  $60.0 \pm 2.41$  kg were used. A randomized blocks experimental design with four treatments was used (T1 – 17.85% CP and 2,589 kcal NE/kg; T2 – 13.40% CP and 2,631 kcal NE/kg; T3 - 13.40% CP and 2,589 kcal NE/kg; T4 – 13.40% CP and 2,589 kcal NE/kg); nine replications with two animals each were used. There was no effect ( $P>0.05$ ) of CP and NE levels in the diet on the parameters evaluated. For swine weighing 60 to 90 kg, reduction from 17.85% to 13.40% in CP, while keeping the NE constant in 2,589 kcal/kg did not affect animal performance and carcass traits. In the second experiment, 64 crossbred barrows selected for meat deposition with initial weight of  $90.0 \pm 2.96$  kg were used. A randomized blocks experimental design with four treatments were used (T1 -16.60% CP and 2604 kcal NE/kg; T2 – 12.32% CP and 2,645 kcal NE/kg; T3 – 12.32% CP and 2,604 kcal de NE/kg; T4 – 12.32% de CP and 2,604 kcal NE/kg); eight replications with two animals each were used. Pigs fed the diet containing 12.34% CP and 2,645 kcal NE/kg had greatest ( $P<0.05$ ) average daily gain (ADG) compared to pigs fed the diet with no reduction on CP (16.62% CP and 2,604 kcal/NE kg). Diets containing 12.34% CP and 2,604 kcal/kg resulted in pigs having an intermediate ADG, compared to pigs in other treatments. There was no effect ( $P>0.05$ ) of dietary CP or NE levels on any other evaluated parameters. Reduction from 16.62% to 12.32% in CP, while keeping the NE level constant in 2,604 kcal/kg, did not affect animal performance and carcass traits of swine weighing 90 to 110 kg.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A energia não é considerada um nutriente, mas é necessária à todos os processos biológicos. Assim, uma adequada suplementação de energia e nutrientes tem papel fundamental na produção de suínos (Kil et al., 2013).

A estimativa do conteúdo energético das rações tem sido comumente baseada no seu valor de energia digestível (ED) ou de energia metabolizável (EM). Contudo, de acordo com a composição química dos alimentos presentes na ração, estes valores podem variar. Neste sentido, o sistema de mensuração de energia das rações baseado em energia líquida (EL) pode ser mais eficiente, considerando que descreve a energia consumida que o suíno realmente retém (Moehn et al., 2013).

Quando se adota os sistemas de ED e EM na formulação de rações com redução de proteína bruta (PB), o valor de energia é subestimado, pois, na realidade, os animais podem estar recebendo maior quantidade de energia “verdadeira” do que o esperado. Desse modo, para um adequado consumo de energia em rações com redução de PB, deve-se considerar o teor de EL, uma vez que, o excedente de energia pode acarretar em efeitos negativos nas características de carcaça de suínos. Rações formuladas com base no conceito de proteína ideal, devidamente suplementados com aminoácidos industriais e menor teor de PB, resultam em carcaças com maior teor de gordura (Kerr et al., 1995).

As diferenças na eficiência de utilização da EM entre os nutrientes estão associadas ao incremento calórico (IC) (Kil et al., 2013). O IC pode ser definido como a quantidade de calor liberado devido ao custo energético dos processos digestivos e metabólicos (Kerr et al. 2003), podendo variar de acordo com os nutrientes dos alimentos, sendo maior para a PB e fibra se comparado ao amido e gordura (Noblet & van Milgen, 2004).

Dentre os animais domésticos, os suínos são os mais sensíveis à alta temperaturas. Sabe-se que esta sensibilidade é devida a uma combinação de fatores, podendo-se citar, o sistema termorregulador deficiente, glândulas sudoríparas queratinizadas, presença de camada de gordura subcutânea e metabolismo intenso (Wolp et al., 2012). Neste sentido, reduzir o nível de PB da ração, diminuindo a produção de calor decorrente da desaminação do excesso de aminoácidos, síntese e

excreção de ureia na urina (Le Bellego et al., 2001), pode ser uma interessante estratégia para atenuar os efeitos negativos causados pelo estresse por calor de suínos criados em ambiente de temperaturas elevadas, uma condição comum em grande parte do Brasil.

Os custos com a alimentação são os de maior impacto na produção de suínos, sendo a energia considerada o componente com maior participação nestes custos (Létourneau-Montminy et al., 2011), dessa forma, a formulação de rações que atendam o mais próximo possível aos requerimentos dos suínos, deve ser preocupação constante por parte dos nutricionistas, de modo a reduzir os custos de formulação, sem comprometer o desempenho dos animais.

Rações com redução de PB reduzem a excreção de nitrogênio pelos suínos e diante da crescente preocupação social com a sustentabilidade do processo produtivo, faz-se necessário a formulação de rações com maior precisão, onde se reduza a excreção de poluentes, de modo a minimizar os impactos ambientais causados pelos resíduos da produção de suínos.

Desse modo, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos da redução da PB da ração, corrigindo-se ou não os níveis de EL, sobre o desempenho e características de carcaça de suínos dos 60 aos 90 kg e dos 90 aos 110 kg.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Utilização da energia pelos suínos

Assim como o princípio da conservação da matéria há o princípio da conservação da energia. Isso significa que a energia ingerida pelo animal pode ser utilizada ou perdida na forma de fezes, urina, gases ou como calor (Emmans, 1999).

A energia é gerada à partir da oxidação de moléculas orgânicas do alimento, não sendo considerada um nutriente. A água e os minerais presentes no alimento não contribuem como fonte de energia (Penz Júnior et al., 1999). Os carboidratos, os lipídeos, as proteínas (aminoácidos) e parte da fibra são os componentes dos alimentos que fornecem energia para o organismo animal.

A energia bruta (EB) contida no alimento ou dieta corresponde à energia liberada na forma de calor quando uma substância orgânica é submetida a combustão em bomba calorimétrica (McDonald et al., 2011). Os valores médios de EB dos carboidratos, proteína e lipídeos são, respectivamente, 4,2 kcal/g, 5,6 kcal/g, e 9,4 kcal/g (McDonald et al., 2011). Dessa forma, a EB contida no alimento pode ser estimada por meio da sua composição química. No entanto, a EB não fornece nenhuma indicação da energia disponível para os suínos (Kil et al. 2013).

Parte da energia da ração consumida e absorvida pelos suínos, pode ser utilizada para sua manutenção e a parte restante pode ser utilizada para síntese de tecidos (van Milgen & Noblet, 2003). Após a ingestão, apenas uma parte da EB do alimento pode ser absorvida, sendo que a porção remanescente será perdida nas fezes. Essa energia disponível para absorção no trato gastrointestinal do animal, se configura como a ED do alimento, sendo calculada através da diferença entre EB ingerida e EB perdida nas fezes (Gutierrez & Patiente, 2012). A EM, pode então ser calculada a partir da ED, considerando-se as perdas de energia na forma de urina e gases, contudo para animais monogástricos a perda na forma de gases é, na maioria das vezes, desconsiderada (Chiba, 2000). Por definição, a EM do alimento é uma estimativa da quantidade de energia que está disponível para os processos metabólicos (Just, 1982).

Em adição, de acordo com van Milgen & Noblet (2003), suínos em crescimento raramente retêm mais de 50% da EB ingerida. Porém, cerca de 90% dessa EB é

digerida, entretanto, nem toda essa energia estaria disponível para ser metabolizada, sendo perdida, na urina e gases e/ou na forma de calor.

Os sistemas de ED e EM, tendem a superestimar os valores de energia de alimentos fibrosos ou com elevada PB e subestimar os valores de energia dos alimentos com altas concentrações amido ou lipídeos (Noblet & van Milgen, 2004). Dessa forma, Le Bellego et al. (2002) e Wu et al. (2007), sugerem que o sistema de EL seria melhor se comparado aos sistemas de ED e EM na determinação do custo energético para um determinado ganho em suínos.

A exigência de energia de manutenção do animal é, essencialmente o seu requerimento de ATP. Entretanto, a eficiência desse processo varia entre os nutrientes, logo a exigência de EM de manutenção irá depender da eficiência de conversão do nutriente em ATP e da utilização deste, ambos com liberação de calor (van Milgen & Noblet, 2003). Então, a exigência de EM do animal é dependente da composição da dieta. Este problema pode ser parcialmente contornado com o uso do sistemas de EL, que usa o produção de calor (PC) no jejum como uma estimativa da energia requerida para a manutenção do animal (Noblet et al., 1994a).

## **2.2. Sistema de energia líquida**

A EL pode ser definida como o conteúdo de EM excluindo-se o IC associado com a eficiência de utilização metabólica da EM (Noblet, 2007). Através da medição do IC é possível determinar a EL do alimento. O sistema de EL, permite expressar, na mesma base, os requerimentos de energia pelo animal e os valores de energia da dieta (Noblet & van Milgen, 2004).

O IC, de modo geral, representa toda perda de energia na forma de calor durante os processos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes (Moehn et al. 2005). A energia do IC não é usada para os processos produtivos, mas pode ser utilizada para manter a temperatura corporal em condições de baixa temperatura ambiente (Sakomura & Rostagno, 2007). Contudo em ambientes de temperaturas elevadas, o IC pode potencializar os estado de estresse do animal.

De acordo com o NRC (1981), a PC do animal alimentado é composta pela PC decorrente do metabolismo basal, da atividade voluntária, da termorregulação, da digestão e absorção, da fermentação no aparelho digestório, da formação e excreção

de resíduos, e da formação de produtos. Porém, deve-se considerar que, a PC pode ser afetada pela temperatura ambiente e status de saúde do animal (van Milgen & Noblet, 2003).

A mensuração da PC no jejum corresponde à exigência de EL para manutenção, bem como, a diferença entre a PC de calor do animal alimentado e a PC de calor do animal no jejum corresponde ao IC (Moehn et al., 2013). Essa PC pode ser medida por meio de calorimetria indireta e através de abate comparativo (Kil et al., 2011, Ayoade et al., 2012). A realização dessa mensuração deve ser em ambiente termoneutro, 4 a 12 horas após o jejum, quando os animais estão em estado pós-absortivo e com mínimo de atividade física (Sakomura e Rostagno, 2007). Dessa forma, a EL do alimento pode ser mensurada pela diferença entre EM ingerida (quantificada considerando-se o consumo da ração e seu teor de EM determinado em ensaio metabólico) e o IC.

A razão entre EL e EM ( $k$ ;  $k_m$  para eficiência de utilização de EM para manutenção;  $k_g$  para eficiência de utilização de EM para crescimento;  $k_p$  para eficiência de utilização de EM para deposição de proteína;  $k_f$  para eficiência de utilização de EM para deposição de gordura) corresponde a eficiência de utilização da EM para EL (van Milgen & Noblet, 2003).

