

BRUNO ANDREATTA SCOTTÁ

**NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL EM DIETAS COM
RACTOPAMINA PARA SUÍNOS EM FASE FINAL DE TERMINAÇÃO**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

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

T

S425n
2014
Scottá, Bruno Andreatta, 1987-
Níveis de energia metabolizável em dietas com ractopamina
para suínos em fase final de terminação / Bruno Andreatta
Scottá. – Viçosa, MG, 2014.
viii, 95f : il. ; 29 cm.

Orientador: Aloízio Soares Ferreira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Suíno. 2. Nutrição animal. 3. Metabolismo.
4. Ractopamina. 5. Ambiente térmico. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-graduação
em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.0855

BRUNO ANDREATTA SCOTTÁ

**NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL EM DIETAS COM
RACTOPAMINA PARA SUÍNOS EM FASE FINAL DE TERMINAÇÃO**

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

Júlio Maria Ribeiro Pupa

Dalton de Oliveira Fontes

Francisco Carlos de Oliveira Silva
(Coorientador)

Alysson Saraiva
(Coorientador)

Aloízio Soares Ferreira
(Orientador)

*“Um leitor vive mil vidas antes de morrer, o
homem que nunca lê vive apenas uma”*

*“A mente necessita de livros da mesma forma
que uma espada necessita de uma pedra de
amolar se quisermos que se mantenha afiada”*

George R. R. Martin

*A Deus por abrir as porta para eu seguir meu caminho.
Aos meus pais Cláudia e Francisco pela confiança, amor e apoio durante toda essa
longa caminhada.*

*Aos meus avós Antônio, Paulina e Deolinda, as minhas madrinhas Andréia e
Valéria e a minha irmã Bianca pois sem eles a jornada teria sido muito mais difícil.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar meus passos sempre no caminho do bem.

A Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do curso.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento da pesquisa e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo durante o curso.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Aloízio Soares Ferreira, pela oportunidade, apoio e orientação.

Ao Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva, pela amizade, apoio e orientação na execução deste trabalho.

Aos membros da banca Prof. Alysson Sarraiva, Prof. Dalton de Oliveira Fontes e Julio Maria Ribeiro Pupa pelas considerações.

Aos funcionários da Fazenda Experimental da EPAMIG, em especial ao “Salame” que foi essencial para a realização deste trabalho .

A minha mãe Claudia pelo amor, e por me colocar a frente de suas própria necessidades para eu chegar até aqui, ao meu pai Francisco pela amizade, amor e apoio e a minha irmã Bianca pelo amor, amizade e cumplicidade.

Ao meu avô Antônio por ser meu segundo pai e me apoiar em todos os momentos, e minhas avós Paulina e Deolinda pelo amor e carinho.

As minhas madrinhas Andréia e Valéria por acreditarem e confiarem em mim.

A minha afilhada Alice pelo amor e carinho despreocupado e sincero.

A todos meus tios, tias e primos, por tudo que representam na minha vida.

A Carol, por em tão pouco tempo ter se tornado tão importante na minha vida.

Aos irmãos de coração Priscila, Barbara, Ana Paula, Thiago, Thalyta, Baiano, Diego, Fabiano, Wilams, Valéria, Daniela, Marcos e Roberta

A todos os funcionários e amigos do DZO.

BIOGRAFIA

BRUNO ANDREATTA SCOTTÁ, filho de Cláudia Helena Andreatta Scottá e Francisco José Scottá, nasceu em Itaguaçu – ES, em 12 de Junho de 1987.

Em agosto de 2005 ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal do Espírito Santo, colando grau em 05 de fevereiro de 2010.

Em março de 2010 iniciou o Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa – MG, na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se a defesa de dissertação em 15 de julho de 2011.

Em Agosto de 2011 iniciou o Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa – MG, na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se a defesa de tese em 10 de novembro de 2014.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
<i>CAPÍTULO I</i>	1
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	
2.1 Energia.....	4
2.2.Ractopamina	10
2.3.Ambiente Térmico	17
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
<i>CAPÍTULO II.....</i>	39
Níveis de energia metabolizável em dietas com ractopamina para suínos machos castrados em fase final de terminação criados em ambiente de termoneutralidade.....	39
<i>CAPÍTULO III</i>	67
Níveis de energia metabolizável em dietas com ractopamina para suínos machos castrados em fase final de terminação criados em ambiente de altas temperaturas	67
<i>CONCLUSÕES GERAIS.....</i>	95

RESUMO

SCOTTÁ, Bruno Andreatta, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa. Novembro de 2014. **Níveis de energia metabolizável em dietas com ractopamina para suínos em fase final de terminação.** Orientador: Aloízio Soares Ferreira. Coorientadores: Francisco Carlos de Oliveira Silva e Alysson Saraiva.

Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de avaliar níveis de energia metabolizável em dietas com ractopamina para suínos machos castrados em terminação criados ambiente de termoneutralidade e altas temperaturas. Em cada experimento foram utilizados 70 suínos machos castrados distribuídos em delineamento de blocos ao acaso com cinco tratamentos, sete repetições e dois animais por unidade experimental, o critério para a formação dos blocos foi o peso inicial dos animais. Os tratamentos consistiram de dietas com cinco níveis de energia metabolizável (3100; 3200; 3300; 3400 e 3500 kcal energia metabolizável/kg de ração) todos com suplementação de 10 ppm de ractopamina. No experimento 1 os animais foram mantidos em ambiente com temperaturas de termoneutralidade e no experimento 2 em ambiente de altas temperaturas, ambos com período experimental de 28 dias. No experimento 1 verificou-se efeito linear decrescente dos níveis de energia metabolizável sobre o consumo diário de ração e a conversão alimentar e efeito quadrático dos níveis de energia metabolizável sobre a área de olho de lombo, sendo que o nível de energia metabolizável que proporcionou o ponto de máxima na área de olho de lombo foi de 3350 kcal EM/kg de ração, e os animais criados em altas temperaturas também apresentaram redução linear do consumo diário de ração e da conversão alimentar e ainda aumento linear da espessura de toucinho com o aumento do nível energético. O nível de energia metabolizável em dietas com ractopamina para suínos em terminação criados em ambiente de termoneutralidade é de 3350 kcal/kg, e o nível de energia metabolizável em dietas com ractopamina para suínos em terminação criados em ambiente de altas temperatura é de 3500 kcal/kg.

ABSTRACT

SCOTTÁ, Bruno Andreatta, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa. November, 2014. **Metabolizable energy levels in diets with ractopamina for finishing pigs.** Adviser: Aloízio Soares Ferreira. Coadviser: Francisco Carlos de Oliveira Silva and Alysson Saraiva.

Two experiments were conducted with the objective to evaluate levels of metabolizable energy for finishing barrows fed diets supplemented with ractopamine and raised in thermoneutral and high temperatures environment. In each experiment were used 70 barrows distributed in a randomized block design with five treatments, seven replicates and two animals per experimental unit, for the formation of the blocks were used as a criterion the initial weight of the animals. The treatments consisted of five levels of metabolizable energy (3100; 3200; 3300; 3400 and 3500 kcal ME/kg diet) all supplemented with 10 ppm of ractopamina. In the experiment 1 the animals were raised in thermoneutral environment and in experiment 2 in high temperatures, both with experimental period of 28 days. In experiment 1 there was observed a decreasing linear effect of metabolizable energy levels on daily feed intake and feed conversion and quadratic effect of dietary metabolizable energy on the loin eye area, the level of metabolizable energy that provided the maximum point of the loin eye area was 3350 kcal EM/kg diet, and animals raised in high temperatures also showed a linear reduction in feed intake and feed conversion and still linear increase in backfat thickness at that when the level of metabolizable energy of the diets was increased. The level of metabolizable energy in diets with ractopamine to finishing pigs raised in thermoneutral environment is 3350 kcal/kg, and the level of metabolizable energy in diets with ractopamine to finishing pigs raised in high temperature is 3500 kcal/kg.

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

No agronegócio brasileiro a suinocultura ocupa um lugar de destaque, hoje o Brasil ocupa o 3º lugar na produção mundial de carne suína e o 4º lugar nas exportações. O setor suínico brasileiro apresentou grande avanço a partir de 1980, com grande crescimento da produtividade, principalmente devido aos avanços alcançados pelo melhoramento genético dos animais, nutrição, manejo, sanidade e ambiência.

Dentre estes pontos, a nutrição foi uma das áreas que apresentou maior avanço, possibilitando a produção e utilização de dietas específicas, balanceadas adequadamente para cada fase de produção, baseadas nas exigências dos animais e nas características nutricionais dos alimentos, acompanhando a evolução genética dos animais selecionados para rápido crescimento e maior deposição de carne.

O uso de agonistas β -adrenérgicos como a ractopamina tem sido uma alternativa nutricional interessante para melhorar o desempenho dos animais e as características de carcaça. Atualmente ela tem sido amplamente usada em dietas práticas para suínos em terminação por períodos de 14 a 35 dias que antecedem o abate.

A ractopamina altera a maneira como os nutrientes são direcionados para a deposição de gordura e de músculo, aumentando a quantidade de carne magra na carcaça ao aumentar a deposição proteica e reduzindo a deposição de gordura ao diminuir a lipogênese e aumentar a lipólise. Por alterar a deposição de tecidos, seu uso pode afetar as exigências nutricionais dos animais, principalmente as de

aminoácidos e energia, que estão diretamente relacionados à síntese proteica (Jacela et al., 2009).

A energia não pode ser considerada um nutriente, mas sim o produto do catabolismo dos nutrientes consumidos pelos animais, principalmente as proteínas, carboidratos, lipídeos e parte da fibra. Seu nível nas dietas para suínos podem variar de acordo com a idade, sexo e genética dos animais, assim como o ambiente térmico e ainda fatores relacionados às dietas, como a utilização de ractopamina, sendo necessários ajustes nos níveis energéticos das dietas para animais alimentados com ractopamina.

A condição térmica à qual os animais estão submetidos também é ponto importante a ser observado quando se estuda a exigência energética, principalmente para animais criados em altas temperaturas. Os suínos submetidos a estresse por calor tendem a reduzir o consumo voluntário, na tentativa de reduzir o incremento calórico produzido pelo processo digestivo, o que leva a uma perda na eficiência de utilização da energia da dieta à medida que se acionam os mecanismos de termorregulação para manter a homeostase térmica, prejudicando o desempenho desses animais (Kerr et al., 2003).

Em condições de altas temperaturas, quando ocorre redução do consumo voluntário dos animais, é recomendável aumentar a densidade da dieta, principalmente pelo aumento do nível energético destas, de forma a permitir que o animal consiga consumir os nutrientes e a energia necessária para seu máximo desempenho mesmo com a queda natural no consumo que vem acompanhada do estresse por calor. Em vista disso animais criados em ambientes de termoneutralidade ou altas temperaturas podem apresentar exigências energéticas diferentes.

Assim, torna-se importante avaliar os efeitos dos níveis de energia metabolizável para suínos machos castrados em terminação consumindo dietas suplementadas com ractopamina e criados em ambiente de termoneutralidade e altas temperaturas sobre os parâmetros de desempenho, características de carcaça e qualidade de carne.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Energia

A energia pode ser definida como a capacidade de realizar trabalho, sendo o trabalho a ação de uma força movimentando uma massa através de uma distância, mas biologicamente é mais fácil ver a energia como unidade de calor ou caloria, sendo uma caloria igual à quantidade de calor necessário para elevar 1 g água de 14°C para 15°C (Kleiber, 1975).

A energia dos alimentos não pode ser considerada um nutriente, mas sim o resultado da oxidação dos nutrientes durante o metabolismo animal. Dentre os constituintes dos alimentos, os carboidratos, os lipídeos, as proteínas (aminoácidos) e parte da fibra são fornecedores de energia para os monogástricos.

A energia presente nos alimentos, não é a energia real que o animal irá utilizar para a produção, pois parte dela é perdida nos processos digestivos, metabólicos e de manutenção, por isso a energia sofre um processo de partição, levando a algumas classificações distintas (Figura 1).

A primeira fração da energia é a energia bruta (EB) que é a energia total presente no alimento, ou seja, a quantidade de calor produzida pela oxidação total da matéria orgânica até CO₂ e H₂O (NRC, 1998), ela é medida em bomba calorimétrica adiabática e no processo é utilizado um fio de resistência, que toca a amostra em uma capsula especial contendo 25 atm de O₂, quando o circuito é fechado ocorre a queima total da amostra, e o calor liberado é medido através de termômetros de precisão acoplados ao aparelho.

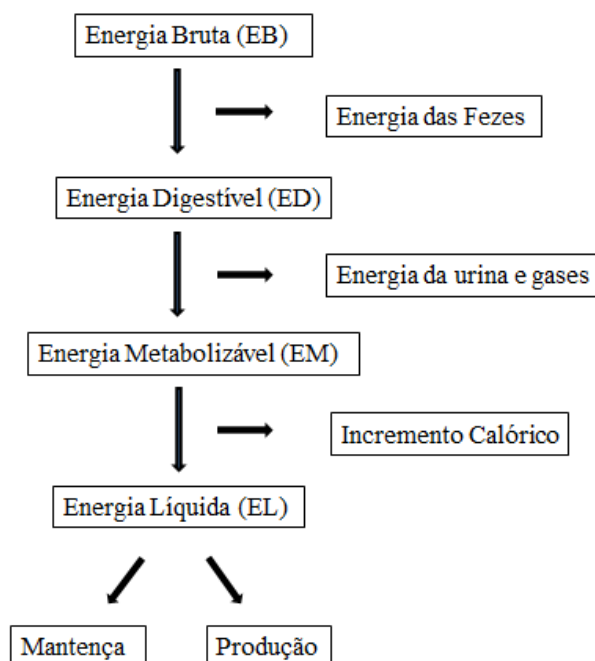


Figura 1: Partição da energia em energia bruta, digestível, metabolizável e líquida.
 Fonte: Sakomura & Rostagno, (2007).

A quantidade de EB que cada composto orgânico gera é variável, os carboidratos fornecem em média 3,7 kcal/g de glicose ou 4,2 kcal/g de amido, as proteínas 5,6 kcal/g e os lipídeos 9,4 kcal/g (NRC, 1998). O conteúdo de EB de um alimento não fornece informações sobre a quantidade real dessa energia que estará disponível ao animal, pois parte dessa energia pode não ser digerida pelo animal e eliminada nas fezes.

A energia digestível (ED) é a energia dos alimentos que é absorvida pelos animais após o processo de digestão, ela é determinada pela diferença entre a EB do alimento consumido e a energia bruta das fezes. Para a maioria das dietas de suínos, o coeficiente de digestibilidade da energia (CDE) pode variar entre 70 e 90% (Sauvant et al., 2002).

Vários fatores podem afetar o CDE, o principal deles é o teor de fibra nas dietas, já que os suínos apresentam baixa capacidade de digeri-la, e seu nível pode afetar a digestibilidade de outros nutrientes como as proteínas e gorduras (Le Goff &

Noblet, 2001), portanto, quanto maior o teor de fibra das dietas menor será o CDE das dietas (Noblet & Van Milgen, 2004).

Outros fatores também podem afetar o CDE como a adição de enzimas exógenas às dietas (Partridge, 2001), o processamento e a granulometria das dietas (Noblet & Van Milgen, 2004) ambos aumentando o CDE, e ainda a idade dos animais (Noblet et al. 2003), sendo que animais mais velhos possuem maior capacidade digestiva, principalmente da fração fibrosa e menor taxa de passagem quando comparados a animais mais jovens (Le Goff et al., 2002).

O teor de energia metabolizável (EM) de um alimento é a diferença entre ED, e as perdas endógenas, estas representadas pelas perdas de energia na urina e na forma de gases principalmente metano. Devido à baixa quantidade de gás produzido no processo digestivo de monogástricos normalmente as perdas na forma de gases é desconsiderada nos cálculos de EM para suínos.

A perda de energia na urina representa um percentual variável da EM, já que o teor de energia na urina, vai depender muito da excreção urinária de nitrogênio, e o teor de nitrogênio excretado esta diretamente relacionado ao teor de proteína digestível na dieta, sendo assim, a relação EM:ED está diretamente relacionada ao teor de proteína na dieta. Na maioria das situações a relação EM:ED das rações é de aproximadamente 0,96, mas pode variar de 0,90 a 0,99, dependendo do teor de proteína da dieta (Whittemore, 1997).

A energia líquida (EL) pode ser definida como a EM menos a energia perdida na forma de incremento calórico, e esta é a energia efetivamente utilizada pelo animal, ela pode ser fracionada em energia líquida para manutenção e energia líquida para produção.

Usa-se o termo incremento calórico para agrupar as várias formas de perda de calor que ocorrem no corpo do animal (Curtis, 1983). De uma forma geral o incremento calórico representa toda a perda de energia durante os processos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes. A energia do incremento calórico não é usada para os processos produtivos, mas podem ser utilizadas para manter a temperatura corporal quando necessário.

A relação EL:EM pode variar de acordo com a composição da ração, pois os nutrientes não são utilizados com a mesma eficiência. De acordo com Noblet & Van Milgen, (2004) a eficiência de utilização da EM para suínos é de 90% para os lipídeos, 82% para o amido, 58% para a proteína e 58% para a fibra, essas diferenças na eficiência de utilização da EM entre os nutrientes significa que o incremento calórico associado à utilização da EM é maior para a fibra e proteína que para os carboidratos e lipídeos.

Em relação à exigência energética dos suínos, vários fatores podem afeta-la, dentre estes podemos destacar os inerentes aos animais como idade, genética e sexo, os fatores ligados às rações, como a forma física, o nível de inclusão de alguns alimentos (óleo e fibra), e o uso de aditivos como as enzimas e β -agonistas como a ractopamina, e ainda fatores ligados ao ambiente.

As exigências energéticas variam para cada fase de vida dos suínos, essa exigência tende a aumentar à medida que os suínos envelhecem, visto que os animais mais velhos necessitam de maior quantidade de energia para manterem sua temperatura corporal constante.

Moita et al. (1996) avaliaram níveis de ED (3250; 3400; 3550; 3700 e 3850 kcal/kg) para leitões desmamos aos 12 dias até os 28 dias e não observaram diferença significativa para os parâmetros de desempenho avaliados, indicando que

pode ser usado o nível de ED de 3250 kcal/kg para leitões nessa faixa de idade. Beaulieu et al. (2009) estudaram níveis de ED (3090; 3240; 3340; 3420 e 3570 kcal/kg), sobre os parâmetros de desempenho e as características de carcaça de suínos na fase de crescimento (30 a 60 kg), e observaram aumento no ganho de peso, diminuição do consumo de ração e aumento da espessura de toucinho a medida que se aumentou o nível de ED das dietas, concluindo que o aumento do nível de ED nas dietas melhorou o desempenho dos animais, mas levou a uma piora na qualidade da carcaça.

Rezende et al. (2006) ao avaliar o desempenho de suínos em terminação (60 a 100 kg) suplementados com diferentes níveis de EM (3100, 3230, 3370 e 3500 kcal/kg), verificaram melhora no desempenho dos animais de acordo com aumento dos níveis de energia nas dietas. Apple et al. (2004) estudaram os efeitos do nível de EM (3330 e 3480 kcal/kg) para suínos em terminação de 84 a 105 kg consumindo dietas com 10 ppm de ractopamina. E concluíram que o nível de 3300 kcal EM/kg é suficiente para melhorar o desempenho e as características de carcaça dos animais alimentados com ractopamina.

As exigências energéticas podem variar em relação ao sexo dos animais, animais de sexos diferentes podem apresentar curvas de crescimento diferentes, o que pode levar a uma alteração das necessidades nutricionais, um exemplo claro disso é o fato de suínos machos castrados apresentarem maior deposição de gordura corporal quando comparadas às fêmeas ou aos machos inteiros.

Trindade Neto et al. (2005) estudaram o efeito dos níveis de EM (2370 e 3500) e dos níveis de lisina (0,83, 1,03 e 1,23%) sobre o desempenho de suínos machos castrados e marrãs na fase de crescimento. Não observaram interação entre os fatores avaliados e concluíram que o melhor nível de EM para suínos machos

castrados foi de 3270 kcal/kg e para as marrãs 3500 kcal/kg, onde foi observado diferença na conversão alimentar.

Objetivando avaliar níveis de ED para machos inteiros (Silva et al., 1998a) e fêmeas (Silva et al., 1998b) da raça Landrace dos 60 aos 100 kg, sendo os níveis de ED estudados iguais para os dois experimentos (3200; 3325; 3450; 3575 e 3700 kcal ED/kg). Para os machos inteiros foi observado aumento no ganho de peso e diminuição da conversão alimentar, ambos de forma linear à medida que se aumentou o nível de ED, e para as fêmeas observaram uma diminuição linear na conversão alimentar. Os autores concluíram que para os machos inteiros o melhor nível de foi de 3575 kcal ED/kg e para as fêmeas 3700 kcal ED/kg.

Paiano et al. (2008) avaliaram níveis de EL (2410; 2450; 2490; 2530 e 2570 kcal/kg) nas fases de crescimento e terminação de suínos machos castrados e fêmeas. Os autores não observaram efeito dos níveis de energia sobre o desempenho na fase de crescimento, já fase de terminação os machos castrados apresentaram maior consumo de ração e pior conversão alimentar quando comparados com as fêmeas. Para ambos os sexos houve diminuição linear do consumo e melhora linear na conversão alimentar com o aumento dos níveis de energia nas dietas. De acordo com Bikker e Bosch (1996), os efeitos dos níveis energéticos nas rações são mais pronunciados na fase de terminação do que na fase de crescimento.

Os resultados obtidos no estudo de Paiano et al., (2008) demonstram a importância da criação do suíno com a distinção de sexo, uma vez que suínos machos castrados e fêmeas diferem quanto ao padrão de deposição de carne e gordura na carcaça. As fêmeas depositam mais proteína em comparação aos machos castrados (Quiniou et al., 1999), entretanto suínos machos castrados consomem maiores quantidades de ração e esse maior consumo voluntário pode proporcionar ingestão de

energia superior à sua exigência, levando a excesso de energia que será depositada como gordura (Arouca et al., 2004).

Em relação ao ambiente térmico quando os animais são criados fora da sua zona de conforto térmico a exigência de energia pode variar, já que ajustes fisiológicos e comportamentais se fazem necessários para que os animais mantenham sua homeotermia. Dois trabalhos foram realizados para avaliar o nível de EL (2300; 2424; 2548 e 2668 kcal EL/kg) para leitoas em terminação consumindo dietas com ractopamina em condições de conforto térmico (Moura et al., 2011a) e de estresse por calor (Moura et al., 2011b), e concluíram que o melhor nível de EL para leitoas em terminação alimentadas com ractopamina em situação de conforto térmico foi de 2300 kcal EL/kg, e em condições de estresse por calor foi de 2548 kcal EL/kg, onde ocorreu redução da espessura da toucinho.

Demonstrando um aumento da exigência energética para os animais em estresse por calor, isso se deve possivelmente ao menor consumo de ração dos animais em estresse por calor, uma vez que o processo digestivo adiciona muito calor ao corpo, por isso se faz necessário um aumento do nível energético das dietas, para que os animais consumam a quantidade de energia necessária para seu máximo crescimento, mesmo com uma redução do consumo voluntário.

2.2 Ractopamina

Repartidores de nutrientes são compostos sintéticos semelhantes às catecolaminas endógenas que alteram o metabolismo animal desviando os nutrientes para as funções zootecnicamente desejáveis. Eles têm como principal função modificar a deposição de gordura e proteína na carcaça, aumentando a deposição de proteína e diminuindo a deposição de gordura (Dunshea et al., 1993). Os principais

representantes dessa classe de aditivos são: clenbuterol, salbutamol, terbutalina, ractopamina e zilpaterol.

Na suinocultura moderna o repartidor de nutriente mais usado é a ractopamina ela é um β -adrenérgico, que vem sendo utilizada como modificador de carcaça, melhorando o produto final e aumentando a lucratividade. Este promotor age modificando o metabolismo animal, melhorando os índices de desempenho e as características de carcaça, direcionando os nutrientes para funções zootecnicamente desejáveis para o produtor e o consumidor.

As ações desencadeadas pelos agonistas β -adrenérgicos são dependentes do anel aromático e da cadeia lateral. Ao anel aromático é conferida uma importância ligada à potência, enquanto à cadeia lateral é imputada a seletividade (Morgan, 1990).

Os agonistas β -adrenérgicos agem como modificadores no metabolismo animal, através de sua ligação com os receptores β -adrenérgicos das células. Algumas espécies, como bovinos e suínos, possuem β -receptores nos tecidos adiposo e muscular, que, quando são ativados pelas catecolaminas, promovem lipólise e ação muscular específica (Beermann, 2002). Os β -receptores do tecido adiposo quando ativados pelas catecolaminas promovem lipólise e conseqüente redução do teor de gordura corporal, já os β -receptores do tecido muscular quando acionados promovem aumento da síntese proteica (Aalhus et al., 1992).

Existem três subtipos de β -receptores (β_1 , β_2 e β_3), os quais estão presentes na maioria das células dos mamíferos. A distribuição e a proporção de cada um dos subtipos, assim como sua seqüência de aminoácidos variam entre as espécies e os tecidos do organismo animal (Mersmann, 1998). Os receptores β_1 são encontrados principalmente no coração, musculatura lisa intestinal e tecido adiposo, enquanto os

β_2 estão presentes na musculatura esquelética e tecido adiposo. De acordo com Mills (2002), os três tipos de receptores estão presentes no tecido adiposo de suínos, mas em proporções diferentes (β_1 - 75 %, β_2 - 20 % e β_3 - 5 %).

As respostas mediadas pela utilização da ractopamina ocorrem no interior da membrana celular após estimulação do receptor β pelo β -agonista. O complexo agonista-receptor fixa-se sobre uma proteína de ligação GS essa proteína GS é formada por três subunidades (α , β , γ), sendo a porção α ligada às demais pela guanosina difosfato (GDP), quando a proteína GS esta desativada as suas três subunidades permanecem unidas (Lehninger et al., 2007), mas quando o β -agonista se liga ao receptor β a porção α da proteína GS se desliga das demais e o GDP é substituído pela guanosina trifosfato (GTP), esse complexo α -GTP alteram a fluidez da membrana celular o que permite o seu deslocamento lateral estimulando a ação catalítica da adenilato ciclase (Moody et al., 2000).