Essa eficiência na utilização da EM para EL, funciona, por exemplo, da seguinte maneira, quando os suínos em crescimento e terminação são alimentados acima de suas exigências de energia para manutenção, apenas uma parte da EM adicional para produção ( $\Delta EM_p$ ) é retida no corpo (EL para produção,  $EL_p$ ) a outra parte correspondente ao IC é perdida na forma de calor ( $IC_p$ ) (Noblet et al., 2007; Gutierrez & Patiente, 2012). A eficiência de utilização da EM para produção ( $k_g$ ) corresponde a relação  $(\Delta EM_p - IC_p)/\Delta EM_p$ . Similarmente, se a suplementação de energia é menor do que a requerida para manutenção, a energia adicional para manutenção ( $\Delta EM_m$ ) é utilizada para prevenir as perdas de reservas energéticas corporais associadas a uma certo incremento calórico ( $IC_m$ ). Assim, a eficiência da utilização da EM ( $k_m$ ) corresponde a  $(\Delta EM_m - IC_m)/\Delta EM_m$  (Noblet et al., 2007). O  $k_m$  seria, portanto, a eficiência da utilização da energia da dieta em relação ao uso de energia a partir de reservas do corpo para cobrir a exigência de energia de manutenção do animal (Van Milgen & Noblet, 2003). Mas, na prática, apenas a quantidade de total de energia retida (ER) ou produção total de calor (PC) podem ser diretamente medidos em animais,

assim o kg e o km ou o ICp e o ICm são estimados à partir da ER ou PC e pela EM ingerida (Van Milgen & Noblet, 2003). A ELM de uma dieta é o produto de EM e km (Emmans, 1999).

A eficiência energética pode aumentar quando adicionamos alimentos nas rações ricos em gordura e amido e diminuir com a adição de fibra e proteína (Noblet et al, 1994a, b). Essa eficiência pode ser aumentada em até 90% e 82% quando utilizamos alimentos nas rações ricos em gordura e amido, respectivamente, e pode ser diminuída em aproximadamente 60% quando usamos alimentos ricos em fibra e proteína (Noblet & van Milgen, 2004).

Apesar dos lipídeos serem quantitativamente, a mais importante forma de armazenamento de energia no corpo, a energia fornecida através da alimentação se dá, principalmente na forma de amido (van Milgen & Noblet, 2003). Porém a eficácia da conversão do amido em lipídeo é de 84% (Baldwin, 1995), assim sendo, para esta conversão, pelo menos 16% da energia é perdida na forma de calor (van Milgen & Noblet, 2003).

As diferenças estão relacionadas ao IC que pode variar de acordo com os tipos de produção (manutenção, crescimento, produção de leite, deposição de proteína e gordura, etc.), características químicas da dieta (Noblet et al., 2007) e processos físicos e químicos no animal, envolvendo a mastigação, digestão, absorção e metabolismo do alimento ingerido (Brody, 1945). Como por exemplo, o IC tende a ser menor quando os animais são alimentados para atender suas exigências de manutenção e também inferior quando a EM é utilizada para depositar gordura ao invés de proteína. (Sakomura & Rostagno, 2007).

Enquanto as medições dos valores de ED e EM são fáceis e podem ser realizadas em um grande número de alimentos a um custo razoável, a medição da EL é complexa e cara, pois é necessário que sejam feitos vários ensaios para estimar a EL de diferentes rações e a partir dessas estimativas elaborar equações para estimar os valores de EL dos alimentos.

### **2.3. Energia líquida e redução de proteína bruta em rações para suínos**

De acordo com Noblet (2007), a eficiência da utilização do sistema de EL pode ser justificada por ser um sistema de energia em que os requerimentos são mais

independentes das características da dieta, visto que leva em consideração a metabolização dos nutrientes.

Este efeito pode ser evidenciado em estudos em que são fornecidas rações com o mesmo teor de EM e diferentes teores de EL, como por exemplo, rações formuladas ou não com redução de PB. As rações formuladas com redução de PB estão associadas à redução da perda de energia se comparado a rações com nível elevado de PB (Le Bellego et al., 2001). Gutierrez & Patiente (2012), reportaram que quando proteína e acetato são usados como fonte de energia para produção de ATP, a perda de calor é, respectivamente 28 e 18% maior se comparado a glicose.

A formulação de rações com base no sistema de EL e redução de PB com a adição de aminoácidos industriais, proporciona melhora na utilização da energia. Isso porque, quando o nível de PB da ração é reduzido há uma diminuição da desaminação do excesso de aminoácidos, síntese e excreção de ureia na urina (Kerr & Easter 1995, Le Bellego et al., 2001), o que também auxilia na redução da produção de calor dos suínos. Dessa forma, a redução do nível de PB da ração pode acarretar em melhora na eficiência de utilização da EM, com consequente aumento da EL e redução no estresse por calor de suínos em crescimento e terminação criados em ambientes de temperaturas elevadas, uma condição comum em quase todo o Brasil.

Le Bellego et al. (2001), Noblet et al. (2001) e van Milgen et al. (2001) observaram que rações com redução de PB e níveis mais elevados de EL aumentam a eficiência de utilização de EM da dieta e diminuem a PC pelos suínos. Além da redução de PB, a inclusão de fontes lipídicas também contribuem para reduzir o IC. Rações com PB reduzida e/ou alto conteúdo de lipídeos podem ser consideradas como rações de baixo IC. Essas rações são melhores toleradas pelos animais sobre condições de estresse pelo calor (Renaudeau et al, 2001; Le Bellego et al, 2002).

Os lipídeos reduzem a velocidade do trânsito da digesta pelo TGI (Adeola & Orban, 1995). Este efeito pode estar relacionado ao mecanismo de ação da colecistoquinina. Este hormônio é estimulado pela presença de ácidos graxos e proteína no duodeno (Forssten et al., 2013), reduzindo a motilidade e o esvaziamento gástrico e conseqüentemente, aumentando a taxa e passagem da digesta, o que possibilita maior tempo para a digestão e absorção dos nutrientes (Donzele et. al.,

1998; Jakob et al., 2000). A colecistoquinina é considerada o mais potente estimulador de secreção do pâncreas exócrino (Jakob et al., 2000).

Le Bellego et al. (2001) relataram que rações com PB reduzida, devidamente suplementadas com aminoácidos, podem, além de manter o desempenho dos suínos, proporcionar uma maior vantagem econômica se comparada a rações com PB elevada.

Além dos benefícios acima citados, rações formuladas com redução de PB, devidamente suplementadas com aminoácidos, estão relacionadas a redução da excreção de nitrogênio pelos suínos. Moehn et al. (2013) em estudo sobre redução de PB nas rações para suínos em terminação, verificaram diminuição na excreção de nitrogênio nas fezes e urina (quatro vezes menor) de animais que receberam rações com baixa PB em relação aos que receberam rações com alta PB. Ainda neste mesmo estudo, estes autores observaram que a ingestão de nitrogênio tem efeito linear negativo sobre o conteúdo de EL da dieta.

#### **2.4. Efeitos dos níveis de energia líquida e proteína bruta da ração sobre o desempenho de suínos**

Vários autores têm demonstrado que os suínos podem ajustar seu CRD ao longo de uma vasta gama de concentrações de energia da dieta para manter um consumo diário de energia constante (Kil et al. 2011; Gonçalves et al. 2015). Porém outros nutrientes como os aminoácidos, podem interferir no CRD (Henry et al., 1992; Quiniou et al., 1995).

Os valores de consumo de energia devem então, ser utilizados para predição do consumo alimentar dos suínos e subsequente determinação dos nutrientes essenciais da dieta, mantendo uma determinada relação energia:nutriente (por exemplo, aminoácidos) (Kil et al., 2013). Wu et al. (2007) observaram redução linear no CRD quando foi aumentada a concentração energética da ração, contudo não observaram diferenças no consumo de EL (CEL) de suínos dos 60,6 aos 98,4 kg.

De acordo com Bikker et al. (1996a; 1996b), durante o período de 45 a 80 kg, o crescimento dos suínos é dependente da concentração energética das rações, sendo que o consumo de energia é limitado pela capacidade de consumo de ração, podendo resultar em mudanças no ganho de peso pelo animal. Por outro lado, De la Llata et al. (2001), Rezende et al. (2006) e Wu et al. (2007), reportaram que no período de

terminação, o ganho de peso de suínos é mais independente da concentração energética da ração, sendo que os animais são capazes de regular o consumo de energia através da adequação do consumo voluntário de ração.

Zhang et al. (2011) verificaram que a redução de PB (14%) e diferentes níveis de EL (2348, 2398 e 2448 kcal/kg) na ração de suínos em crescimento e terminação, tiveram efeito no ganho de peso médio diário (GPD) (menor dos animais que receberam rações com 2348 kcal/kg) e não influenciaram o CRD dos suínos.

Saraiva et al. (2014), avaliando o efeito do nível de EL em rações com redução de PB suplementadas com aminoácidos industriais sobre o desempenho de suínos machos castrados de 60 a 95 kg, observaram que o GPD dos animais que receberam rações com 15,5% de PB e 2566 kcal de EL/kg foi similar aos que receberam 15,5% de PB e 2631 kcal de EL/kg, entretanto foi maior se comparado com os que receberam 19,9% de PB e 2566 kcal de EL/kg. Não houve influência no CRD, conversão alimentar (CA), consumo de lisina digestível (CLD) e no CEL.

No mesmo estudo Saraiva et al. (2014), observaram GPD, CRD e CLD semelhantes dos animais que receberam rações com 14,5% de PB e 2588 kcal de EL/kg se comparado aos animais que receberam 14,5% de PB e 2638 kcal de EL/kg, entretanto, maiores em relação aos animais que receberam rações com 18% de PB e 2588 kcal de EL/kg. Neste estudo, Saraiva et al. (2014), constataram maior CEL de suínos alimentados com PB reduzida, não havendo efeito na CA dos animais.

Gonçalves et al. (2015), em avaliação sobre diferentes níveis de EL (de 2300 a 2675 kcal/kg) nas rações de suínos machos castrados em terminação, não observaram efeito dos níveis de EL no peso final dos animais, contudo, verificaram redução no CRD, CLD e na CA em razão do aumento da EL. Da mesma forma, Paiano et al. (2008) reportaram redução do CRD e melhora na CA de machos castrados e fêmeas em crescimento e terminação em decorrência do aumento na concentração de EL (de 2410 a 2570 kcal/kg) na ração desses animais. Em contrapartida, Moura et al. (2011) não observaram efeito nas variáveis de desempenho ao avaliarem o efeito dos níveis de EL (2300, 2425, 2550, 2675 kcal/kg) nas rações para leitoas em terminação sob conforto térmico. Wu et al. (2007), ressaltaram a importância da adequação da concentração energética da ração à capacidade limitada de consumo dos suínos, para que estes possam atender seus requerimentos energéticos.

O consumo de ração dos suínos também pode ser influenciado pelo estresse por calor, prejudicando o desempenho dos animais. De acordo com Wolp et al. (2012), o controle do ambiente térmico parece ser a alternativa mais viável para obtenção de resultados satisfatórios na produção de suínos em regiões e/ou períodos quentes. No entanto, algumas estratégias nutricionais podem ajudar na redução dos impactos negativos causados pelo calor excessivo. Dentre essas práticas, pode-se citar a redução do teor de PB das rações.