O GTP interage com a adenilato ciclase, formando o complexo que converte adenosina trifosfato (ATP) em adenosina monofosfato cíclica (AMPc), que passa a atuar como segundo mensageiro (Mcgraw & Liggett, 2005). O AMPc ativa a proteína cinase A (PKA), que se encontra na forma inativa, tornando-a ativa, a qual conduz à fosforilação de enzimas, responsáveis pela resposta final da célula (Mcgraw & Liggett, 2005) (Figura 2).

Essas enzimas quando estão fosforiladas (na forma EPO₄), promovem respostas celulares que incluem: estimulação da lipólise, aumento da glicogenólise, aumento da concentração de insulina, glucagon e renina, relaxamento da musculatura lisa e aumento da contração cardíaca (Moody et al., 2000). Algumas enzimas quando são fosforiladas ficam inativas, como é o caso da acetil-CoA carboxilase, envolvida no processo de biossíntese de ácidos graxos.

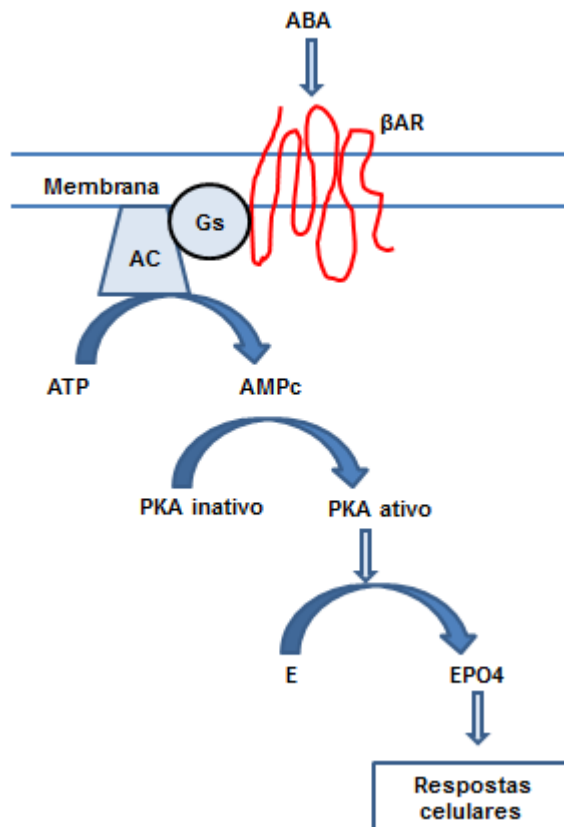


Figura 2: Modo de ação dos agonistas β -adrenérgicos, em que: ABA: agonista β -adrenérgico, β AR: receptor β -adrenérgico, Gs: proteína ativa, AC: enzima adenilato ciclase, ATP: adenosina trifosfato, AMPc: monofosfato cíclico de adenosina, PKA: proteína cinase A, E: enzima, EPO4: enzima fosforilada.
Fonte: Moody et al. (2000).

Um dos efeitos conhecidos do uso da ractopamina em suínos é a diminuição da quantidade de gordura na carcaça. Ela age principalmente inibindo a ligação da insulina no receptor adrenérgico dos adipócitos, antagonizando assim sua ação e, conseqüentemente, diminuindo a síntese lipídica e conseqüentemente sua deposição Haese & Bunzen (2005). Mas de acordo com Rutz & Xavier (1998) a eficiência da ractopamina na redução do tecido adiposo do animal pode estar mais relacionada à sua atividade em bloquear a lipogênese do que estimular a lipólise. O aumento da lipólise ocorre, pois o β -agonista ativa a lípase hormônio sensível que é uma das enzimas responsáveis pela quebra de gordura, e a queda na lipogênese ocorre, pois

ela inativa a acetil CoA-carboxilase que é a enzima responsável pela transformação do acetil-CoA em malonil-CoA, e é o primeiro passo na síntese dos ácidos graxos.

Em relação ao metabolismo proteico, ocorre aumento da síntese de proteína levando assim a melhoras na qualidade das carcaças dos animais submetidos à ação da ractopamina. Além disso, sabe-se que este aditivo liga-se aos receptores de membrana e dispara uma série de eventos que levam ao aumento no diâmetro das fibras musculares, mais especificamente das fibras brancas e intermediárias, além de estimularem o fluxo sanguíneo e aumentarem a captura de aminoácidos pelo músculo (Aalhus et al., 1990).

O uso da ractopamina pode promover uma melhora no desempenho dos suínos, principalmente no que se refere à conversão alimentar. Marinho et al. (2007) avaliaram a inclusão de 5 ppm ractopamina na dieta de suínos machos castrados em terminação por um período de 21 e 28 dias e observaram uma diminuição de 16% na conversão alimentar dos animais alimentados com ractopamina para os dois períodos, além de um aumento de 11,5% para o ganho de peso diário dos animais consumindo ractopamina por um período de 21 dias e de 12,5% para o período de 28 dias.

Agostini et al. (2011) também observaram diminuição linear da conversão alimentar dos suínos machos castrados alimentados com ractopamina quando avaliaram os níveis de inclusão de 10 e 20 ppm, mas não observaram variação nos parâmetros de carcaça a medida que se aumentou a inclusão de ractopamina. Almeida et al. (2010), verificaram melhora no ganho de peso diário e na conversão alimentar de suínos em terminação suplementados com 5 ppm de ractopamina, sem, no entanto, afetar o consumo de ração.

Sanches et al. (2010a) avaliaram o nível de inclusão de ractopamina (0, 5, 10 e 20ppm) sobre os parâmetros de desempenho de suínos mantidos em conforto térmico e observaram um aumento linear do ganho de peso diário e diminuição da conversão alimentar e ainda uma diminuição da espessura de toucinho, um aumento da profundidade de músculo e da porcentagem de carne magra na carcaça.

Sanches et al. (2010b) estudaram níveis de inclusão de ractopamina nas dietas de suínos em terminação criados em um condição de estresse por calor e observaram aumento do peso final, ganho de peso diário e diminuição da conversão alimentar, sem contudo observarem efeito sobre os parâmetros de carcaça. Indicando que os suínos mesmo criados em condições de estresse térmico podem responder de forma similar à inclusão da ractopamina nas dietas quando comparados a animais criados em conforto térmico em relação aos parâmetros de desempenho, mas em relação à carcaça podem ocorrer diferenças.

A resposta dos animais ao uso da ractopamina pode ser influenciada pelo tempo de suplementação desse aditivo. De acordo com Schinckell et al. (2000), a ractopamina tem sido mais eficaz quando administrada nos últimos 28 dias que antecedem o abate, uma vez que essa fase de criação é caracterizado pelo aumento da deposição de gordura e piora na conversão alimentar. Bark et al. (1992), trabalhando com suínos em terminação, verificaram que os resultados positivos para ganho de peso diário foram obtidos nos primeiros 14 dias de fornecimento da ractopamina, diminuindo com o tempo de tratamento e cessando, após quatro semanas de fornecimento.

Com relação a influencia da inclusão da ractopamina sobre os parâmetros de qualidade da carne, os resultados são muito controversos. Alguns autores como Bridi et al. (2006), Stoller et al. (2003) e Ferreira et al (2013) não observaram alterações

negativas nas características da carne, já Utarro et al. (1993), Carr et al. (2005) e Agostini et al (2011) observaram uma piora na qualidade da carne, principalmente no que se refere à maciez, sendo que a inclusão da ractopamina levou a uma diminuição da maciez da carne.

Apple et al. (2007) realizaram uma meta-análise a respeito da adição de ractopamina e a alteração na força de cisalhamento que indica a maciez da carne, e observaram aumento de 4,4%, 10,9% e 8,6% na força de cisalhamento para animais alimentados com 5, 10 e 20 ppm de ractopamina respectivamente. Este aumento na força de cisalhamento pode estar relacionado com o menor índice de fragmentação miofibrilar, pois a ractopamina pode predispor o animal ao aumento da ação da enzima calpastatina (Koohmaraie, 1992), essa enzima inibe a ação das calpaínas que são enzimas proteolíticas muito importantes no processo de amaciamento da carne *post-mortem*. A diminuição da gordura intramuscular ou de marmoreio observada por Warris et al. (1990) para os animais alimentados com ractopamina também pode apresentar influencia direta na redução da maciez.

A cor é um dos principais parâmetros que influenciam na qualidade da carne dos suínos, afetando diretamente o aceite dos consumidores pelo produto (Ramos & Gomide, 2007). Dentre os parâmetros de cor avaliados os principais são o L* que indica a luminosidade da carne, o a* que indica a concentração de oximioglobina na carne (Uttaro et al., 1993) ou o teor de vermelho da carne e o b* relacionado principalmente aos pigmentos carotenoides que se depositam na gordura (Bressan et al., 2004), ou o teor de amarelo na carne.

Alguns autores observaram redução dos valores de a* e b* na carne de suínos alimentados com ractopamina. Carr et al. (2005) verificaram valores menores de a* e b* em animais suplementados com 5 e 7,4 ppm de ractopamina, assim como

Fernández- Dueñas et al. (2008) com a adição de 10 ou 20 ppm de ractopamina nas dietas, o que não é interessante para a indústria. Entretanto, há estudos mostrando que a suplementação de 5, 10 ou 20 ppm de ractopamina para suínos não influenciou a coloração da carne (Bridi et al., 2006).

Campos et al. (2013) realizaram uma revisão a respeito da influencia do uso da ractopamina sobre a qualidade da carne de suínos e concluíram que a maioria dos estudos atuais demonstram que a ractopamina exerce influencia em alguns parâmetros relacionados à qualidade da carne, principalmente com aumento da força de cisalhamento e alterações de alguns parâmetros de cor como o a^* e o b^* .

2.3 Ambiente Térmico

O ambiente térmico pode ser caracterizado como um conjunto de fatores climáticos que atuam simultaneamente e exercem influência direta sobre os animais, afetando seu desenvolvimento, desempenho produtivo e reprodutivo (Curtis, 1983). As principais variáveis climáticas que influenciam o desempenho animal, definindo o microclima de uma região são a temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar, ventos, pluviosidade, luminosidade e altitude (Ashrae, 2001).

O animal porta-se como um sistema termodinâmico que, continuamente, troca energia com o ambiente. Nesse processo, os fatores externos do ambiente tendem a produzir variações internas no animal, influenciando a quantidade de energia trocada entre ambos, levando a necessidade de que alguns ajustes fisiológicos ocorram para manter o balanço de calor entre o animal e o ambiente, e assim a homeotermia do animal (Curtis, 1983).

Os suínos como todos os animais homeotérmicos mantém sua temperatura corporal dentro de certos limites relativamente estreitos, mesmo que a temperatura

externa varie intensamente, eles fazem isso por meio de processos para o aumento ou a diminuição da produção de calor metabólico e pela conservação ou dissipação do calor metabólico para o ambiente (Ferreira, 2005).

Nos suínos, a temperatura interna deve manter-se dentro de uma faixa relativamente estreita, entre 38 e 40°C (Muller, 1982), esse animais possuem um sistema termorregulador pouco desenvolvido, sendo animais sensíveis ao frio quando pequenos e sensíveis ao calor quando adultos, dificultando sua adaptação aos trópicos (Cavalcanti, 1973).

O processo de controle da temperatura corporal começa com a percepção de um sinal negativo do ambiente externo por sensores do animal, localizados principalmente na pele (termorreceptores para o frio e para o calor), este sinal é conduzido ao cérebro (hipotálamo) via nervos aferentes, onde é tomada a decisão de quais medidas tomar para manter a homeotermia, e depois via nervos eferentes o sinal é encaminhado aos tecidos periféricos com a resposta a situação ambiental estressante (Curtis, 1983).

Dependendo do grau do estresse por calor as respostas podem ser diferentes, alterações leves na temperatura levam a decisões mais brandas pelo organismo, essas medidas não levam a alterações metabólicas, as principais são alterações comportamentais que visam manter ou dissipar o calor do corpo e formas de aumentar a perda de calor produzido, o que não influenciam no desempenho dos animais, já alterações mais bruscas na temperatura podem levar a alterações metabólicas onde o animal aumenta ou diminui a produção de calor corporal e estas sim podem afetar o desempenho dos suínos (Barros et al., 2010).

Para que haja fluxo de calor no corpo do animal para o ambiente a primeira condição é que haja diferença de temperatura entre as partes envolvidas, ou seja,

deve haver um gradiente de temperatura, então ocorrerá fluxo de calor do local mais quente para o mais frio. O fluxo de calor oriundo da diferença de temperatura é conhecido como fluxo de calor na forma sensível e pode ocorrer por três processos: radiação, condução e convecção (Curtis, 1983), nesses processos ocorrem mudança na temperatura das duas partes envolvidas.

A radiação consiste na troca de calor por meio de ondas eletromagnéticas através do espaço entre dois pontos de diferentes temperaturas, neste caso a energia interna do corpo é transformada em energia radiante na forma de ondas eletromagnéticas, portanto, se um corpo recebe energia radiante sua temperatura aumenta e se ele libera energia na forma de radiação sua temperatura diminui.

A condução consiste na troca de calor quando há contato entre duas superfícies ou substâncias com diferentes temperaturas, uma molécula quente entra em contato com uma molécula mais fria e transfere parte de sua energia a ela, igualando suas temperaturas, e esta por sua vez choca-se com outra mais fria e continua transferindo o calor, até que a temperatura entre os dois corpos se igualem, onde não ocorre mais troca de energia (Nääs et al., 1998).

A última forma de troca de calor sensível é a convecção, que nada mais é do que o transporte de calor por corrente de moléculas de um lugar mais quente para um lugar mais frio, por exemplo, o ar em contato com a pele é aquecido, o que leva a uma diminuição da sua densidade fazendo com que ele se movimente para mais próximo da superfície e em razão da movimentação do ar mais frio acima da superfície do corpo esse ar mais quente é removido, e juntamente com ele o calor.

Outra forma de fluxo de calor do animal para o ambiente é o fluxo de calor na forma latente, este é dependente do gradiente de pressão do vapor de água, e as principais formas de troca latente são a evaporação e a condensação. Segundo

Rosenberg et al. (1983), as formas latentes de troca de calor constituem o principal mecanismo de dissipação de energia em ambientes quentes, sendo este processo muito importante para os suínos na prevenção da hipertermia.

As formas latentes de troca de calor são acionadas quando o animal se encontra em um ambiente com temperatura elevada. Nesse ambiente essas formas são de fundamental importância, uma vez que as formas sensíveis deixam de ser efetivas no balanço homeotérmico à medida que a temperatura ambiente se aproxima da corporal, e o gradiente de temperatura entre o corpo e o meio externo praticamente se iguala (Baêta e Souza, 2010).

A principal forma de troca de calor latente é através da evaporação, esse fluxo de calor é gerado pelo gradiente de pressão de vapor, e a pressão de vapor indica a quantidade de vapor d'água contido em um dado volume de ar, ou seja, a umidade relativa, quanto menor for a umidade relativa do ar, maior será o gradiente de pressão de vapor entre o animal e o ar e então maior será o fluxo de calor.

Nos suínos, o principal meio de perda de calor latente é via evaporação da água, através do aparelho respiratório, pois a perda de calor através da vaporização do suor na pele é insignificante. Isto se deve ao fato do suíno possuir poucas glândulas sudoríparas espalhadas pelo corpo, com exceção do focinho, tendo a maioria delas função termorregulatórias desprezíveis (Baêta e Souza, 2010). Os suínos apresentam aproximadamente 25 glândulas sudoríparas por cm^2 , já os humanos que perdem muito calor de forma latente através da evaporação do suor apresentam em média de 100 a 200 glândulas sudoríparas por cm^2 (Mount, 1979).

O estresse térmico pode ser classificado como crônico, quando é gradual e constante ou agudo, quando é brusco e intenso, para cada situação o animal reage de forma diferente (Henken et al., 1993).

O ambiente térmico pode ser classificado de acordo com as zonas de conforto térmico (figura 3), o ideal é que a temperatura ambiente se encontre dentro da faixa de conforto térmico ou até na faixa de modesto conforto térmico, nesses intervalos de temperatura o animal poderá demonstrar todo seu potencial produtivo, apresentando melhores ganhos.

Já quando a temperatura se encontrar acima da temperatura crítica superior ou abaixo da temperatura crítica inferior o animal estará em estresse térmico e terá que lançar mão de mecanismos mais intensos para manter sua homeotermia, como alterações na frequência respiratória, aumento ou diminuição da taxa metabólica e do consumo, entre outras, o que pode levar a uma piora no desempenho dos animais.

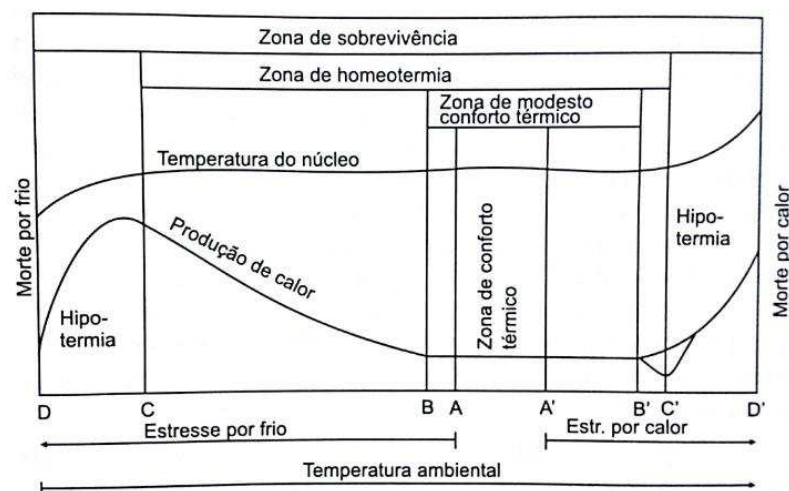


Figura 3: Zonas de conforto térmico.

Fonte: Curtis, (1983)

Dependendo da espécie animal a zona de conforto térmico e a temperatura crítica inferior e superior são diferentes, pois algumas espécies são mais adaptadas ao frio ou ao calor que outras. Para suínos em terminação a zona de conforto térmico se situa na faixa de 12 a 21°C, a temperatura crítica inferior é de 10°C e a temperatura crítica superior é de 26°C (Perdomo et al., 1985).

O Brasil é um país de dimensões continentais, e a maior parte do seu território se localiza entre a linha do Equador que corta a região norte e o trópico de Capricórnio, que corte a região sudeste, esta zona é caracterizada por climas quentes e úmidos. Próximo a linha do Equador são comuns temperaturas mais altas e sem grandes variações ao longo do ano, mas a medida que nos afastamos da linha do Equador as temperaturas tendem a variar mais durante o ano.

Os principais climas do Brasil são o equatorial (temperatura média: 20 – 27°C), o tropical (temperatura média: 18 – 28°C), o tropical de altitude (temperatura média: 18 – 22°C), o tropical atlântico (temperatura média: 18 – 26°C), o subtropical (temperatura média: 18°C) e o semiárido (temperatura média: acima de 27°C) (Mendonça & Oliveira, 2007), mostrando que na maior parte do território nacional as temperaturas são altas na maior parte do ano.

Como sugerido por Perdomo et al. (1985) a temperatura de conforto térmico para os suínos em terminação se situam na faixa dos 12 aos 21°C, portanto para a grande maioria do Brasil as temperaturas médias anuais se encontram acima dessa faixa, levando os animais a um estresse por calor crônico. Sendo este um dos grandes problemas da produção de suínos nos trópicos.

O estresse por calor desencadeia algumas alterações fisiológicas e comportamentais nos suínos, e essas alterações podem ser prejudiciais para o desempenho dos animais, principalmente quando estas levam a uma diminuição do consumo de alimento, o que ocasiona um menor ganho de peso e com isso um pior desempenho quando comparado com animais em situação de conforto térmico.

O primeiro sinal visível de animais em estresse por calor é o aumento da frequência respiratória para estimular a perda de calor pela forma evaporativa e manter o equilíbrio térmico corporal (Furlan & Macari, 2002). Este aumento

constitui a principal e mais eficiente forma de dissipar calor em suínos submetidos a altas temperaturas (Oliveira & Donzele, 1999).

A frequência respiratória normal em suínos adultos varia entre 15 a 45 movimentos por minuto (Yan & Yamamoto, 2000). Manno et al. (2006) avaliaram a frequência respiratória de suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg em ambiente de conforto térmico (22°C) e de estresse por calor (32°C), e observaram que os animais em conforto apresentaram frequência respiratória de 48 mov./min e os animais em estresse por calor de 97 mov./seg.

Por outro lado, esse aumento na frequência respiratória pode resultar em alcalose respiratória, provocando piora de desempenho zootécnico (Borges et al., 2003). A alcalose respiratória é ocasionada por níveis baixos de dióxido de carbono (CO₂), consequência direta da hiperventilação que faz com que o sangue perca dióxido de carbono (Haupt, 2006).

Quando a temperatura ambiente se eleva acima da capacidade de reajuste fisiológico, o calor corporal retido é capaz de alterar o estado de homeotermia, sendo comum um incremento da temperatura retal, que se torna mais intenso com o grau de desvio da temperatura de conforto térmico. Um aumento em seu valor significa que o animal está estocando calor, neste caso, o estresse calórico manifesta-se, pois seu aumento indica que os mecanismos de liberação de calor tornaram-se insuficientes para manter a homeotermia (Ferreira et al. 2006).

Manno et al. (2006) avaliando a temperatura retal de suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg em dois ambientes térmicos observaram que a temperatura retal passou de 39,6°C para 39,7°C para os animais em conforto e em estresse por calor respectivamente.

Huynh et al. (2005) realizaram um experimento com suínos em terminação com o objetivo de avaliar a partir de qual temperatura a frequência respiratória e a temperatura retal dos animais se altera, indicando estresse por calor, ou seja, para determinar a temperatura crítica superior. Eles iniciaram o experimento com a temperatura nas câmaras climáticas em 16°C, e mantiveram essa temperatura constante durante um dia, e foram aumentando 2°C por dia até atingir a temperatura de 32°C. Eles observaram que a frequência respiratória começou a aumentar em média aos 24°C e a temperatura retal aos 26°C, indicando que a frequência respiratória é acionada primeiro em situações de estresse por calor, para aumentar a perda de calor na forma evaporativa, e só posteriormente que a temperatura retal aumenta, quando a perda de calor por via evaporativa não está sendo mais eficiente para liberar o calor em excesso.

Outra alteração fisiológica ocasionada pelo estresse por calor é a diminuição dos níveis dos hormônios tireoidianos, principalmente a tiroxina (T4) e triiodotireonina (T3) (Guyton & Hall, 2002). Estes dois hormônios são considerados hormônios calorigênicos, ou seja, eles têm a capacidade de acelerar o metabolismo do animal aumentando a produção de calor (Rang et al., 1997). Quando em grande quantidade eles aumentam a produção de calor metabólico e em pequenas quantidades eles diminuem a produção de calor metabólico, que é o que ocorre em situações de estresse calórico crônico e com temperatura acima da temperatura crítica superior do animal.

Batista et al. (2011) dosaram os níveis dos hormônios T3 e T4 para suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg submetidos a dois graus de estresse por calor (30 e 34°C), e observaram diminuição dos níveis dos hormônios tireoidianos para os animais a 34°C quando comparados aos animais a 30°C. Indicando que eles tendem a

diminuir em situações de estresse por calor, visando uma redução da taxa metabólica para diminuir a produção de calor metabólico.

Outro hormônio muito importante para se avaliar no estresse por calor é o cortisol, em qualquer situação de estresse ele tende a aumentar. Fagundes et al. (2008) avaliaram o nível de cortisol para suínos em crescimento e terminação em situações de estresse por calor, com temperatura variando de 22,2 a 32,8°C e em termoneutralidade, com temperatura variando de 17,6 a 26,6°C. Eles observaram que os animais em estresse por calor apresentaram um nível de cortisol muito mais alto que os animais em conforto térmico 7,06 e 4,82 mg/dl de sangue respectivamente. Mas a utilização da dosagem de cortisol para determinar o estresse calórico deve ser usada com ressalvas, pois o cortisol é um hormônio muito sensível a qualquer situação estressante, portanto só o fato de manusear os animais para a coleta do sangue já pode alterar o teor de cortisol sanguíneo, levando a resultados não verdadeiros.

O peso e tamanho dos órgãos também podem sofrer alterações quando os animais se encontram em estresse por calor, Kiefer et al. (2009) avaliaram o peso dos órgãos de suínos machos em crescimento criados em dois ambientes térmicos: termoneutralidade (21,5°C) e estresse por calor (31,3°C), e observaram que os animais em estresse apresentaram peso absoluto dos órgãos menores que os animais em conforto, com exceção do estômago que não apresentou alteração. Segundo Kerr et al. (2003) a redução nos pesos de órgãos dos animais mantidos em ambiente quente, provavelmente, deve-se à tentativa de reduzir a produção de calor pelos órgãos metabolicamente ativos.

As principais alterações que ocorre no desempenho dos suínos em estresse por calor estão relacionadas com a necessidade de diminuição da taxa metabólica

com o objetivo de diminuir a produção de calor corporal (Curtis, 1983), o processo digestivo produz muito calor no corpo, portanto, para reduzir essa fonte extra de calor os suínos tendem a diminuir o consumo de ração, o que pode levar a uma queda no ganho de peso e uma piora da conversão alimentar.

Alguns nutrientes produzem mais calor durante seu processo digestivo que outros, os nutrientes considerados mais calorigênicos são as fibras e as proteínas, já os carboidratos e lipídios produzem um menor incremento calórico durante sua digestão quando comparados aos anteriores (Ferreira, 2005).

Dietas com alto teor de fibra produzem alto incremento calórico, portanto é esperado que o consumo voluntário de energia metabolizável em condições de alta temperatura seja inversamente proporcional ao teor de fibra, sendo que rações com um maior conteúdo de fibra resultam em um maior incremento, podendo limitar o consumo.

No estresse por calor a concentração de energia na dieta deve ser ajustada para permitir que a redução no consumo não afete de forma significativa o desempenho animal (Tavares et al., 2000). Desta forma, dietas que produzem menos calor por kcal de EM consumida devem ser preferidas. Neste caso o aumento no uso de fontes lipídicas seria interessante, pelo fato de apresentarem o menor incremento calórico dentre todos os nutrientes, mas sempre respeitando o limite de inclusão de lipídeos nas dietas para suínos.