Le Bellego et al. (2002), observaram redução no CRD e no CEL de suínos dos 27 aos 64 kg com o aumento da temperatura ambiente de 22 para 29°C, prejudicando o GPD dos animais em 10%. Dessa forma, estes suínos precisaram de mais 4 dias para alcançarem 64 kg. Neste mesmo estudo, Le Bellego et al. (2002), reportaram efeito ainda mais negativo do aumento de temperatura de 22 para 29°C para suínos dos 64 aos 100 kg, com redução de 17% no CRD e redução de 16% no GPD. Os suínos submetidos a estresse por calor necessitaram de 7 dias a mais para alcançar 100 kg. Ainda neste mesmo trabalho, foi constatado que rações com redução de PB, suplementadas com aminoácidos, melhoram a CA de suínos em crescimento e terminação. Neste aspecto, a melhora mais pronunciada na CA, foi observada em suínos em terminação alimentados com rações com redução de PB de 17,6 para 13,8% e submetidos ao ambiente de 29°C, demonstrando que o estresse por calor pode ser mais prejudicial para suínos em fase de terminação.

Contudo, Deng et al. (2007), observaram que a redução de mais de 4% (18,2 para 13,6%) nos níveis de PB da ração, suplementadas com lisina, metionina e treonina, reduz a secreção de IGF-I, tecido muscular esquelético e o desempenho, enquanto aumenta a espessura de toucinho de suínos machos castrados em crescimento. Estes autores relataram que tais resultados podem estar relacionados à possível deficiência de outros aminoácidos essenciais e/ou não essenciais.

Por outro lado, Le Bellego et al. (2002) verificaram que a redução na PB em rações de suínos em crescimento (de 20,3 para 16,3 %) e terminação (17,6 para 13,8%), devidamente suplementadas com aminoácidos industriais, não prejudica o desempenho e composição de carcaça dos suínos em ambiente termoneutro, desde que seja mantida a relação ideal entre aminoácidos essenciais e EL. Neste mesmo estudo,

os autores observaram que a redução em 4% no teor de PB da ração, reduz a excreção de nitrogênio em 37%.

O desequilíbrio do conteúdo de aminoácidos das rações pode levar a prejuízos no desempenho dos suínos (Wolp et al., 2012). Dessa forma, a suplementação das rações com aminoácidos industriais em rações formuladas com base no sistema de EL com redução de PB são de extrema importância, principalmente se levarmos em consideração a necessidade de adequação da dieta aos sistemas atuais de produção de suínos que trabalham com animais de alto potencial genético de deposição proteica e baixo consumo de ração.

## **2.5. Efeitos dos níveis de energia líquida e proteína bruta da ração sobre as características de carcaça de suínos**

Quando se adota o conceito de ED e EM na formulação de rações com redução de PB, o valor de energia é subestimado e pode estar associado a carcaças mais gordas, pois, na realidade, os animais podem estar recebendo maior quantidade de energia “verdadeira” do que o esperado.

Zhang et al. (2011) relataram que quando há redução de PB da ração, mais EL será depositada como gordura devido à redução da energia perdida na desaminação do excesso de aminoácidos, síntese e excreção de ureia na urina, com consequente redução do IC da ração. Kerr et al. (1995) e Le Bellego et al. (2001), observaram maior deposição de gordura na carcaça de suínos alimentados com rações com PB reduzida. Estes autores reportaram que a utilização do sistema de EL na formulação das rações de baixa PB, devidamente suplementadas com aminoácidos, pode evitar tal deposição indesejável de gordura na carcaça.

Gonçalves et al. (2015), ao avaliarem níveis de EL (2300 2425 2550 e 2675 kcal/kg) nas rações para suínos machos castrados em terminação, não verificaram influência dos níveis de EL das rações sobre as características de carcaça do animais (peso de carcaça quente, comprimento de carcaça, profundidade de músculo, espessura de toucinho, porcentagem de carne magra, kg de carne magra e índice de bonificação).

Paiano et al. (2008), em estudo sobre os níveis de EL (2410, 2450, 2490; 2530, 2570 kcal/kg) em rações com PB reduzida (14,7%) observaram aumento linear crescente sobre a espessura de toucinho e deposição de gordura abdominal na carcaça

de suínos em crescimento com o aumento dos níveis de EL da dieta. Em contrapartida, Barbosa et al. (2003), em estudo sobre a qualidade da carcaça de suínos em terminação alimentados com dois níveis de energia na dieta (2083 e 2252 kcal/kg), verificaram efeito positivo do aumento do nível de EL da dieta sobre o rendimento de carcaça, não observando efeito do nível de EL sobre a espessura de toucinho e nem sobre a relação carne:gordura da carcaça.

Em estudo de Saraiva et al. (2014), os níveis de PB e EL não influenciaram as características de carcaça (quantidade de carne na carcaça e espessura de toucinho) de suínos dos 60 aos 95 kg. No mesmo estudo com suínos machos castrados dos 95 aos 120 kg, Saraiva et al. (2014) observaram que a quantidade de carne na carcaça para os níveis de 14,5% de PB e 2638 kcal de EL/kg foi semelhante aos níveis 14,5% de PB/kg e 2588 kcal de EL/kg, entretanto foi maior se comparado aos níveis de 18% de PB e 2588 kcal de EL/kg. Em contrapartida, Zhang et al. (2011) verificaram que a redução de PB (14%) e diferentes níveis de EL (2348, 2398 e 2448 kcal/kg) da ração não tiveram efeito nas características de carcaça (peso da carcaça quente, rendimento de carcaça, área de olho de lombo, espessura de toucinho, porcentagem de carne magra e porcentagem de gordura na carcaça) de suínos em terminação.

As respostas de desempenho e características quantitativas e qualitativas de carcaça 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). De acordo com Le Bellego et al. (2001, 2002) a utilização do sistema de EL na formulação de rações com redução de PB, devidamente suplementadas com aminoácidos, pode evitar a piora na qualidade da carcaça pelo aumento da deposição de gordura.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOLA, O.; ORBAN, J. Chemical composition and nutrient digestibility of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) fed to growing pigs. **Journal of Cereal Science**, v. 22, p. 177–184, 1995.

AYOADE, D.I.; KIARIE, E.; NETO, T. et al. Net energy of diets containing wheat-corn distillers dried grains with soluble as determined by indirect calorimetry, comparative slaughter, and chemical composition methods. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 4373–4379, 2012.

BARBOSA, H.C.A.; VIEIRA, A.A.; ALMEIDA, F.Q. et al. Qualidade da carcaça de suínos em terminação alimentados com diferentes níveis de restrição alimentar e de energia na dieta. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia** [online]. vol.55, p. 606-614. 2003. Disponível em:[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352003000500015&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352003000500015&script=sci_arttext)>. Acessado em: 10/01/2016.

BIKKER, P.; VERSTEGEN, M.W.A.; CAMPBELL, R.G. Performance and body composition of finishing gilts (45 to 85 kilogramas) as affected by energy intake and nutrition in earlier life: II. Protein and lipid accretion in body components. **Journal of Animal Science**, v.74, p.817-826, 1996a.

BIKKER, P.; VERSTEGEN, M.W.A.; KEMP, B. et al. Performance and body composition of finishing gilts (45 to 85 kilogramas) as affected by energy intake and nutrition in earlier life: I. Growth of the body and body components. **Journal of Animal Science**, v.74, p.806-816, 1996b.

BRODY, S. **Bioenergetics and Growth**. Publisher: Reinhold Publishing Corporation, New York, 1945.

CHIBA, L.I. **Feeding systems for pigs**. In: M. K. Theodorou, and J. France (ed.) Feeding Systems and Feed Evaluation Models. CABI Publishing, Wallingford, UK. p. 181–209, 2000.

DE LA LLATA, M.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D. et al. Effect 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.

DENG, D.; LI, AI- KE.; CHU, W.X. et al. Growth performance and metabolic responses in barrows fed low-protein diets supplemented with essential amino acids. **Livestock Science**, v. 109, p.224–227, 2007.

DONZELE, J.L.; SILVA, F.C.O; FERREIRA, A.S. et al. Digestibilidade e Metabolizabilidade da Energia de Rações com Diferentes Níveis de Óleo de Soja para Suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, p. 922–927, 1998.

EMMANS, G.C. **Energy flows**. In: Kyriazakis I, editor. *A Quantitative Biology of the Pig*. CABI Publishing; Wallingford, UK. p. 363–377. 1999

FORSSTEN, S.D.; KORCZYŃSKA, M.Z.; ZWIJSEN, R.M.L. et al. Changes in satiety hormone concentrations and feed intake in rats in response to lactic acid bacteria. **Appetite**, v. 71, p. 16–21, 2013.

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

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.

HENRY, Y.; COLLÉAUX, Y.; SÈVE, B. Effects of dietary level of lysine and of level and source of protein on feed intake, growth performance, and plasma amino acid pattern in the finishing pig. **Journal of animal science**, v. 70, p. 188–195, 1992.

JAKOB, S.; MOSENTHIN, R.; SAUER, W.C. The influence of lipids on exocrine pancreatic secretions in pigs - Review-. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, v. 13, p. 711–719, 2000.

JUST, A. The net energy value of crude (catabolized) protein for growth in pigs. **Livestock Production Science**. v.9, p.569–580, 1982.

KERR, B. J.; EASTER, R.A. Effect of Feeding Reduced Protein, Amino Acid-Supplemented Diets on Nitrogen and Energy Balance in Grower Pigs. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 3000–3008, 1995.

KERR, B.J.; SOUTHERN, L.L.; BIDNER, T.D. et al. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing-finishing

- pig performance and carcass composition. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 3075–3087, 2003.
- KERR, B.J.; MCKEITH, F.K.; EASTER, R.A. Effect of performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v.73, p.433-440, 1995.
- KIL, D. Y.; JI, F.; STEWART, L. L. et al. Net energy of soybean oil and choice white grease in diets fed to growing and finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 448–459, 2011.
- 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.
- LE BELLEGO, L., VAN MILGEN, J.; Dubois, S. et al. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 1259–1271, 2001.
- LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Effect of high temperature and low-protein diets on the performance of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 691–701, 2002.
- LÉTOURNEAU-MONTMINY, M. P. NARCY, A.; LESCOAT, 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.
- MCDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D. et al. Evaluation of foods: energy content of foods and energy partition within the animal **In: Animal Nutrition**. 7 ed. Pearson, UK. p. 254-280, 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.
- MOEHN, S.; LEVESQUE, C.L.; BALL, R.O. Protein intake but not feed intake affects dietary energy for finishing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 97, p. 197–204, 2013.