Outra alternativa nutricional para minimizar os problemas do estresse por calor seria a redução do nível de proteína bruta das rações, essa redução não pode comprometer os níveis de aminoácidos essenciais limitantes, e isso é conseguido com a suplementação de aminoácidos industriais (Orlando et al., 2007).

Vários trabalhos evidenciam a piora no desempenho de animais em estresse por calor. Le Bellego et al. (2002) avaliando o desempenho de suínos na fase de crescimento (26 a 64 kg) e terminação (64 aos 100 kg) em diferentes temperaturas (22°C e 29°C) observaram uma redução de 14% e 22% no consumo de ração nas fases de crescimento e terminação respectivamente para os animais em estresse por calor e um aumento de 9% e 21% no ganho de peso de animais mantidos em ambiente termoneutro, mas não observaram diferença na conversão alimentar, demonstrando o efeito das altas temperaturas na diminuição do consumo de ração e conseqüentemente no desempenho dos animais.

Saraiva et al. (2012), avaliaram os níveis de fósforo disponível para suínos machos castrados em ambiente termoneutro e em altas temperaturas, observando aumento de 14% no ganho de peso médio dos animais mantidos em ambiente termoneutro quando comparado aos animais mantidos em altas temperaturas, independente da fonte de fósforo avaliada.

Kiefer et al. (2010) estudaram o efeito de diferentes temperaturas sobre desempenho de suínos em terminação, observando menor consumo de ração e ganho de peso, com conseqüente piora na conversão alimentar dos animais mantidos em elevadas temperaturas.

Ferreira et al. (2005) e Ferreira et al. (2007) avaliaram a redução de nível de proteína bruta com suplementação de aminoácidos para suínos dos 30 aos 60 kg em ambiente de conforto térmico (22°C) e de estresse por calor (32°C) respectivamente, em ambos os trabalhos eles observaram os melhores resultados de desempenho para os animais alimentados com 13% de proteína bruta.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AALHUS, J.L.; SCHAEFER, A.L.; MURRAY, A.C. et al. The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. **Meat Science**, v.31, p.397-409, 1992.
- AALHUS, J.L.; JONES, S.D.; SCHAEFER, S.D.M. et al. The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.70, n.5, p.943-952, 1990.
- AGOSTINI, P.S.; SILVA, C.A.; BRIDI, A.M. et al. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.231, p.659-670, 2011.
- ALMEIDA, V.V.; BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B. et al. Ractopamina, cromometionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1969-1977, 2010.
- APPLE, J.K.; RINCKER, P.J.; MCKEITH, F.K. et al. Review: Meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. **Professional Animal Scientist**, v.23, n.3, p.179-196, 2007.
- APPLE, J.K.; MAXWELL, C.V.; BROWN, D.C. et al. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamina. **Journal of Animal Science**, v.82, p.3277-3287, 2004.
- AROUCA, C.L.C.; FONTES, D.O.; FERREIRA, W.M. et al. Exigências de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados, de 95 a 122 kg, selecionados para deposição de carne magra. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.6, p.773-781, 2004.

- ASHRAE. **Thermal Comfort**. In: ASHRAE Fundamentals. Chapter 8. Atlanta, 2001.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais – conforto animal**. 2ª ed., Editora UFV, 2010, 269p.
- BARK, L.J.; STAHLY, T.S.; CROMWELL, O.L. et al. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamina. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3391-3400, 1992.
- BARROS, P.C.; OLIVEIRA, V.; CHAMBÓ, E.D. et al. Aspectos práticos da termorregulação em suínos. **Nutritime**, v.07, p.1248-1253, 2010.
- BATISTA, R.M.; OLIVEIRA, R.F.M., DONZELE, J.L. et al. Lisina digestível para suínos machos castrados de alta deposição de carne magra submetidos a estresse por calor dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.9, p.1925-1932, 2011.
- BEAULIEU, A.D.; WILLIAMS, N.H.; PATIENCE, J.F. Responses to dietary digestible energy concentration in growing pigs fed cereal grain-based diets. **Journal of Animal Science**, v.87, p.965-976, 2009.
- BEERMANN, D.H. Beta-Adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. **Journal of Animal Science**, v.80, p.18-23, 2002.
- BIKKER, P.; BOSCH, M. Nutrient requirements of pigs with high genetic potential for lean gain. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p.223-239, 1996.
- BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; SILVA, A.V.F. et al. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, v.33, n.5, p.975-981, 2003.

- BRESSAN, M.C.; JARDIM, N.S.; PERÉZ, J.N.O. et al. Influência do sexo e faixas de peso ao abate nas características físicoquímicas de carne de capivara. **Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, p.357-362, 2004.
- BRIDI, A.M.; OLIVEIRA, A.R.; FONSECA, N.A.N. et al. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2027-2033, 2006.
- CAMPOS, P.F.; SCOTTÁ, B.A.; OLIVEIRA, B.L. Influência da ractopamina na qualidade da carne de suínos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.1, p.164-172, 2013.
- CARR, S.N.; RINCKER, P.J.; KILLEFER, J. et al. Effects of different cereal grains and ractopamina hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.83, p.223-230, 2005.
- CAVALCANTI, S.S. Estudo da natimortalidade em suínos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.1, n.3, p.9-19, 1973.
- CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: State University Press, 1983.409p.
- DUNSHEA, F.R.; KING, R.H.; CAMPBELL, R.G. Interrelationships between dietary protein and ractopamine on protein and lipid deposition in finishing gilts. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2931-2941, 1993.
- FAGUNDES, A.C.A.; NEGRÃO, J.A.; SILVA, R.G. et al. Environmental temperature and serum cortisol levels in growing-finishing pigs. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.45, p.136-1440, 2008.

- FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D.M.; MYERS, A.J.; SCRAMLIN, S.M. et al. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy weight pigs fed ractopamina hydrochloride (Paylean ®). **Journal of Animal Science**, v.86, p.3544-3550, 2008.
- FERREIRA, A.S.; OLIVEIRA JUNIOR, G.M.; SILVA, F.C.O. et al. Ractopamine for Pigs: A Review about Nutritional Requirements. **Journal of Basic & Applied Sciences**, v.9, p.276-285, 2013.
- FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Redução da proteína bruta e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n. 4, p. 818-824, 2007.
- FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Redução da proteína bruta da ração e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1056-1062, 2006.
- FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Redução do nível de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.548-556, 2005.
- FERREIRA, R.A. **Maior produção com melhor ambiente – para aves, suínos e bovinos**. Editora Aprenda Fácil, 2005, 371p.
- FURLAN, L.F.; MACARI, M. Termoregulação. IN: FURLAN, L.F.; MACARI, M.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2ª ed. Jaboticabal: Funesp,2002. p.209-230.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 10ª ed. Ed. Guanabara Koogan S.A. Rio de Janeiro, 2002.

- HAESE, D. & BUNZEN, S. Ractopamina. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.02, p.183-189, 2005.
- HENKEN, A.M.; BRANDSMA, H.A.; VAN DER HEL, W. et al. Circadian rhythm in head production of limit-fed growing pigs of several breeds kept at and below thermal neutrality. **Journal of Animal Science**, v.71, p.1434-1440, 1993.
- HOUPT, T. R. DUKES. **Fisiologia dos Animais Domésticos**. 12ª edição. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, RJ. 2006, 946 p.
- HUYNH, T.T.T; AARNINK, A.J.A; VERSTEGEN, M.W.A. et al. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. **Journal of Animal Science**, v.83, p.1385-1396, 2005.
- KERR, B.J.; YEN, J.T.; NIENABER, J.A. et al. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation on environmental temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1998-2007, 2003.
- KIEFER, C.; MOURA, M.S.; SILVA, E.A. et al. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.2, p. 496-504, 2010.
- KIEFER, C.; MEIGNEN, B.C.G., SANCHES, J.F. et al. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.221, p.55-64. 2009.
- KLEIBER, M. **The fire of life: an introduction to animal energetics**. 2.ed. New York: Robert E. Krieger, 1975. 453p.
- KOOHMARAIE, M. Ovine skeletal muscle multicatalytic proteinase complex (proteasome): purification, characterization, and comparison of its effect on myofibrils with calpain. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3697-3708, 1992.

- 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.
- LE GOFF, G.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Influence of dietary fibre on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs, and adult sows. **Journal of Animal Science**, v.74, p.503–515, 2002.
- LE GOFF, G. & NOBLET, J. Comparative digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2418–2427, 2001.
- LEHNINGER, A. L. ; NELSON, D. L. ; COX, M. M.. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 1232 p. 2007.
- MANNO, M.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.471-477, 2006.
- MARINHO, P.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. Efeito da ractopamina e de métodos de formulação de dietas sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1061-1068, 2007.
- MCGRAW, D. W. and LIGGETT, S. B. Molecular mechanisms of beta-adrenergic receptor function and regulation. **Proceedings of the American Thoracic Society**, v.2, p.292-296, 2005.
- MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, D.I.M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

- MERSMANN, H.J. Overview of the effects of β -adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. **Journal of Animal Science**, v.76, p.160-172, 1998.
- MILLS, S. Biological basis of the ractopamina response. **Journal of Animal Science**, v.80, p.28-32, 2002.
- MOITA, A.M.S.; COSTA, P.M.A.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de energia digestível para leitões de 12 a 28 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.5, p. 964-972, 1996.
- MOODY, D.E.; HANCOCK, D.L.; ANDERSON, D.B. Phenethanolamine repartitioning agents. **Farm animal metabolism and nutrition** ed. New York: CAB, p.65-95, 2000.
- MORAES, E.; KIEFER, C.; SILVA, I.S. Ractopamina em dietas para suínos machos imunocastrados, castrados e fêmeas. **Ciência Rural**, v.40, n.2, p.409-414, 2010.
- MORGAN, D.J. Clinical pharmacokinetics of β -agonists. **Clinical Pharmacokinetic**, v.18, p. 270-294, 1990.
- MOUNT, L.E. **The assesment of thermal environment**. London: Arnold, 1979. 333p.
- 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, n.9, p.1968-1974, 2011a.
- MOURA, M.S.; KIEFER, C.; SILVA, C.M. et al. Níveis de energia líquida e ractopamina para leitoas em terminação sob altas temperaturas ambientais. **Ciência Rural**, v.41, n.5, p.888-894, 2011b.
- MÜLLER, P.B. **Bioclimatologia Aplicada aos Animais Domésticos**. 2ª ed. Porto Alegre: Sulina, 1982. 183p.

- NÄÄS, I.A.; MOURA, D.J.; SEVEGNANI, K.B. et al. Determining the ideal ventilation system in swine production - A Case Study. In: Proceedings of the 7th International Conference on Computers in Agriculture. American Society of Agricultural Engineers. St Joseph, MI. 1998. p 923-929.
- NOBLET, J. & VAN MILGEN. Energy value of pig feeds: Effect of pig body weight and energy evaluation system **Journal of Animal Science**, v.82, p.229-238, 2004.
- NOBLET, J.; BONTEMS, V.; TRAN, G. Estimation de la valeur énergetique des aliments pour le porc. **Prod. Anim.**, v.16, p.197-210, 2003.
- NRC. 1998. **Nutrient Requirements of Swine**. 10th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. Effect of environmental temperature on performance and on physiological and hormonal parameters of gilts fed at different levels of digestible energy. **Animal Feed Science and Technology**, v.81, p.319-331, 1999.
- ORLANDO, U.A.D.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em dietas para leitoas mantidas em ambiente de alta temperatura dos 60 aos 100 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1069-1075, 2007.
- PAIANO, D.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C. et al. Relações treonina:lisina digestível e níveis de energia líquida para suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2147-2156, 2008.
- PARTRIDGE, G.G. The role of carbohydrase enzymes in pig nutrition. Pages 161-197 in *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. M. R. Bedford and G. G. Partridge, ed. CABI Publishing, Oxon, U.K, 2001.

- PERDOMO, C.C.; KONZEN, E.A.; SILVA, A.P. Curso de atualização sobre a produção de suínos. Concórdia: CNPSA-EMBRAPA, 1985.
- PEREIRA, F.A.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. Efeitos da ractopamina e de dois níveis de lisina digestível na dieta sobre o desempenho e características de carcaça de leitoas em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, p.943-952, 2008.
- QUINIYOU, N.; NOBLET, J.; DOURMAD, J.Y. et al. Influence of energy supply on growth characteristics in pigs and consequences for growth modeling. **Livestock Production Science**, v.60, p.317-328, 1999.
- RAMOS, E.M. & GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos Metodologias**. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2007. 599 p.
- RANG, H. P.; DALE, M. M.; RITTER, J. M. **Farmacologia**. 3º ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 1997.
- REZENDE, W.O.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de energia metabolizável mantendo a relação lisina digestível:caloria em rações para suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1101-1106, 2006.
- ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L.; VERNA, S.B. **Microclimate: the biological environment**. New York, wiley-Interscience Publication, 1983. 495 p.
- RUTZ, F.; XAVIER, E.G. Agentes repartidores de energia para aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1998, Botucatu. Anais...Botucatu, 1998, p.201-218.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283p.

- SANCHES, J.F.; KIEFER, C.; MOURA, M.S. et al. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. **Ciência Rural**, v.40, n.2, p.403-408, 2010a.
- SANCHES, J.F.; KIEFER, C.; CARRIJO, A.S. et al. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação mantidos sob estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1523-1529, 2010b.
- SARAIVA, A.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Phosphorus requirements for 60 to 100 kg pigs selected for high lean deposition under different thermal environments **Journal of Animal Science**, v.90, p.1499-1505, 2012.
- SAUVANT, D.; PEREZ, J. M.; TRAN, G. Tables de composition et de valeur nutritive des matie`res premie`res destine`es aux animaux d'e`levage: porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. D. Sauvant, J.M. Perez, and G. Tran, ed. INRA Editions, Versailles, 2002.
- SCHINCKEL, A.P.; RICHERT, B.T.; KENDALL, D.C. Modeling the response to Paylean® and dietary lysine requirements. **Swine Research Report**, Purdue, 2000.
- SILVA, F.C.O.; DONZELE, J.L.; FREITAS R.T.F. et al. Níveis de energia digestível para machos inteiros dos 60 a 100 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.5, p.959-964, 1998a.
- SILVA, F.C.O.; DONZELE, J.L.; FREITAS R.T.F. et al. Níveis de energia digestível para marrãs de 60 a 100 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.5, p.951-958, 1998b.
- STOLLER, G.M.; ZERB, H.N.; MOELLER, S.J. et al. The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three

- diverse genetic lines of swine. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1508-1516, 2003.
- TAVARES, S.L.S.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Influência da temperatura sobre o desempenho e os parâmetros fisiológicos de suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.199-205, 2000.
- TRINDADE NETO, M.A.; MOREIRA, J.A.; BERTO, D.A. Energia metabolizável e lisina digestível para suínos na fase de crescimento, criados em condições de segregação sanitária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1980-1989, 2005.
- UTTARO, B.E., BALL, R.O., DICK, P. et al. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2439–2449, 1993.
- WARRIS, P.D.; NUTE, G.R.; ROLPH, T.P. et al. Eating quality of meat from pigs given the beta-adrenergic agonist salbutamol. **Meat Science**, v.30, p.75-80, 1991.
- WHITTMORE, C.T. An analysis of methods for the utilization of net energy concepts to improve the accuracy of feed valuation in diets for pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.68, p.89-99, 1997.
- YAN, P.S; YAMAMOTO, S. Relationship between thermoregulatory responses and heat loss in piglets. **Journal of Animal Science**, v.71, p.505-509, 2000.

CAPÍTULO II

Níveis de energia metabolizável em dietas com ractopamina para suínos machos castrados em fase final de terminação criados em ambiente de termoneutralidade

O artigo foi formatado de acordo com as normas para publicação na revista Journal Animal Science – JAS e adaptado para leitura de teses da Universidade Federal de Viçosa

RESUMO: Com o objetivo de avaliar níveis de energia metabolizável para suínos machos castrados em terminação, consumindo dietas com ractopamina e criados em ambiente termoneutro, foram utilizados 70 suínos machos castrados com peso inicial de $84,3 \pm 2,27$ kg distribuídos em delineamento de blocos ao acaso com cinco tratamentos, sete repetições e dois animais por unidade experimental, na formação dos blocos foi utilizado como critério o peso inicial dos animais. Os tratamentos consistiram de cinco níveis de energia metabolizável (3100; 3200; 3300; 3400 e 3500 kcal/kg de ração) todos suplementados com 10 ppm de ractopamina. O aumento do nível energético das dietas foi obtido pela inclusão de óleo de soja em substituição ao material inerte e o período experimental foi de 28 dias. As temperaturas máxima e mínima e o índice de temperatura e globo negro ficaram dentro da faixa que caracteriza o ambiente como de conforto térmico durante todo o período experimental. Os níveis de energia metabolizável nas dietas não influenciaram o ganho de peso diário e o consumo de energia metabolizável diário dos animais. Observou-se efeito linear decrescente dos níveis de energia metabolizável sobre o consumo de ração e sobre a conversão alimentar. Os níveis de energia metabolizável influenciaram a área de olho de lombo dos animais de forma quadrática com melhor resultado para o nível estimado de 3350 kcal EM/kg de ração, e não foram observados diferença para os demais parâmetros de carcaça, assim como para todos os parâmetros de qualidade de carne avaliados. O nível de energia metabolizável em dietas com ractopamina para suínos em terminação criados em ambiente de termoneutralidade é de 3350 kcal/kg.

Palavras chave: características de carcaça; conforto térmico; energia; qualidade da carne.

ABSTRACT: With the objective of evaluating levels of metabolizable energy for finishing barrows consuming diets with ractopamine and raised in thermoneutral environment, 70 barrows were used with an initial weight of 84.3 ± 2.27 kg distributed in a completely randomized block, with five treatments, seven replicates and two animals per experimental unit, for the formation of the blocks were used as a criterion the initial weight of the animals. The treatments consisted of five levels of metabolizable energy (3100, 3200, 3300, 3400 and 3500 kcal ME/kg diet) all supplemented with 10 ppm of ractopamina. The increasing in energy level of the diets were obtained by adding soybean oil in replacement of inert material and the experimental period was 28 days. The maximum and minimum temperatures and the index to temperature, black globe and humidity were within the range that characterizes the environment as thermal comfort throughout the experimental period. The levels of metabolizable energy in the diet did not affect the, daily weight gain and daily metabolizable energy intake of animals. Were observed a linear decrease of metabolizable energy levels on daily feed intake and feed conversion. The metabolizable energy levels influenced the loin eye area of the animals in a quadratic way with best result for the level of 3350 kcal ME/ kg diet, and the other carcass parameters showed no significant differences, as well as all the meat quality parameters evaluated. The level of metabolizable energy in diets with ractopamine to finishing pigs raised in thermoneutral environment is 3350 kcal/kg

Key words: carcass characteristics; energy; meat quality; thermal comfort.

1. INTRODUÇÃO

A energia não pode ser considerada um nutriente, mas sim o produto do catabolismo dos nutrientes consumidos pelos animais, principalmente as proteínas, carboidratos e lipídeos. O nível de energia a ser incluído nas dietas para suínos pode variar de acordo com a idade, sexo e genética dos animais, com o ambiente térmico, bem como com os fatores relacionados às dietas.

O uso da ractopamina na alimentação dos suínos pode afetar a exigência energética destes animais. A ractopamina é uma agonista β -adrenérgico que pode alterar o direcionamento dos nutrientes para deposição de gordura e de músculo, com consequente aumentando da quantidade de carne magra na carcaça e reduzir a deposição de gordura nas carcaças, isso pode ocorrer devido à diminuição do processo de lipogênese e aumento da lipólise. Em decorrência desses efeitos, o uso da ractopamina pode afetar as necessidades nutricionais dos animais, principalmente de aminoácidos e energia, que estão diretamente relacionados à síntese proteica (Jacela et al., 2009).

Suínos criados em condições ambientais adequadas podem expressar seu potencial genético para ganho de peso e conversão alimentar, quando comparado a animais criados em ambiente térmico inadequados como em temperaturas elevadas, que podem provocar estresse por calor aos suínos devido alterações fisiológicas e comportamentais necessárias à manutenção da homeotermia.

Como os efeitos da ractopamina podem ser dependentes dos níveis de energia das dietas e o nível de energia das dietas pode ser afetado pela temperatura ambiente, verificou-se a necessidade de estudar o nível energético das dietas com ractopamina para suínos machos castrados em fase final de terminação criados em ambiente de termoneutralidade.

2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no período de junho a julho de 2013, no galpão experimental de suínos, localizado na Fazenda Experimental da EPAMIG, em Oratórios - MG. Os animais foram alojados em baias providas de comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta, com área de 1,87 m²/animal. O galpão utilizado foi de alvenaria, com piso de concreto e com cobertura de telhas de amianto.

O experimento foi conduzido obedecendo às instruções normativas e aos princípios éticos da experimentação animal, de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal do CONCEA, sendo aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa em 21 de março de 2014, sob o número 06/2014.

Foram utilizados 70 suínos machos castrados, híbridos comerciais (Agrocres Pic), com peso médio inicial de 84,3 ± 2,27 kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso. Na distribuição dos animais dentro de cada bloco, foi adotado como critério o peso inicial dos animais.

Foram utilizados cinco tratamentos de acordo com a variação do nível de energia metabolizável nas dietas (3100; 3200; 3300; 3400 e 3500 kcal EM/kg) todos com a inclusão de 10 ppm de ractopamina, sete repetições e dois animais por unidade experimental.

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja, para atender as exigências nutricionais dos animais recomendados por Rostagno et al. (2011), com excessão do nível de energia metabolizável e de aminoácidos, para os níveis de lisina, metionina, treonina e triptofano, foram utilizados os níveis recomendados por Campos (2013). O aumento do nível de

energia metabolizável das dietas foi feito pela inclusão de óleo vegetal às dietas em substituição ao material inerte.

Tabela 1: Composições centesimal e calculada das dietas experimentais.

Ingredientes	Níveis de Energia Metabolizável (kcal/kg)				
	3100	3200	3300	3400	3500
Milho	63,768	63,768	63,768	63,768	63,768
Farelo de soja (45%)	25,889	25,889	25,889	25,889	25,889
Óleo vegetal	1,634	2,860	4,070	5,290	6,510
Inerte	5,070	3,844	2,634	1,414	0,194
Fosfato bicálcico	1,274	1,274	1,274	1,274	1,274
Calcário	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
Sal	0,361	0,361	0,361	0,361	0,361
L-Lisina HCL	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359
DL-Metionina	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
L-Treonina	0,112	0,112	0,112	0,112	0,112
L-Triptofano	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
Premix vitamínico ¹	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Premix mineral ²	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Antibiótico ³	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Antioxidante ⁴	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Ractopamina® ⁵	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
EM (kcal/kg)	3100	3200	3300	3400	3500
Proteína bruta (%)	17,214	17,214	17,214	17,214	17,214
Cálcio (%)	0,717	0,717	0,717	0,717	0,717
Fósforo disponível (%)	0,331	0,331	0,331	0,331	0,331
Lisina digestível (%)	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050
Met. + Cis. digestível (%)	0,586	0,586	0,586	0,586	0,586
Treonina digestível (%)	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668
Triptofano digestível (%)	0,188	0,188	0,188	0,188	0,188
Valina digestível (%)	0,716	0,716	0,716	0,716	0,716
Sódio (%)	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
Cloridrato de ractopamina (ppm)	10	10	10	10	10

¹Composição por kg de ração: 1767 UI de vit. A; 454,5 UI de vit. D3; 14 UI de vit. E; 1 mg de vit. K; 0,252 mg de B1; 1,34 mg de B2; 0,252 mg de B6; 9,84 mcg de B12; 0,168 mcg de ácido fólico; 0,0075 mg de biotina; 3,3 mg de ácido pantotênico; 8,07 mg de niacina.

²Composição por kg de ração: 0,012 g de Fe; 0,007 mg de Cu; 0,037 mg de Zn; 0,02 g de Mn; 0,71 mg de I, 0,1 mg de Se e 0,084 mg de Co.

³Colistina

⁴Butil hidroxi tolueno (BHT).

⁵Transuin – cloridrato de ractopamina 20%

As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas diariamente por meio de termômetros de máxima e mínima (16:00h) e de bulbo seco

e bulbo úmido e globo negro (07:00h, 10:00h, 13:00h e 16:00h) para posterior cálculo da umidade relativa e do índice de temperatura de globo negro e umidade ou ITGU.

As rações experimentais e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental (28 dias). As rações, as sobras e os desperdícios foram pesados semanalmente, e os animais pesados no início e no final do período experimental, para cálculo do consumo de ração, do consumo de energia metabolizável, do ganho de peso e da conversão alimentar.

Ao final do período experimental, todos os animais foram submetidos a jejum alimentar de 18 horas, após o qual foram pesados e encaminhados para abate no Frigorífico Industrial Vale do Piranga, localizado no município de Ponte Nova-MG, onde foram insensibilizados por choque, sangrados, escaldados e eviscerados, obedecendo às normas de bem estar animal e abate humanitário.

Na linha de abate as carcaças foram tipificadas individualmente, com auxílio de pistola STORK-SFK, utilizando o sistema informatizado “Fat-o-MeaterFour”. Foram obtidos dados de espessura de toucinho, porcentagem de carne na carcaça, quantidade de carne magra na carcaça, peso da carcaça quente e rendimento de carcaça. Foram também, realizadas medidas da área de olho de lombo.

A medida da área do músculo *Longissimus dorsi* ou área de olho de lombo foi realizada na altura da 10^a costela. A área do músculo *Longissimus dorsi* foi limpa com faca e coberta com filme de polietileno de baixa densidade. Sobre o filme de polietileno foi colocado uma transparência, e então realizado o desenho do contorno do lombo, com caneta retroprojeter de ponta fina, não incluindo os outros músculos (ABCS, 1973). Para obtenção da área, utilizou-se papel milimetrado, a transparência foi colocada sobre o papel milimetrado, de forma que o maior número de pontos

permanecesse dentro da área demarcada, foi então, realizada a contagem dos pontos dentro da área, sendo cada ponto equivalente a 1 cm^2 .