- MOURA, M.S.; KIEFER, C. SILVA, C.M. et al. Níveis de energia líquida e ractopamina para leitoas em terminação sob conforto térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1968–1974, 2011.
- NOBLET, J.; LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J. et al. Effects of reduced dietary protein level and fat addition on heat production and nitrogen and energy balance in growing pigs. **Animal Research**, v. 50, p. 227–238, 2001.
- 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.
- NOBLET, J., SHI, X. S.; DUBOIS, S. Effect of body weight on net energy value of feeds for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.648–657, 1994a.
- NOBLET, J.; CHAMPION, M. Effect of pelleting and body weight on digestibility of energy and fat of two corns in pigs. **Journal of Animal Science**. 81(Suppl. 1):140. (Abstr.) 2003.
- NOBLET, J.; FORTUNE, H.; SHI, X. S. et al. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.344–354, 1994b.
- NOBLET, J.; VAN MILGEN, J. Energy value of pig feeds: effect of pig body weight and energy evaluation system. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. E-Suppl., p. E229–E238, 2004.
- NUTRIENT REQUIREMENTS OF GOATS - NRC. Washington, D.C.: National Academy Press, p. 91, 1981.
- PAIANO, D.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C. 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.
- PENZ JÚNIOR, A.M.; KESSLER, A. M.; BRUGALLI, I. Novos conceitos de energia para aves. **In: Simpósio internacional sobre nutrição de aves, Campinas. Anais...** Campinas: FACTA, p.1-24, 1999.
- QUINIOU, N.; NOBLET, J. Prediction of Tissular Body Composition from Protein and Lipid deposition in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 1567–1575, 1995.

RENAUDEAU, D.; QUINIOU, N.; NOBLET, J. Effects of exposure to high ambient temperature and dietary protein level on performance of multiparous lactating sows. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 1240–1249, 2001.

REZENDE, W.O.; Oliveira, R.F.M.; Donzele, J.L. 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, p.1101-1106, 2006.

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

SARAIVA, A.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Net energy for 60 to 120kg pigs fed low-crude protein diets. **Ciência Rural**, v. 44, p. 1632–1638, 2014.

VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Partitioning of energy intake to heat, protein, and fat in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. E Suppl. 2, p. E86–E93, 2003.

VAN MILGEN, J.; NOBLET, J.; DUBOIS, S. Energetic efficiency of starch, protein and lipid utilization in growing pigs. **The Journal of nutrition**, v. 131, p. 1309–1318, 2001.

WOLP, R. C.; RODRIGUES, N.E.B.; ZANGERONIMO, M.G. et al. Soybean oil and crude protein levels for growing pigs kept under heat stress conditions. **Livestock Science**, v. 147, p. 148–153, 2012.

WU, Z. LI, D.; MA, Y. et al. Evaluation of energy systems in determining the energy cost of gain of growing-finishing pigs fed diets containing different levels of dietary fat. **Archives of Animal Nutrition**, v. 61, p. 1–9, 2007.

ZHANG, G. J. Yi, X. W.; CHU, L.C. 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.

## CAPÍTULO I

### ENERGIA LÍQUIDA EM RAÇÕES COM REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA PARA SUÍNOS DOS 60 AOS 90 kg

**Resumo** - Objetivou-se neste experimento avaliar os efeitos da redução da proteína bruta (PB) da ração, corrigindo-se ou não os níveis de energia líquida (EL), sobre o desempenho e características de carcaça de suínos dos 60 aos 90kg. Foram utilizados 72 suínos híbridos comerciais, machos castrados, selecionados para deposição de carne, com peso inicial de  $60,0 \pm 2,41$  kg. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (T1 - 17,85% de PB e 2589 kcal de EL/kg; T2 - 13,40% de PB e 2631 kcal de EL/kg; T3 - 13,40% de PB e 2589 kcal de EL/kg; T4 - 13,40% de PB e 2589 kcal de EL/kg, alimentação pareada ao T1), nove repetições e dois animais por unidade experimental. Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de PB e de EL da ração sobre os parâmetros de desempenho: peso médio final, consumo de ração médio diário, ganho de peso médio diário, conversão alimentar, consumo de energia líquida e consumo de lisina digestível e de características de carcaça: área de olho de lombo e espessura de toucinho avaliados. A redução da PB da ração de 17,85 para 13,40%, mantendo-se ou não o nível de EL, não compromete o desempenho nem as características de carcaça de suínos dos 60 aos 90 kg.

**Palavras-chave:** crescimento, desempenho, exigência, nutrição

## **NET ENERGY IN DIETS WITH REDUCED CRUDE PROTEIN FOR PIGS FROM 60 TO 90 kg**

**Abstract** - This experiment aimed at evaluating the effects of low-crude protein (CP) diets with or without correction of net energy (NE) levels on performance and carcass traits of swine weighing 90.0 to 110.0 kg. In this experiment, 72 crossbred barrows selected for meat deposition with initial weight of  $60.0 \pm 2.41$  kg were used. A randomized blocks experimental design with four treatments was used (T1 – 17.85% CP and 2,589 kcal NE/kg; T2 – 13.40% CP and 2,631 kcal NE/kg; T3 - 13.40% CP and 2,589 kcal NE/kg; T4 – 13.40% CP and 2,589 kcal NE/kg); nine replications with two animals each were used. There was no effect ( $P>0.05$ ) of CP and NE levels in the diet on the parameters evaluated. Reduction in CP from 17.85% to 13.40%, while keeping the level of NE constant in 2589 kcal/kg or not, did not affect performance or carcass traits of swine weighing 60.0 to 90.0 kg.

**Keywords:** growth, performance requirement, nutrition.

## Introdução

Os custos com a alimentação são os de maior impacto na produção de suínos, principalmente no que se refere às fontes energéticas. Portanto, alimentar os suínos o mais próximo possível de suas exigências nutricionais deve ser uma constante preocupação por parte dos nutricionistas para garantir máxima eficiência econômica da produção.

As rações práticas utilizadas pelos produtores de suínos no Brasil são, em sua maioria, a base de milho e farelo de soja e formuladas para atender à exigência de lisina digestível dos animais. Essas rações podem conter excesso de outros aminoácidos, resultando em rações com níveis proteicos acima das exigências dos suínos (Ferreira et al., 2003). A ingestão de excesso de aminoácidos resulta em maior produção de calor, podendo causar a redução do consumo de suínos criados em condições de temperaturas elevadas.

Desse modo, rações formuladas com proteína bruta (PB) reduzida, devidamente suplementadas com aminoácidos industriais, estão associadas a um melhor desempenho de suínos criados em ambientes quentes. Porém, rações formuladas com base no conceito de proteína ideal, com perfil adequado de aminoácidos e menor teor proteico, podem resultar em carcaças com maior teor de gordura (Kerr et al., 1995). Isso se deve ao menor incremento calórico (IC) dessas rações com conseqüente maior teor de energia líquida (EL).

A EL pode ser definida como o conteúdo de energia metabolizável do alimento, menos o seu IC (Noblet, 2007). O sistema de EL pode ser considerado mais eficiente se comparado aos sistemas de energia digestível e metabolizável, pois estima de forma mais acurada o teor de energia do alimento. Assim, a formulação de rações com redução de PB e com correção do teor de EL pode evitar piora nas características da carcaça suína pelo acúmulo de gordura.

A redução de PB aliada ao ajuste no conteúdo de EL nas rações para suínos, além de ser uma alternativa para redução dos custos de formulação, sem comprometer o desempenho e as características de carcaça dos animais, também pode reduzir de forma significativa a excreção de nitrogênio, contribuindo na redução dos impactos ambientais causados pelos dejetos dos suínos.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar os efeitos da redução da PB da ração, corrigindo-se ou não os níveis de EL, sobre o desempenho e características de carcaça de suínos dos 60 aos 90 kg.

## 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 55/2014, e conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da UFV.

Foram utilizados 72 suínos híbridos comerciais, machos castrados, selecionados para deposição de carne, com peso inicial de  $60,0 \pm 2,41$  kg. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, nove repetições e dois animais por unidade experimental.

Os animais foram alojados em baias com piso de concreto e parede de alvenaria, dotadas de comedouros manuais e bebedouros tipo chupeta, localizadas em galpão coberto com telhas de cerâmica. As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas às 16h por meio de termômetros de máxima e mínima, mantidos em uma baia vazia no centro galpão, a meia altura do corpo dos animais.

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja e suplementadas com minerais e vitaminas, para atender às exigências dos animais, de acordo com Rostagno et al. (2011), exceto para proteína bruta e energia metabolizável (Tabela 2). Os níveis de energia metabolizável foram baseados no estudo de Saraiva et al. (2014).

As rações foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental, exceto para os animais do tratamento 4 (T4), que receberam a mesma ração do tratamento 3 (T3) em quantidade pareada ao consumo dos animais do tratamento 1 (T1). A quantidade de ração fornecida aos animais do T4 foi calculada a cada três dias pela média do consumo dos animais do T1. A água foi fornecida à vontade durante todo período experimental.

As rações, as sobras e os desperdícios foram pesados periodicamente e os animais pesados individualmente no início e no final de cada experimento, para determinação do consumo de ração médio diário, CRD; do ganho de peso médio diário, GPD; da conversão alimentar, CA; do consumo de lisina digestível médio diário, CLD; e do consumo de energia líquida médio diário, CEL.

Tabela 1 - Composição de ingredientes e valores nutricionais das rações experimentais fornecidas aos suínos dos 60 aos 90 kg.

Ingrediente	Níveis de proteína bruta (%) e energia líquida (kcal/kg)		
	17,85/2589	13,40/2631	13,40/2589
Milho	66,237	79,409	80,463
Farelo de soja	27,95	14,39	14,25
Óleo de soja	3,69	3,24	2,323
Fosfato bicálcico	0,804	0,922	0,922
Calcário	0,604	0,604	0,604
L-lisina	0	0,414	0,417
DL-metionina	0	0,1	0,1
L-treonina	0	0,138	0,138
L-triptofano	0	0,03	0,03
L-valina	0	0,038	0,038
Mistura mineral <sup>1</sup>	0,15	0,15	0,15
Mistura vitamínica <sup>2</sup>	0,15	0,15	0,15
Promotor de crescimento <sup>3</sup>	0,05	0,05	0,05
Antioxidante <sup>4</sup>	0,01	0,01	0,01
Sal Comum	0,355	0,355	0,355
Composição nutricional calculada <sup>5</sup> /analisada			
Energia metabolizável (kcal/kg)	3400	3400	3354
Energia líquida (kcal/kg)	2589	2631	2589
Proteína bruta (%)	17,85/ 17,73	13,40/ 12,24	13,40/ 12,54
Lisina digestível (%)	0,829	0,829	0,829
Metionina + cistina digestível (%)	0,516	0,497	0,497
Treonina digestível (%)	0,605	0,555	0,555
Triptofano digestível (%)	0,192	0,149	0,149
Valina digestível (%)	0,759	0,572	0,572
Isoleucina digestível (%)	0,683	0,456	0,456
Cálcio (%)	0,512	0,512	0,512
Fósforo disponível (%)	0,25	0,25	0,25
Sódio (%)	0,16	0,16	0,16

<sup>1</sup>Conteúdo/kg de produto: ferro (64,0 g), cobre (9,6 g), manganês (32,0 g), zinco (88,0 g), iodo (800 mg), selênio (290 mg) e veículo q.s.p. (1000 g).