Após o abate e avaliação das características de carcaças, foi realizada a análise do pH 45 minutos e então as carcaças foram armazenadas e resfriadas a $5 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas, após esse período foi realizada a análise do pH 24 horas. As análises de pH foram realizadas no musculo *Longissimos dorsi*, na altura da ultima costela com o auxilio de um pHmetro portátil com eletrodo de inserção de acordo com metodologia descrita por (Ramos & Gomide, 2007).

Após a análise do pH 24 horas foi coletada uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* de cada animal. Em seguida as amostras foram congeladas em "freezer" horizontal, a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$, para posterior análise das características qualitativas da carne. Com relação à qualidade da carne suína, foram avaliadas as seguintes características: perda de água no descongelamento e na cocção, cor, maciez objetiva ou força de cisalhamento e oxidação lipídica. As análises foram realizadas no laboratório de qualidade de carne do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa-MG.

Para a quantificação da perda de água no descongelamento e cocção, as amostras congeladas foram pesadas, embaladas em sacos de polietileno, identificadas e armazenadas em geladeira doméstica por 24 horas a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ para descongelarem. Após 24 horas, as amostras foram retiradas da geladeira, enxugadas levemente com toalha de papel e pesadas novamente. As mesmas foram assadas, após permanecer 30 minutos à temperatura ambiente, sem a adição de qualquer condimento, até que a temperatura interna atingisse $70 \text{ }^\circ\text{C}$, a qual foi verificada por meio de termômetro, após, foram retiradas do forno, resfriadas e, então, novamente pesadas. A perda de

líquido no descongelamento e na cocção foi expressa em porcentagem de água perdida em relação ao peso original da amostra (Bridi & Silva, 2007).

As amostras provenientes da determinação da perda por cocção foram cortadas com auxílio de uma sonda, em cilindros de 1,2 cm de diâmetro, orientados paralelamente ao eixo das fibras para análise da força de cisalhamento. Removeram-se sete cilindros de cada amostra, totalizando sete medidas por animal avaliado. Estes cilindros foram submetidos a uma força de cisalhamento aplicada transversalmente ao seu comprimento, a uma velocidade de 5 mm/segundo, de modo que as fibras musculares estivessem orientadas perpendicularmente ao eixo de uma lâmina Warner Bratzler, acoplada a um texturômetro Texture Analyser TA – XT2I (Stable Micro Systems) (Barros, 2001).

Para a análise de cor, as amostras do músculo *Longissimus dorsi* foram descongeladas e ficaram expostas ao ar por 40 minutos para a reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico e em seguida a cor foi avaliada pela determinação no sistema HUNTER LAB, da luminosidade (L*), do índice de vermelho (a*) e do índice de amarelo (b*), os quais foram medidos em espectrofotômetro Color Quest XE Hunter Lab. Todas as leituras foram armazenadas em um computador conectado ao espectrofotômetro e provido do sistema *Software* Universal.

O método utilizado para a análise da oxidação lipídica foi o Indicativo de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbiturico (TBARS). Foram homogeneizados 10 g de amostra (duplicata) em turrax com 20 mL de ácido tricloroacético (TCA). Após, as amostras foram centrifugadas por 30 minutos e filtradas em papel filtro. As amostras filtradas (2 mL) foram transferidas para tubos de ensaio tampados, devidamente identificados, e adicionaram-se, a cada tubo 2 mL de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), aquecendo-se os tubos fechados por 20 minutos para o

desenvolvimento da cor. Após resfriamento, a absorvância foi lida em espectrofotômetro, a 532 nm. Os resultados foram expressos em “número de TBARS”, definidos como a massa, em mg de malonaldeído (MDA), por 1000 g de amostra. As avaliações correspondem às médias das análises em duplicata, efetuadas para cada amostra (Rosmini et al., 1996).

A baía foi considerada a unidade experimental para as análises das variáveis de desempenho (consumo diário de ração, consumo diário de energia metabolizável, ganho de peso diário e conversão alimentar). Para as análises estatísticas de características de carcaça e de qualidade de carne cada animal foi considerado como sendo uma unidade experimental. Os dados foram analisados utilizando-se o programa estatístico SAS (2002), seguindo o delineamento em blocos ao acaso. A estimativa do melhor nível de energia metabolizável foi determinada por meio de análises de regressão linear e/ou quadrática, conforme melhor ajuste dos dados e os valores de probabilidade menores que 5% foram considerados significativos.

3. RESULTADOS

Os valores médios das temperaturas máximas e mínimas, registrados durante o período experimental, foram de $25,1 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ e $16,0 \pm 2,1^{\circ}\text{C}$ respectivamente. Na tabela 2 são apresentados os valores médios de umidade relativa e índice de temperatura de globo negro e umidade registrado durante o período experimental.

Tabela 2: Umidade relativa do ar (UR%) e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) registrados durante o período experimental.

Horário	UR%	Desvio Padrão	ITGU	Desvio Padrão
07:00 h	85	5,4	64	2,7
10:00 h	76	8,1	70	2,6
13:00 h	68	7,0	71	1,3
16:00 h	66	2,2	72	1,7

Não se observou efeito ($P>0,05$) do aumento do nível de energia metabolizável nas dietas sobre o ganho de peso diário e consumo de energia metabolizável diário (tabela 3).

Tabela 3: Desempenho de suínos em terminação alimentados com dietas contendo níveis crescentes de energia metabolizável.

Parâmetros	Nível de Energia Metabolizável (kcal/kg)					p valor	CV (%)
	3100	3200	3300	3400	3500		
Peso inicial (kg)	84,3	84,3	84,3	84,3	84,2	---	---
Peso final (kg)	114,4	114,9	116,3	116,0	116,3	---	---
Consumo diário de ração (g/dia) ¹	3.190	3.180	3.170	2.980	2.880	0,01	3,5
Ganho de peso diário (g/dia)	1.070	1.090	1.140	1.130	1.140	0,07	4,7
Conversão Alimentar (g/g) ¹	2,97	2,93	2,79	2,65	2,52	0,01	6,3
Consumo de EM diário (kcal/dia)	9.890	10.178	10.456	10.131	10.081	0,09	3,5

¹ Efeito linear ($P=0,01$)

O consumo diário de ração (CDR) diminuiu e a converção alimentar (CA) melhorou ($P=0,01$) de forma linear com o aumento dos níveis de energia metabolizável das dietas, segundo as equações $Y = 5,786 - 0,0008X$, $R^2 = 0,84$ e $Y = 6,666 - 0,0012X$, $R^2 = 0,97$ respectivamente.

Não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de energia metabolizável sobre a espessura de toucinho (ET), porcentagem (PC) e quantidade de carne magra (QC) na carcaça, peso da carcaça quente (PCQ) e rendimento de carcaça (RC) (Tabela 4).

Observou-se efeito quadrático ($P=0,01$) na área de olho de lombo (AOL) dos animais em função da variação do nível de energia metabolizável nas dietas, de acordo com a equação $Y = 0,000087X^2 + 0,5829X - 914,76$, $R^2 = 0,93$, que foi maximizado com o nível de 3350 kcal EM/kg de ração.

Tabela 4: Características de carcaça de suínos em terminação alimentados com dietas contendo níveis crescentes de energia metabolizável.

Parâmetros	Nível de Energia Metabolizável (kcal/kg)					p valor	CV (%)
	3100	3200	3300	3400	3500		
Espessura de toucinho (mm)	15,1	15,3	15,3	15,5	16,0	0,72	11,7
Carne magra na carcaça (%)	56,7	56,7	57,2	56,7	56,0	0,89	2,9
Carne magra na carcaça (kg)	46,7	46,9	46,8	46,5	46,3	0,99	5,6
Peso da carcaça quente (kg)	82,5	82,2	82,3	82,4	82,7	0,99	2,9
Rendimento de carcaça (%)	73,7	74,0	74,1	74,4	74,0	0,97	3,6
Área de olho de lombo (cm ²) ¹	56,8	58,3	62,3	61,7	59,4	0,01	7,8

¹ Efeito quadrático (P=0,01)

Não houve efeito (P>0,05) dos níveis de energia metabolizável sobre as características de qualidade de carne avaliadas (Tabela 5).

Tabela 5: Qualidade da carne determinada no músculo *longissimus dorsi* de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de energia metabolizável.

Parâmetros	Nível de Energia Metabolizável (kcal/kg)					p valor	CV (%)
	3100	3200	3300	3400	3500		
Perda de água no descongelamento (%)	16,3	16,9	16,7	16,6	16,6	0,97	13,8
Perda de água na cocção (%)	28,8	28,5	27,6	27,8	28,2	0,94	15,2
Força de cisalhamento (Kgf)	2,9	3,0	2,9	2,7	3,0	0,40	14,1
L*	54,0	54,4	54,1	54,1	54,3	0,98	3,5
a*	5,8	5,5	5,7	6,0	5,9	0,42	13,9
b*	14,0	13,8	13,9	14,4	14,3	0,27	5,7
pH 45 minutos	6,12	6,14	6,15	6,15	6,15	0,88	1,5
pH 24 horas	5,79	5,79	5,81	5,84	5,83	0,32	1,3
TBARS (g/kg)	0,35	0,34	0,36	0,32	0,33	0,40	20,3

4. DISCUSSÃO

A faixa de temperatura ideal para suínos em terminação sugerida por Kiefer et al. (2010) esta entre 18 e 23°C e a temperatura crítica superior sugerida por Huynh et al. (2005) é de 26°C. Tavares et al. (2000) e Kiefer et al. (2009) reportaram valores de ITGU de 69,1 e 69,3 respectivamente para suínos em terminação criados em ambiente de conforto térmico. Com base nas temperaturas máximas e mínimas e

no valor de ITGU observados pode-se inferir que os animais no presente experimento foram mantidos dentro da zona de termoneutralidade.

Para o ganho de peso diário (GPD), embora não tenha sido observado efeito significativo constatou-se uma tendência de aumento ($P=0,07$) à medida que se aumentou a densidade energética das dietas. Mascarenhas et al. (2002) avaliaram quatro níveis de energia digestível (3350; 3450; 3550 e 3650 kcal/kg) para suínos machos castrados dos 60 aos 100 kg e também não observaram diferenças significativas para estes parâmetros, assim como Fagundes et al. (2009) e Dahlen et al. (2011), trabalhando com níveis de energia metabolizável para suínos machos castrados em terminação.

Chu et al. (2012) avaliaram cinco níveis de energia digestível (3250; 3312; 3372; 3432 e 3491 kcal/kg) para suínos machos castrados em terminação observaram um aumento linear do ganho de peso dos animais, essa melhoria no GPD pode ter ocorrido em função do genótipo dos animais, pois segundo Bikker et al. (1995) o genótipo dos suínos influencia a relação entre a ingestão de energia e a deposição de proteína corporal, já que as genéticas atuais foram selecionadas para maior deposição de tecido magro na carcaça.

Foi observada diminuição ($P=0,01$) no consumo diário de ração à medida que se aumentou a densidade energética das dietas, mas não foi observado efeito dos níveis de energia metabolizável no consumo diário de energia metabolizável (CEM). Assim pode-se inferir que os animais foram capazes de regular o consumo de ração para atender suas necessidades energéticas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Piano et al. (2008) avaliando níveis de energia líquida para suínos machos castrados em terminação partindo de 2410 até 2570 kcal EL/kg de ração também observaram redução no CDR à medida

que se aumentou o nível energético das dietas. Do mesmo modo, Schinckel et al. (2012) e Apple et al. (2004) trabalhando com níveis de energia metabolizável variando de 3300 até 3500 kcal EM/kg também observaram redução do CDR. Em contrapartida, Yi et al. (2010) avaliando níveis de energia líquida (2360; 2420; 2500; 2580 e 2640 kcal/kg) para suínos em terminação não observaram alteração no CDR.

A redução do CDR em função do aumento da densidade energética pode estar relacionada a um ajuste no consumo dos animais à dieta, na tentativa de satisfazer sua demanda energética (Rezende et al., 2006), esse fato fica mais evidente quando observamos que a alteração no CDR não levou a alterações no CEM. Segundo De la Llata et al. (2001) os suínos compensam a baixa densidade energéticas das rações aumentando a ingestão de alimento, até que determinado nível energético seja atingido.

O teor de lipídeos nas dietas pode afetar a taxa de passagem do alimento (Oresanya et al., 2008), sendo que a taxa de passagem diminui à medida que se aumenta a densidade energética das dietas, o que pode levar a uma diminuição do consumo voluntário, e foi o que ocorreu no experimento, uma vez que a inclusão de óleo de soja passou de 1,6% para 6,5%.

O aumento no nível de inclusão de óleo nas dietas também pode afetar a secreção de grelina, que é um hormônio secretado por células localizadas no fundo do estomago e cuja função é estimular o consumo dos animais, sendo que suas concentrações aumentam durante o jejum e diminuem após as refeições (Kirchner et al., 2012). Steinert et al. (2013) verificaram que infusões duodenais de lipídeos levaram a uma diminuição progressiva na concentração de grelina plasmática, e que a supressão da produção de grelina depende do comprimento da cadeia dos ácidos graxos, sendo que os ácidos graxos com cadeias maiores ou iguais a 12 carbonos são

mais influentes nessa diminuição da secreção de grelina do que os ácidos graxos com cadeias menores que 12 carbonos (Degen et al., 2007), o que também pode explicar a queda no consumo à medida que se aumentou a densidade energética das dietas, ou o nível de inclusão de óleo de soja.