<sup>2</sup>Conteúdo/quilo de produto: vitamina A (5.500.000 UI), vitamina D3 (1.200.000 UI), vitamina E (32.000 UI), vitamina B1 (800 mg), vitamina B2 (2,5 g), vitamina B6 (1,6 g), vitamina B12 (16 mg), vitamina K3 (2,4 g), biotina (80,0 mg), Ácido Pantotênico (12,0 g), Ácido Fólico (240,0 mg), Ácido nicotínico (24,0g), Ácido fólico (240,0 mg) e veículo q.s.p. (1000 g).

<sup>3</sup>Tylan

<sup>4</sup>Butil-hidróxi-tolueno (BHT).

<sup>5</sup>Valores calculados de acordo com Rostagno et al. (2011).

Ao final do experimento, um animal de cada unidade experimental, com peso mais próximo de 90 kg, foi abatido para posterior avaliação das características de

carça. As medidas de área de olho de lombo (AOL) e a espessura de toucinho (ET) foram obtidas na meia carça direita resfriada 24 horas após o abate, a partir de um corte no músculo *Longissimus dorsi*, entre a décima e a décima primeira costela. Tomou-se a área transversal em transparência para posterior determinação da AOL, através do programa ImageJ<sup>(t)</sup>1.49r. Os valores de ET foram obtidos através de medição com paquímetro digital.

Tabela 2 - Níveis de proteína bruta (PB), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) das rações fornecidas aos suínos dos 60 aos 90 kg submetidos aos tratamentos 1(T1), 2 (T2), 3(T3) e 4 (T4).

Tratamentos	PB (%)	EM (kcal/kg)	EL (kcal/kg)
T1	17,85	3400	2589
T2	13,40	3400	2631
T3	13,40	3354	2589
T4 (alimentação pareada ao T1)	13,40	3354	2589

A baía foi considerada a unidade experimental para análise das variáveis de desempenho e apenas um animal abatido por baía foi considerado a unidade experimental para análise das características de carça. Os dados foram analisados utilizando o procedimento MIXED do SAS 9.4 (SAS Inst., Inc., Cary, NC), licenciado para a UFV, seguindo o delineamento inteiramente casualizado e utilizando o peso médio inicial como covariável. A comparação das médias foi feita pelo teste DMS de Fischer. Para todos os procedimentos estatísticos foi adotado 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

## Resultados e Discussão

As médias das temperaturas máxima e mínima registradas durante o período experimental foram, respectivamente, de  $30,91 \pm 5,58^{\circ}\text{C}$  e  $21,62 \pm 1,69^{\circ}\text{C}$ . Com base na faixa ideal de temperatura (15 a  $22^{\circ}\text{C}$ ) sugerida por Sampaio et al. (2004) para suínos em fase de crescimento e terminação, pode-se inferir que os animais foram submetidos a períodos de estresse por calor.

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) dos níveis de PB e das concentrações de EL das rações no CRD dos suínos (Tabela 3). Resultado semelhante foi observado por Saraiva et al. (2014), que em estudo com suínos dos 60 aos 95 kg, também não verificaram efeito dos níveis de PB e de EL das rações no CRD dos suínos. No entanto, Paiano et al. (2008) reportaram redução no CRD de suínos machos castrados e fêmeas, dos 60 aos 90 kg, com o aumento dos níveis de EL (de 2410 a 2570 kcal/kg) na ração.

A ausência de efeito da concentração de EL no CRD dos animais no presente estudo, pode estar associada à estreita diferença nos valores de EL (42 kcal/kg) entre as rações de maior e menor EL, utilizadas neste experimento. Kerr et al. (2003a), estudando diferentes concentrações de EL para suínos dos 25,3 aos 109,7 kg, também não constataram diferenças no CRD dos animais. De acordo com estes autores, as diferenças entre o maior e o menor nível de EL das rações de cada fase estudada (124 kcal de EL/kg para suínos dos 25 aos 41 kg; 118 kcal de EL/kg para suínos dos 41 aos 58,8 kg; 76 kcal de EL/kg para suínos dos 58,8 aos 82,3 kg e 90 kcal de EL/kg para suínos dos 82,3 aos 109,7 kg) não foram suficientes para influenciar o CRD dos animais.

Considerando que rações com redução de PB podem resultar em deficiência de aminoácidos essenciais e que o desbalanceamento de aminoácidos na ração pode influenciar negativamente o consumo voluntário de suínos (Kerr et al., 2003b), pode-se inferir que as rações utilizadas neste estudo foram devidamente suplementadas com aminoácidos industriais.

A redução do nível de PB das rações (T2 e T3) poderia contribuir para diminuir a produção de calor dos suínos (Wolp et al., 2012). Assim sendo, a condição de estresse por calor verificada no presente estudo, poderia favorecer o CRD desses animais, associado, possivelmente, a uma melhora no desempenho, conforme observado por

Saraiva et al. (2014), o que, por sua vez, poderia dificultar a interpretação dos resultados, justificando assim, o uso da alimentação pareada (T4). Entretanto essa resposta não foi observada.

Tabela 1 - Peso médio inicial (PI), peso médio final (PF), consumo de ração médio diário (CRD), consumo de energia líquida (CEL), consumo de lisina diário (CLD), ganho de peso médio diário (GPD) e conversão alimentar (CA) de suínos dos 60 aos 90 kg em função dos níveis de energia líquida (EL) e proteína bruta (PB) da ração

Variável	Níveis de PB (%) e EL (kcal/kg)				EPM	P- valor
	17,85/2589	13,40/2631	13,40/2589	13,40/2589		
PMI, kg	61,27	61,18	61,27	61,21	0,86	0,999
PMF, kg	89,67	91,21	89,72	88,78	0,73	0,186
CRD, g/dia	2645	2706	2623	2585	0,05	0,527
CEL kcal/dia	6847	7120	6791	6693	142	0,243
CLD, g/dia	22	22	22	21	0,48	0,455
GPD, g/dia	1053	1110	1079	1048	0,02	0,181
CA	2,51	2,44	2,43	2,47	0,05	0,617

\*Médias seguidas por letras minúscula distintas nas linhas, diferem entre si estatisticamente pelo teste DMS de Fischer a 5% de probabilidade.

\* EPM = Erro padrão da média.

O consumo médio diário de EL (CEL) e de lisina digestível (CLD), não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pelos níveis de PB e de EL das rações, o que pode ser explicado pela ausência de variação verificada no CRD dos suínos. Le Bellego et al. (2002) também não observaram diferença no CEL de suínos dos 64 aos 100 kg alimentados com rações com redução ou não de PB, porém, os animais que consumiram rações com maior teor de PB (17,6%), tiveram maior CLD se comparado aos suínos alimentados com rações com PB reduzida (13,40 e 13,8%).

Os níveis de PB e de EL das rações não influenciaram ( $P > 0,05$ ) o ganho de peso médio diário (GPD) dos suínos. De forma similar, Figueroa et al. (2001), observaram que a PB da ração pode ser reduzida de 16 para 12% sem influenciar o GPD de leitões em crescimento, desde que os aminoácidos em deficiência na ração sejam suplementados com fontes industriais e sejam mantidas as relações ideais destes

aminoácidos com a lisina digestível. Moura et al. (2011) também não observaram efeito do conteúdo EL da ração no GPD de leitoas dos 60 aos 90 kg. Entretanto, Saraiva et al. (2014) verificaram que suínos dos 60 aos 95 kg alimentados com ração contendo 15,5% de PB e 2566 kcal de EL/kg, apresentaram melhor GPD em comparação com os animais alimentados com a ração contendo 19,9% de PB e 2566 kcal de EL/kg, contudo, os animais que consumiram a ração com redução de PB tiveram aumento não significativo de 3,02 g no CLD.

Os resultados de GPD obtidos neste estudo, estão consistentes com a ausência de variação dos CLD e CEL entre os tratamentos.

Não se observou efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de PB e de EL das rações na conversão alimentar (CA) dos suínos. Este resultado está coerente com os de Saraiva et al. (2014) em estudo avaliando níveis de EL em rações com PB reduzida para suínos dos 60 aos 95 kg. Por outro lado, melhora linear na CA de suínos, foi observada por Quiniou & Noblet (2012) e Gonçalves et al. (2015), estudando, respectivamente, cinco (2300, 2425, 2550, 2675 e 2800 kcal/kg) e seis (1935, 2078, 2221, 2365, 2508 e 2651 kcal/kg) níveis de EL na ração.

Os custos com a alimentação são os de maior impacto na produção de suínos e a energia é considerada o componente com maior participação nestes custos (Létourneau-Montminy et al., 2011). Neste sentido, otimizar a utilização da energia, através de ajustes no fornecimento de energia na ração é importante para minimizar os custos de formulação sem comprometer o desempenho dos animais. No presente estudo, a redução da PB da ração de 17,85 para 13,40%, através da redução do farelo de soja e adição de aminoácidos industriais, mantendo-se o mesmo nível de EL (2589 kcal/kg) da ração com 17,85% de PB, reduzindo a inclusão de óleo de soja, não afetou de forma negativa o desempenho dos animais. Estes resultados podem ser considerados positivos, visto que formulações de rações com redução de PB, corrigindo-se o teor de EL, podem resultar em menor custo com a alimentação dos suínos.

Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de PB e de EL das rações sobre a área de olho de lombo (AOL) dos animais (Tabela 4). Estes resultados estão coerentes com os observados por Rezende et al. (2006) que avaliando níveis de energia metabolizável (variando de 3100 a 3500 kcal/kg) na ração para suínos machos castrados, em que as concentrações de energia foram obtidas através da inclusão óleo

de soja em dietas, o que provavelmente contribuiu para aumentar a concentração de EL das rações (Noblet & Shi, 1994), também não encontraram efeito sobre as características de carcaça. Moura et al. (2011), estudando os efeitos do aumento dos níveis de EL (2300 a 2668 kcal/kg) em dietas para leitoas em terminação, não observaram diferenças na porcentagem de carne magra e no rendimento de carcaça. Paiano et al. (2008), em um estudo com suínos em crescimento e terminação, também não observaram efeito dos níveis de EL (2410, 2450, 2490, 2530 ou 2570 kcal/kg) da ração no peso de carcaça, na AOL, no rendimento de carcaça e na quantidade de carne na carcaça. Por outro lado, Kerr et al. (2003a), estudando níveis de PB e EL na ração de suínos dos 25,3 aos 109,7 kg, não observaram efeito dos níveis de EL na ração sobre a AOL dos suínos, entretanto, os animais que receberam maior teor de PB, tiveram uma maior AOL.

Tabela 2 - Área de olho de lombo (AOL) e espessura de toucinho (ET) de suínos dos 60 aos 90 kg em função dos níveis de energia Líquida (EL) e proteína bruta (PB) da ração.

Variável	Níveis de PB (%) e EL (kcal/kg)				EPM	P- valor
	17,85/2589	13,40/2631	13,40/2589	13,40/2589		
AOL, cm <sup>2</sup>	38,85	40,45	38,53	39,03	0,98	0,565
ET, mm	11,4	12,1	12,1	11,7	0,66	0,86

\*Médias seguidas por letras minúscula distintas nas linhas, diferem entre si estatisticamente pelo teste DMS de Fischer a 5% de probabilidade.

\* EPM = Erro padrão da média.

Rações formuladas com PB reduzida sem correção das concentrações de EL podem resultar em perda da qualidade da carcaça pelo aumento da deposição de gordura (Kerr et al., 1995; Le Bellego et al., 2001; Paiano et al., 2008). Contudo, no presente estudo, não foi observada diferença ( $P>0,05$ ) na espessura de toucinho (ET) dos animais, em função dos níveis de PB e EL da ração. A falta de efeito dos níveis de EL na ET dos animais neste estudo pode ser devida ao fato de que a diferença entre os conteúdos EL das rações utilizadas (42 kcal/kg) não foi suficiente para influenciar o CEL e conseqüentemente o teor de gordura carcaça.

Resultado similar foi observado por Le Bellego et al. (2002), em que não observaram efeito da redução de PB na ração de suínos em crescimento (20,3; 15,8 e 16,3%) e terminação (17,6; 13,4 e 13,8%) sobre a ET. Da mesma forma, Quiniou & Noblet (2012), não observaram diferenças na ET de suínos, dos 37 aos 110 kg, alimentados com rações formuladas com diferentes níveis de EL, mesmo com uma diferença de 716 kcal/kg entre as rações de maior e menor conteúdo de EL. Em estudo mais recente, Saraiva et al. (2014), também não observaram efeito dos níveis de PB (19,9 e 15,5%) e EL (2566 e 2631 kcal/kg) das rações na ET de suínos machos castrados dos 60 aos 95 kg. Estes resultados confirmam o relato de Dourmad & Noblet (1998), de que suínos selecionados para deposição de carne são menos propensos a ter a qualidade da carcaça comprometida quando alimentados com rações contendo níveis de energia mais elevados.

Os resultados de AOL e ET verificadas no presente estudo estão coerentes com os de CA, que não evidenciou variação na composição do ganho dos animais.

A redução do nível de PB de rações suplementadas com aminoácidos industriais, pode, além de manter o desempenho dos suínos, também diminuir a quantidade de nitrogênio (N) no dejetos e, por consequência, a emissão de NH<sub>3</sub>. Em um estudo com suínos em crescimento e terminação, Canh et al. (1998) obteve uma redução de 31% do conteúdo de N nos dejetos (7,65 contra 11,13 g de N/100g de matéria seca) e uma redução de 49% das emissões de NH<sub>3</sub> (4,79 contra 9,44 g/suíno/dia), diminuindo o teor de PB de 16,5% para 12,5%. Assim, a redução do nível de PB da ração, além de melhorar a eficiência de utilização da energia, pode trazer vantagens ambientais para a produção de suínos.

## **Conclusão**

A redução da PB da ração de 17,85 para 13,40%, mantendo-se ou não o nível de EL, não compromete o desempenho nem as características de carcaça de suínos dos 60 aos 90 kg.

## Referências Bibliográficas

- CANH, T.T.; AARNINK, A.J.A.; SCHUTTE, J.B. et al. Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emissions from slurry of growing-finishing pigs. **Livestock Production Science**, v.56, n.3, p.181-191, 1998.
- DOURMAD, J.Y.; NOBLET, J.A. Genetics, environment and nutrition interrelationship in swine production. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO ANIMAL E TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 1998, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: CBNA, 1998. p.155-158.
- FERREIRA, R. A. OLIVEIRA, R.F.M; DONZELE, J.L. et al. Redução da Proteína Bruta da Ração para Suínos Machos Castrados dos 15 aos 30 kg Mantidos em Termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1639–1646, 2003.
- FIGUEROA, J.L. LEWIS, A. J.; MILLER, P. S. et al. Valine , Isoleucine , and Histidine Supplementation of Low-Protein , Amino Acid-Supplemented Diets for Growing Pigs Valine , Isoleucine , and Histidine Supplementation of Low-Protein , Amino Acid-Supplemented Diets for Growing Pigs. **Nebraska Swine Reports**, p. 23–26, 2001.
- GONÇALVES, L. M. P.; KIEFER, C. .; SOUZA, K. M. R. et al. Níveis de energia líquida para suínos machos castrados em terminação. **Ciência Rural**, v. 45, p. 464–469, 2015.
- KERR, B. J. YEN, J. T.; NIENABER, J.A. et al. Influences of dietary protein level , amino acid supplementation and environmental temperature on performance , body composition , organ weights and total heat production of growing pigs The online version of this article , along with updated information. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 1998–2007, 2003b.
- KERR, B. J.; SOUTHERN, L.L.; BIDNER, T.D. et al. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing-finishing pig performance and carcass composition. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 3075–3087, 2003a.

- KERR, B.J.; MCKEITH, F.K.; EASTER, R.A. Effect of performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v.73, p.433-440, 1995.
- LE BELLEGO, L., VAN MILGEN, J.; Dubois, S. et al. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 1259–1271, 2001.
- LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Effect of high temperature and low-protein diets on the performance of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 691–701, 2002.
- LÉTOURNEAU-MONTMINY, M. P. NARCY, A.; LESCOAT, 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.
- MOURA, M. S.; KIEFER, C.; SILVA, C.M. et al. Níveis de energia líquida e ractopamina para leitoas em terminação sob conforto térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1968–1974, 2011.
- 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.
- NOBLET, J.; SHI, X. S. Effect of body weight on digestive utilization of energy and nutrients of ingredients and diets in pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.37, p.323-338, 1994.
- PAIANO, D.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C. 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.
- QUINIOU, N.; NOBLET, J. Growing-Finishing Pigs Housed Individually. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 4362–4372, 2012.
- REZENDE, W.O.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. 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, p.1101-1106, 2006.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Viçosa: Editora UFV, 2011.

SAMPAIO, C. A. D. P.; CRISTANI, J.; DUBIELA, J. A. 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.

SARAIVA, A.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Net energy for 60 to 120kg pigs fed low-crude protein diets. **Ciência Rural**, v. 44, n. 9, p. 1632–1638, 2014.

WOLP, R. C.; RODRIGUES, N.E.B.; ZANGERONIMO, M.G. et al. Soybean oil and crude protein levels for growing pigs kept under heat stress conditions. **Livestock Science**, v. 147, n. 1-3, p. 148–153, 2012.

## CAPÍTULO II

### ENERGIA LÍQUIDA EM RAÇÕES COM REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA PARA SUÍNOS DOS 90 AOS 110 kg

**Resumo** - Conduziu-se este estudo com o objetivo de avaliar os efeitos da redução da proteína bruta (PB) da ração, corrigindo-se ou não os níveis de energia líquida (EL), sobre o desempenho e características de carcaça de suínos dos 90 aos 110 kg. Foram utilizados 64 suínos, híbridos comerciais, machos castrados, selecionados para deposição de carne, com peso inicial de  $90 \pm 2,96$  kg. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (T1 - 16,62% de PB, 2604 kcal de EL/kg; T2 - 12,34% de PB, 2645 kcal de EL/kg; T3 - 12,34% de PB, 2604 kcal de EL/kg; T4 - 12,34% de PB, 2604 kcal de EL/kg, alimentação pareada ao T1), oito repetições e dois animais por unidade experimental. Os suínos alimentados com a ração com 12,34% de PB e 2645 kcal de EL/kg tiveram maior ( $P < 0,05$ ) GPD comparado aos animais alimentados com ração sem redução de PB (16,62%) e 2604 kcal de EL/kg. Os animais que consumiram as rações contendo 12,34% de PB e 2604 kcal de EL/kg tiveram valor de GPD intermediário aos animais dos demais tratamentos. Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de PB e de EL da ração sobre os demais parâmetros de desempenho (peso médio final, consumo de ração médio diário, conversão alimentar, consumo de energia líquida e consumo de lisina digestível) e de características de carcaça (área de olho de lombo e espessura de toucinho) avaliados. A redução da PB da ração de 16,62 para 12,34%, mantendo-se o mesmo nível de EL (2604 kcal/kg) da ração com 16,62% de PB, não compromete o desempenho nem as características de carcaça de suínos dos 90 aos 110 kg.

**Palavras-chave:** carcaça, desempenho, exigência, nutrição, terminação

## **NET ENERGY IN DIETS WITH REDUCED CRUDE PROTEIN FOR PIGS FROM 90 TO 110 kg**

**Abstract** - This experiment aimed at evaluating the effects of low-crude protein (CP) diets with or without correction of net energy (NE) levels on performance and carcass traits of swine weighing 90.0 to 110.0 kg. In this experiment 64 crossbred barrows selected for meat deposition averaging  $90.0 \pm 2.96$  kg initial body weight were used. A randomized blocks experimental design with four treatments was used (T1 -16.62% CP and 2604 kcal NE/kg; T2 – 12.34% CP and 2645 kcal NE/kg; T3 – 12.34% CP and 2604 kcal NE/kg; T4 - 12.34% CP and 2604 kcal NE/kg), eight replications with two animals each were used. Pigs fed the diet containing 12.34% CP and 2,645 kcal NE/kg had greatest ( $P < 0.05$ ) average daily gain (ADG) compared to pigs fed the diet with no reduction on CP (16.62% CP and 2,604 kcal/NE kg). Diets containing 12.34% CP and 2,604 kcal/kg resulted in pigs having an intermediate ADG, compared to pigs in other treatments. There was no effect ( $P > 0.05$ ) of dietary CP or NE levels on any other evaluated parameters. Reduction from 16.62% to 12.32% in CP, while keeping the NE level constant in 2,604 kcal/kg, did not affect animal performance and carcass traits of swine weighing 90 to 110 kg.

**Keywords:** carcass, performance, requirement, nutrition, finishing phase

## **Introdução**

A redução da proteína bruta (PB) das rações associada a adição de aminoácidos industriais, proporciona melhora na eficiência de utilização da energia. Isso porque, quando o nível de PB da ração é reduzido há uma diminuição da desaminação do excesso de aminoácidos, síntese e excreção de ureia na urina (Le Bellego et al., 2001), o que também auxilia na redução da produção de calor dos suínos.

Dessa forma, rações com redução de PB possuem menor incremento calórico, portanto maior teor de energia líquida (EL). Contudo, as rações formuladas no Brasil, são, usualmente, baseadas no valor de energia digestível ou de energia metabolizável dos alimentos, assim sendo, rações formuladas com redução de PB, tem sua concentração de energia subestimada, podendo acarretar em piora na qualidade da carne pelo aumento da deposição de gordura (Paiano et al., 2008).

A utilização do sistema de EL para o cálculo de rações de baixo teor de PB, devidamente suplementadas com aminoácidos, pode evitar a deposição indesejável de gordura na carcaça (Le Bellego et al., 2001) e ainda, reduzir o custo com a alimentação dos suínos, uma preocupação constante por parte dos nutricionistas, visto que o maior impacto financeiro da produção de suínos está nos gastos com a alimentação, sendo a energia o componente mais caro da ração (Létourneau-Montminy et al., 2011).

Rações com redução de PB também contribuem para a redução da excreção de nitrogênio para o meio ambiente. Levando em consideração a crescente preocupação social com a sustentabilidade do processo produtivo, esta constitui em uma importante estratégia para a redução da poluição ambiental causada pelos dejetos de suínos.

Em razão do exposto, objetivou-se com este estudo, avaliar os efeitos da redução da PB da ração, corrigindo-se ou não os níveis de EL, sobre o desempenho e características de carcaça de suínos dos 90 aos 110 kg.

## 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 55/2014, e conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da UFV.

Foram utilizados 64 suínos, híbridos comerciais, machos castrados, selecionados para deposição de carne, com peso inicial de  $90 \pm 2,96$  kg. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, oito repetições e dois animais por unidade experimental.

Os animais foram alojados em baias com piso de concreto e parede de alvenaria, dotadas de comedouros manuais e bebedouros tipo chupeta, localizadas em galpão coberto com telhas de cerâmica. As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas às 16h por meio de termômetros de máxima e mínima, mantidos em uma baia vazia no centro galpão, a meia altura do corpo dos animais.

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja e suplementadas com minerais e vitaminas, para atender às exigências dos animais, de acordo com Rostagno et al. (2011), exceto para proteína bruta e energia metabolizável (Tabela 2). Os níveis de energia metabolizável foram baseados no estudo de Saraiva et al. (2014).

As rações foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental, exceto para os animais do tratamento 4 (T4), que receberam a mesma ração do tratamento 3 (T3) em quantidade pareada ao consumo dos animais do tratamento 1 (T1). A quantidade de ração fornecida aos animais do T4 foi calculada a cada três dias pela média do consumo dos animais do T1. A água foi fornecida à vontade durante todo período experimental.

As rações, as sobras e os desperdícios foram pesados periodicamente e os animais pesados individualmente no início e no final de cada experimento, para determinação do consumo de ração médio diário, CRD; do ganho de peso médio diário, GPD; da conversão alimentar, CA; do consumo de lisina digestível médio diário, CLD; e do consumo de energia líquida médio diário, CEL.

Tabela 1 - Composição de ingredientes e valores nutricionais das rações experimentais fornecidas aos suínos dos 90 aos 110 kg

Ingrediente	Níveis de proteína bruta (%) e energia líquida (kcal/kg)		
	16,62/2604	12,34/2645	12,34/2604
Milho	70,283	82,822	83,867
Farelo de soja	24,5	11,63	11,5
Óleo de soja	3,38	2,96	2,046
Fosfato bicálcico	0,73	0,842	0,842
Calcário	0,571	0,57	0,57
L-lisina	0	0,393	0,394
DL-metionina	0	0,077	0,074
L-treonina	0	0,116	0,116
L-triptofano	0	0,029	0,03
L-valina	0	0,025	0,025
Mistura mineral <sup>1</sup>	0,075	0,075	0,075
Mistura vitamínica <sup>2</sup>	0,075	0,075	0,075
Promotor de crescimento <sup>3</sup>	0,045	0,045	0,045
Antioxidante <sup>4</sup>	0,01	0,01	0,01
Sal Comum	0,331	0,331	0,331
Composição nutricional calculada <sup>5</sup> /analísada			
Energia metabolizável (kcal/kg)	3400	3400	3355
Energia líquida (kcal/kg)	2604	2645	2604
Proteína bruta (%)	16,62/ 16,41	12,34/ 12,73	12,34/ 12,79
Lisina digestível (%)	0,749	0,749	0,749
Metionina + cistina digestível (%)	0,488	0,449	0,449
Treonina digestível (%)	0,562	0,501	0,501
Triptofano digestível (%)	0,175	0,135	0,135
Valina digestível (%)	0,705	0,516	0,516
Isoleucina digestível (%)	0,627	0,412	0,412
Cálcio (%)	0,474	0,474	0,474
Fósforo disponível (%)	0,231	0,231	0,231
Sódio (%)	0,15	0,15	0,15

<sup>1</sup>Conteúdo/kg de produto: ferro (64,0 g), cobre (9,6 g), manganês (32,0 g), zinco (88,0 g), iodo (800 mg), selênio (290 mg) e veículo q.s.p. (1000 g).

<sup>2</sup>Conteúdo/quilo de produto: vitamina A (5.500.000 UI), vitamina D3 (1.200.000 UI), vitamina E (32.000 UI), vitamina B1 (800 mg), vitamina B2 (2,5 g), vitamina B6 (1,6 g), vitamina B12 (16 mg), vitamina K3 (2,4 g), biotina (80,0 mg), Ácido Pantotênico (12,0 g), Ácido Fólico (240,0 mg), Ácido nicotínico (24,0g), Ácido fólico (240,0 mg) e veículo q.s.p. (1000 g).

<sup>3</sup>Tylan

<sup>4</sup>Butil-hidróxi-tolueno (BHT).

<sup>5</sup>Valores calculados de acordo com Rostagno et al. (2011).

Ao final de cada experimento, um animal de cada unidade experimental, com peso mais próximo de 110 kg foi abatido para posterior avaliação das características

de carcaça. As medidas de área de olho de lombo (AOL) e a espessura de toucinho (ET) foram obtidas na meia carcaça direita resfriada 24 horas após o abate a partir de um corte no músculo *Longissimus dorsi*, entre a décima e a décima primeira costela. Tomou-se a área transversal em transparência para posterior determinação da AOL, através do programa ImageJ<sup>(1)</sup>1.49r. Os valores de ET foram obtidos através de medição com paquímetro digital.

Tabela 2 - Níveis de proteína bruta (PB), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) das rações fornecidas aos suínos dos 90 aos 110 kg submetidos aos tratamentos 1(T1), 2 (T2), 3(T3) e 4 (T4)

Tratamentos	PB (%)	EM (kcal/kg)	EL (kcal/kg)
T1	16,62	3400	2604
T2	12,34	3400	2645
T3	12,34	3355	2604
T4 (alimentação pareada ao T1)	12,34	3355	2604

A baía foi considerada a unidade experimental para análise das variáveis de desempenho e apenas um animal abatido por baía foi considerado a unidade experimental para análise das características de carcaça. Os dados foram analisados utilizando o procedimento MIXED do SAS 9.4 (SAS Inst., Inc., Cary, NC), licenciado para a UFV, seguindo o delineamento inteiramente casualizado e utilizando o peso médio inicial como covariável. A comparação das médias foi feita pelo teste DMS de Fischer. Para todos os procedimentos estatísticos foi adotado 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

## Resultados e Discussão

As médias das temperaturas máxima e mínima registradas durante o período experimental foram de  $28,86 \pm 2,48^{\circ}\text{C}$  e  $20,59 \pm 1,53^{\circ}\text{C}$ . Com base na faixa ideal de temperatura ( $15$  a  $22^{\circ}\text{C}$ ) sugerida por Sampaio et al. (2004) para suínos em fase de crescimento e terminação, pode-se inferir que os animais foram submetidos a períodos de estresse por calor.

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de PB e das concentrações de EL das rações no consumo médio diário de ração (CRD) dos suínos (Tabela 3). De forma semelhante, Kerr et al. (2003), também não observaram variação no CRD de suínos em crescimento e terminação, alimentados com rações com diferentes níveis de PB e EL. Por outro lado, Quiniou & Noblet (2012) avaliando níveis de EL (variando de 1935 a 2651 kcal/kg) em rações de suínos dos 35 aos 110 kg, observaram redução linear no CRD com o aumento da concentração de EL, porém, a diferença das concentrações de EL variou de 143 kcal/kg a 716 kcal/kg. Em estudo mais recente, Saraiva et al. (2014) observaram menor CRD de suínos machos castrados dos 95 aos 120 kg, alimentados com rações com 18% de PB se comparado ao animais que receberam rações com PB reduzida (14,5%), mantendo-se o mesmo nível de EL (2588 kcal/kg), os animais que receberam rações com 14,5% de PB sem correção do teor de EL (2638 kcal/kg), apresentaram CRD intermediário.

A ausência de efeito da concentração de EL no CRD dos suínos pode ser associada à estreita diferença nos valores de EL (41 kcal/kg) entre as rações de maior e menor EL utilizadas neste experimento. Em estudo de Kerr et al. (2003), a diferença entre o maior e o menor nível de EL das rações foi de 90 kcal/kg para suínos dos 82,3 aos 109,7 kg e essa diferença foi considerada insuficiente pelos autores para afetar o consumo voluntário de ração pelos animais

A redução do nível de PB das rações (T2 e T3) poderia contribuir para diminuir a produção de calor dos suínos (Wolp et al., 2012). Assim sendo, a condição de estresse por calor verificada no presente estudo, poderia favorecer o CRD desses animais, associado, possivelmente, a uma melhora no desempenho, conforme observado por Saraiva et al. (2014), o que, por sua vez, poderia dificultar a interpretação dos

resultados, justificando assim, o uso da alimentação pareada (T4). Entretanto essa resposta não foi observada.

O consumo médio diário de EL (CEL) e de lisina digestível (CLD) não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pelos níveis de PB e de EL das rações. Contudo, o CEL dos animais que receberam a ração com redução de PB (12,34%) e 2645 kcal de EL/kg aumentou numericamente em 12,77%, comparado ao CEL dos animais que receberam a ração com 16,62% de PB e 2604 kcal de EL/kg. Moehn et al. (2013), não observaram efeito dos níveis de PB (20,2 e 11,2%) sobre o CEL de suínos em terminação. Por outro lado, Quiniou & Noblet (2012), em estudo sobre níveis de EL (variando de 2300 a 2800 kcal/kg) em rações de suínos dos 35 aos 110 kg, relataram aumento linear no CEL com o aumento da concentração de EL da ração.

Tabela 3 - Peso médio inicial (PI), peso médio final (PF), consumo de ração médio diário (CRD), consumo de energia líquida (CEL), consumo de lisina diário (CLD), ganho de peso médio diário (GPD) e conversão alimentar (CA) de suínos dos 90 aos 110 kg em função dos níveis de energia líquida (EL) e proteína bruta (PB) da ração.

Variável	Níveis de PB (%) e EL (kcal/kg)				EPM	P- valor
	16,62/2604	12,34/2645	12,34/2604	12,34/2604		
PMI, kg	90,56	90,6	90,5	90,49	1,12	0,999
PMF, kg	109,01	112,49	110,56	110,32	1,15	0,222
CRD, g/dia	2936	3314	3107	3066	0,11	0,137
CEL kcal/dia	7646	8765	8092	7986	289	0,071
CLD, g/dia	22	25	24	23	0,84	0,113
GPD, g/dia	923b	1149a	1032ab	1028ab	0,05	0,028
CA	3,04	2,89	2,96	2,99	0,06	0,292

\*Médias seguidas por letras minúscula distintas nas linhas, diferem entre si estatisticamente pelo teste DMS de Fischer a 5% de probabilidade.

\* EPM = Erro padrão da média.

O ganho de peso médio diário (GPD) dos animais aumentou ( $P < 0,05$ ) em razão da elevação da concentração de EL da ração, de 2604 para 2645, através da redução da PB de 16,62 para 12,34%. Os suínos alimentados com a ração contendo 12,34% de PB e 2604 kcal de EL/kg apresentaram valor de GPD intermediário ao dos animais

que receberam as rações dos demais tratamentos. De forma semelhante, Quiniou & Noblet (2012) observaram aumento no GPD de suínos em crescimento e terminação com o aumento dos níveis de EL da ração (variando de 1935 a 2651 kcal/kg). Todavia, Saraiva et al. (2014) em estudo com suínos dos 95 aos 120 kg, verificaram que os animais alimentados com ração contendo 14,5% de PB e 2588 kcal de EL/kg apresentaram GDP superior ao dos suínos que consumiram a ração com 18% de PB e 2588 kcal de EL/kg sendo, entretanto, similar ao GPD dos que consumiram a ração com 14,5% de PB e 2639 kcal de EL/kg.

Rações formuladas com redução de PB são associadas com uma menor perda de energia. Em decorrência da redução do consumo excessivo de proteína, a necessidade de desaminação do excesso de aminoácidos é reduzida, com diminuição da síntese de ureia e conseqüente excreção na urina (Le Bellego et al., 2001). A redução do teor de PB na ração reduz também o turnover proteico e a produção de calor corporal pelos animais (Fuller et al., 1987; Noblet et al., 1987) levando a uma melhor utilização da energia (Le Bellego et al., 2001). O maior GPD dos animais que receberam ração com redução de PB de 16,62 para 12,34% sem correção na concentração de EL observado no presente experimento está de acordo com essa proposição.

Os níveis de PB e de EL das rações não tiveram efeito ( $P>0,05$ ) sobre a conversão alimentar (CA) dos suínos. Com esse resultado ficou evidenciado que a variação observada no GPD dos animais estaria, provavelmente, relacionada aos aumentos numéricos no CRD (11,41%), no CEL (12,77%) e no CLD (12%) dos animais que receberam a ração com 12,34% de PB e com 2645 kcal de EL/kg em comparação aos suínos que receberam a ração com 16,62% de PB e 2604 kcal de EL/kg. De forma semelhante Kerr et al. (2003) não observaram diferenças na CA de suínos dos 82,3 aos 109,7 kg alimentados com rações com PB alta ou baixa (16 e 12%) e com três níveis de EL (2466, 2421 e 2376 kcal/kg). Moura et al. (2011) também não observaram diferenças na CA de leitoas em terminação alimentadas com diferentes níveis de EL (2300, 2424, 2548 e 2668 kcal/kg). De forma contrária, Paiano et al. (2008) reportaram melhora na CA de suínos machos castrados e fêmeas em crescimento e terminação em decorrência do aumento na concentração de EL (de 2410 a 2570 kcal/kg) na ração desses animais.

Reduzir o teor de PB das rações através da redução do farelo de soja e adição de aminoácidos industriais, corrigindo –se o teor de EL pela redução da inclusão de óleo de soja às rações, pode ser considerada uma importante estratégia para otimizar a utilização da energia, componente de maior custo na formulação de rações (Létourneau-Montminy et al., 2011). Neste sentido, os resultados observados no presente estudo, podem ser considerados positivos, visto que a redução no teor de PB da ração com a correção no teor de EL da rações não afetou de forma negativa no desempenho dos animais.

Não foi observado efeito ( $P>0,05$ ) dos níveis de PB e de EL das rações sobre a área de olho de lombo (AOL) dos suínos (Tabela 8). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Rezende et al. (2006), que em trabalho sobre níveis de energia metabolizável (variando de 3100 a 3500 kcal/kg de ração), em rações para suínos em terminação, não observaram diferença na AOL. Zhang et al. (2011) verificaram que a redução de PB (14%) e diferentes níveis de EL (2348, 2398 e 2448 kcal/kg) não influenciam o peso da carcaça quente, a AOL e a porcentagem de magra de suínos. Por outro lado, Kerr et al. (2003), em estudo sobre níveis de PB e EL na ração de suínos dos 25,3 aos 109,7 kg, não observaram efeito dos níveis de EL na ração sobre a AOL dos animais, entretanto, os animais que receberam maior teor de PB, tiveram uma maior AOL.

Tabela 4 - Área de olho de lombo (AOL) e espessura de toucinho (ET) de suínos dos 90 aos 110 kg em função dos níveis de energia líquida (EL) e proteína bruta (PB) da ração.

Variável	Níveis de PB (%) e EL (kcal/kg)				EPM	P- valor
	16,62/2604	12,34/2645	12,34/2604	12,34/2604		
AOL, cm <sup>2</sup>	45,61	44,28	45,34	44,27	0,87	0,586
ET, mm	11,9	14,3	12,1	12,5	0,93	0,279

\*Médias seguidas por letras minúscula distintas nas linhas, diferem entre si estatisticamente pelo teste DMS de Fischer a 5% de probabilidade.

\* EPM = Erro padrão da média.

A espessura de toucinho (ET) dos animais não foi influenciada ( $P>0,05$ ) pelos níveis de PB e EL das rações. Da forma similar, Gonçalves et al. (2015) avaliando níveis de EL (variando de 2300 a 2800 kcal/kg) em rações para suínos machos

castrados em terminação, não verificaram efeito na ET dos animais. Saraiva et al. (2014) em estudo com níveis de EL em rações com redução de PB suplementadas com aminoácidos industriais, também não observaram efeito na ET de suínos machos castrados dos 95 aos 120 kg. Zhang et al. (2011) e Kerr et al. (1995), relataram que rações formuladas com base no conceito de proteína ideal em que não há correção para níveis de EL, a energia excedente é convertida para gordura e resulta em uma carcaça mais gorda. Contudo, neste estudo, as diferenças no teor de EL das rações não foi suficiente para alterar essa característica de carcaça dos animais.

Rações formuladas com redução de PB, devidamente suplementadas com aminoácidos, estão relacionadas a redução da excreção de nitrogênio pelos suínos. Moehn et al. (2013) em estudo sobre redução de PB (de 20,2 para 11,2%) nas rações de suínos em terminação, verificaram diminuição na excreção de nitrogênio nas fezes (de 13,6 para 12,6 g/dia) e urina (de 40,7 para 11,2 g/dia) de animais que receberam rações com baixa PB em relação aos que receberam rações com alta PB. Le Bellego et al. (2002) verificaram que a redução de 4% na PB em rações de suínos em crescimento e terminação, reduz a excreção de nitrogênio em 37%. Dessa forma, além de otimizar a utilização da energia, a redução da PB das rações, pode resultar em diminuição da poluição ambiental causada pelos dejetos dos suínos.

## **Conclusão**

A redução da PB da ração de 16,62 para 12,34%, mantendo-se o mesmo nível de EL (2604 kcal/kg) da ração com 16,62% de PB, não compromete o desempenho nem as características de carcaça de suínos dos 90 aos 110 kg.

## Referências Bibliográficas

FULLER, M. F.; CADENHEAD, A.; MOLLISON, G. et al. Effects of the amount and quality of dietary protein on nitrogen metabolism and heat production in growing pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 58, p. 287–300, 1987.

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

KERR, B. J.; SOUTHERN, L.L.; BIDNER, T.D. et al. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing-finishing pig performance and carcass composition. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 3075–3087, 2003.

KERR, B.J.; MCKEITH, F.K.; EASTER, R.A. Effect of performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v.73, p.433-440, 1995.

LE BELLEGO, L., VAN MILGEN, J.; Dubois, S. et al. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 1259–1271, 2001.

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

LÉTOURNEAU-MONTMINY, M. P. NARCY, A.; LESCOAT, 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.

MOEHN, S.; LEVESQUE, C. L.; BALL, R. O. Protein intake but not feed intake affects dietary energy for finishing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 97, n. 1, p. 197–204, 2013

MOURA, M. S.; KIEFER, C.; SILVA, C.M. et al. Níveis de energia líquida e ractopamina para leitoas em terminação sob conforto térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1968–1974, 2011.

NOBLET, J.; HENRY, Y.; DUBOIS, S. Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilization in growing pigs. **Journal of animal science**, v. 65, p. 717–726, 1987.

PAIANO, D.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C. 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.

QUINIOU, N.; DUBOIS, S.; NOBLET, J. Voluntary feed intake and feeding behaviour of group-housed growing pigs are affected by ambient temperature and body weight. **Livestock Production Science**, v. 63, p. 245–253, 2000.

QUINIOU, N.; NOBLET, J. Growing-Finishing Pigs Housed Individually. **Journal of Animal Science**, p. 4362–4372, 2012.

REZENDE, W.O.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. 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, p.1101-1106, 2006.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. Viçosa: Editora UFV, 2011.

SAMPAIO, C. A. D. P.; CRISTANI, J.; DUBIELA, J. A. 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.

SARAIVA, A.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Net energy for 60 to 120kg pigs fed low-crude protein diets. **Ciência Rural**, v. 44, p. 1632–1638, 2014.

ZHANG, G. J. Yi, X. W.; CHU, L.C. 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.

## **APÊNDICE**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO  
CEUAP/UFV

*Campus Universitário – Viçosa, MG – 36570-900 – Telefone: (31) 3899.3275 – e-mail: [ceuap@ufv.br](mailto:ceuap@ufv.br) – site: [www.ceuap.ufv.br](http://www.ceuap.ufv.br)*

Viçosa, 31/03/14

## CERTIFICADO

A comissão de ética no uso de animais de produção da universidade federal de viçosa certifica que o **processo nº 55/2014**, intitulado **“Energia líquida em dietas com redução de proteína bruta para suínos dos 60 aos 110kg”**, coordenado pelo **Sr(a). Francisco Carlos de Oliveira Silva**, está de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA e com a legislação vigente, tendo sido aprovado por esta Comissão em **31/Mar/2014**.

## CERTIFICATE

The ethic commission in use of production animals of universidade federal de viçosa certifies that the **process number 55/2014**, named **“Net energy in diets with reduced crude protein for pigs from 60 to 110 kg”**, coordinated by **Sr(a). Francisco Carlos de Oliveira Silva**, is in agreement with the Ethical Principles for Animal Research established by the National Council of Animal Experimentation Control (CONCEA) and with actual Brazilian legislation, and was approved by this commission on **Mar, 31th, 2014**.

---

Mário Luiz Chizzotti  
Coordenador da CEUAP/UFV