Foi observado melhora linear ($P < 0,01$) na conversão alimentar (CA), sendo que a queda entre o menor e o maior nível de energia metabolizável estudados foi de 15%. Hinson et al. (2011) avaliando três níveis de energia metabolizável (3310; 3360 e 3530 kcal/kg) para suínos machos castrados em terminação, alimentados com ractopamina, também observaram melhora na conversão alimentar à medida que se aumentou o nível energético das dietas, assim como Kil et al. (2011) avaliando níveis de energia líquida. Esses resultados podem ser explicados pela diminuição no CDR, que afeta de forma direta a CA, e ainda a variação não significativa sobre o GPD, mas com tendência de aumento.

Moura et al. (2011), avaliando níveis de energia líquida para fêmeas em terminação consumindo dietas com ractopamina e criadas em condição de conforto térmico não observaram efeito na CA, sendo que seus resultados foram acompanhados de uma não significância no CDR e GPD entre os tratamentos.

Como os animais foram selecionados para deposição de tecido magro, e um dos benefícios da adição de ractopamina nas dietas é aumentar a deposição de tecido magro em detrimento ao tecido gordo, os animais podem ter usado a energia para deposição de tecido magro alterando a composição do ganho o que pode melhorar a CA.

Não foi observado efeito ($P < 0,05$), para a espessura de toucinho, mas ocorreu um aumento percentual à medida que o nível de energia das dietas foi aumentado. Apple et al. (2004) e Ertle et al (2003) observaram aumento para essa característica

quando aumentaram a densidade energética das dietas para animais alimentados com ractopamina.

Por outro lado Kerr et al. (2003) avaliando níveis de energia líquida (2412; 2474 e 2536 kcal/kg) não observaram efeito sobre a espessura de toucinho, indicando que o aumento do nível energético das dietas pode não aumentar a espessura de toucinho de suínos em terminação alimentados com ractopamina e criados em condição de termoneutralidade.

Não houve efeito dos níveis de energia metabolizável sobre a porcentagem de carne magra na carcaça e de quantidade de carne magra na carcaça ($P < 0,05$). Quiniou & Noblet (2012) também não observaram diferença para suínos em terminação alimentados com diferentes níveis de energia metabolizável, já Moura et al. (2011) observaram um aumento linear na porcentagem de carne magra para fêmeas alimentados com diferentes níveis de energia líquida consumindo dietas com ractopamina e criadas em conforto térmico, mas não observaram diferença para a quantidade de carne magra.

O peso da carcaça quente e o rendimento de carcaça também não diferiam ($P < 0,05$) com o aumento dos níveis de energia metabolizável das dietas. Chu et al. (2012) não observaram alteração no peso da carcaça quente e rendimento de carcaça para um aumento na densidade energética das dietas, mas Quiniou & Noblet (2012) observaram aumento linear no rendimento de carcaça à medida que a densidade energética foi aumentado para suínos machos castrados em terminação.

A área de olho de lombo (AOL) apresentou efeito quadrático ($P = 0,01$), sendo o melhor resultado para o nível de 3350 kcal EM/kg de ração (Figura 1). Kerr et al. (2003) avaliando níveis de energia para suínos dos 82 aos 110 kg não observaram variação na AOL mas observaram um aumento mesmo que não significativo até o

nível de 3474 kcal EM/kg de ração, seguido de uma queda, entretanto Hinson et al. (2011) não observaram qualquer alteração na AOL.

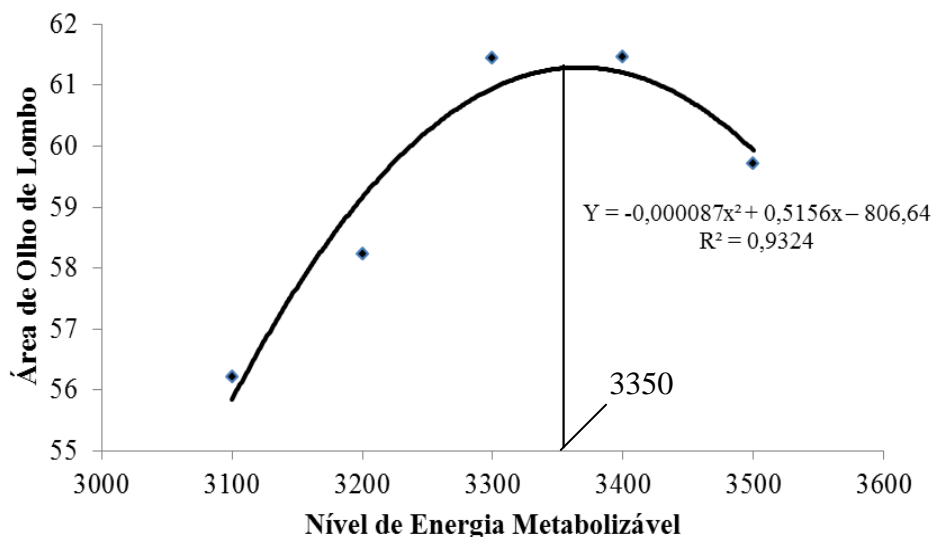


Figura 1: Área de olho de lombo (cm²) de suínos em terminação em função dos níveis de energia metabolizável.

Chu et al. (2012) avaliando cinco níveis de energia digestível para suínos em terminação observaram diminuição linear na AOL com o aumento da densidade energética das dietas. Eles sugeriram que essa diferença pode ter ocorrido devido à diminuição observada para o CDR. A diminuição no CDR para ajustar o consumo energético pode ter afetado o consumo dos outros nutrientes, ou seja, os animais consumiram para atender suas necessidades energéticas, mas podem não ter conseguido consumir os nutrientes necessários como proteínas e aminoácidos essenciais para uma máxima síntese proteica.

Segundo Smith et al. (1999) a adição de lipídeos às dietas visando o aumento do conteúdo energético da ração pode requerer uma correção dos valores proteicos proporcionais a esse aumento, a fim de se evitar desbalanceamento entre o consumo

de energia e o de proteínas e aminoácidos, o que pode levar a diminuição da deposição proteica na carcaça.

Portanto, a diminuição no consumo de ração a partir do nível de 3400 kcal EM/kg de ração pode ter sido muito severa, impedindo que os animais consumissem a quantidade de aminoácidos necessária para uma máxima síntese proteica quando em ambiente termoneutro e consumindo dietas com ractopamina, ocasionando a queda observada na AOL. Essa diminuição mesmo que não significativa também foi observada para porcentagem de carne magra na carcaça a partir do mesmo nível que a AOL começou a reduzir.

Com relação aos parâmetros de qualidade de carne, a perda de água no descongelamento (PAD) e a perda de água na cocção (PAC) não foram influenciadas pelos tratamentos ($P < 0,05$). Jin et al. (2010) avaliando três níveis de energia metabolizável para suínos em terminação também não observaram diferenças, já Meng et al. (2010) observaram um aumento na PAC mas não observaram diferença para a PAD, enquanto Zeng et al. (2012) observaram uma diminuição linear da PAC.

A força de cisalhamento (FC) não variou entre os tratamentos ($P < 0,05$), assim como observado por Suarez-Belloch et al. (2013) trabalhando com fêmeas em terminação, mas o menor valor encontrado por esses autores foi de 2,35 Kgf, inferior aos encontrados nesse trabalho, esse fato pode ser explicado pelo uso da ractopamina nas dietas, que tende a aumentar a FC da carne (Athayde et al., 2012).

A FC indica a dureza da carne, portanto quanto maior a FC mais dura a carne pode ser considerada, já que mais força precisa ser empregada para o corte. De acordo com Wood et al. (1994), a carne de suínos suplementados com ractopamina apresentam menor maciez, possivelmente como resultado do aumento do diâmetro

das fibras musculares ou pelo aumento da atividade da enzima calpastatina (Leonardo, 2008).

A enzima calpastatina age inibindo a ação das calpaínas, que são poderosas enzimas proteolíticas *post-mortem*. Segundo Parr et al. (2004) a calpastatina possui sítios de fosforilação para sua ativação que são dependentes de estímulos desencadeados por β -agonistas, assim, animais recebendo ractopamina podem apresentar maior ação da calpastatina, levando a um aumento da dureza da carne.

O valor observado para força de cisalhamento neste trabalho, não classifica a carne como dura ou com perda de maciez, uma vez que, o valor limite para a dureza da carne suína segundo o National Pork Producers Council (1999), é de 3,2 kgf.

Mathews et al. (2003) observaram diminuição da FC quando aumentaram o nível de energia metabolizável nas dietas, acompanhado de um aumento na gordura subcutânea e intramuscular, ou de marmoreio, o que pode ter influenciado a maciez da carne, uma vez que a gordura influi diretamente nesse parâmetro.

O aumento do nível de energia metabolizável nas dietas não alterou ($P < 0,05$) os valores de coloração da carne medida por meio dos valores de L^* , a^* e b^* . Hinson et al. (2011) também não observaram alterações desses parâmetros quando a densidade energética das dietas foi aumentada para suínos alimentados com dietas com ractopamina, assim como Zhang et al. (2008) para suínos alimentados com diferentes níveis de energia digestível.

Meng et al. (2010) observaram uma diminuição nos valores de L^* , a^* e b^* , da carne de suínos machos castrados em terminação quando aumentaram o nível de energia metabolizável das dietas de 3400 para 3500 kcal/kg.

O valor ideal de L* para a carne suína segundo o American Meat Science Association (AMSA, 2001) varia de 49 a 60, portanto, os valores encontrados neste experimento encontram-se dentro da faixa ideal para a carne suína.

O valor de a* é indicativo da concentração de oximioglobina presente na carne (Uttaro et al., 1993). Dessa forma, carnes que apresentam valores menores de a* apresentam coloração menos vermelha, o que não é interessante do ponto de vista da indústria, pois estas são menos aceitas pelo consumidor. E o valor de b* esta relacionado principalmente os pigmentos carotenóides que se depositam na gordura (Bressan et al., 2004), e de acordo com Joo et al. (2002) alterações no valor de b* podem ser um indicativo de mudanças na composição de ácidos graxos da gordura intramuscular.

O pH 45 minutos e o pH 24 horas não diferiram ($P < 0,05$) entre os tratamentos. Para todos os tratamentos os valores de pH ficaram dentro da faixa ideal para a carne suína, que é de 6 a 6,5 para o pH 45 minutos e de 5,5 a 5,8 para o pH 24 horas (Dalla Costa, 2005). Hinson et al. (2011) e Lanferdini et al. (2012) também não observaram diferenças significativas para os valores de pH 45min e pH 24h para suínos em terminação alimentados com três diferentes níveis de energia metabolizável. Mas Zeng et al. (2012) observaram aumento no pH 45 minutos e 24 horas dos animais à medida que aumentou o nível de energia digestível das dietas.

A oxidação lipídica medida pelo índice de TBARS não foi influenciada pelo aumento da densidade energética das dietas. Meng et al. (2010) também não observaram efeito dos níveis de energia metabolizável sobre a oxidação lipídica para suínos machos castrados em terminação.

5. CONCLUSÃO

O nível de energia metabolizável em dietas com ractopamina para suínos em terminação criados em ambiente de termoneutralidade é de 3350 kcal/kg.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

APPLE, J.K.; MAXWELL, C.V.; BROWN, D.C. et al. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamina. **Journal of Animal Science**, v.82, p.3277-3287, 2004.

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

ATHAYDE, N.B.; DALLA COSTA, O.A.; ROÇA, R.O. et al. Meat quality of swine supplemented with ractopamina under commercial conditions in Brazil. **Journal of Animal Science**, v.90, p.4604-4610, 2012.

BARROS, L.B. **Efeito de diferentes níveis de lisina na dieta sobre a qualidade da carne de fêmeas suínas abatidas em diferentes pesos**. 2001. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG.

BIKKER, P.; KARABINAS, V.; VERSTEGEN, M.W.A. et al. Protein and lipid accretion in body components of growing gilts (20 to 45 kilograms) as affected by energy intake. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2355–2363, 1995.

BRESSAN, M.C.; JARDIM, N.S.; PERÉZ, J.N.O. et al. Influência do sexo e faixas de peso ao abate nas características físicoquímicas da carne. **Revista da**

- Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, p.357-362, 2004.
- BRIDI, A.M. & SILVA, C.A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, v.1, 97p. 2007.
- CAMPOS, P.F. **Suplementação de vitamina E e selênio orgânico em dietas com ractopamina para suínos em terminação**. 2013. 104f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG.
- CHU, L.C.; ZHANG, C.J.; CAI, C.J. et al. Effect of dietary energy density on performance and lean deposition of growing-finishing pigs, **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.11, n.5, p.665-675, 2012.
- DAHLEN, R.B.A.; BAIDOO, S.K.; SHURSON, G.C. et al. Assessment of energy content of low-solubles corn distillers dried grains and effects on growth performance, carcass characteristics, and pork fat quality in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.89, p.3140-3152, 2011.
- DALLA COSTA, O.A. **Efeitos do manejo pré-abate no bem-estar e na qualidade de carne de suínos**. 2005, 96f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual de São Paulo – UNESP, Jaboticabal, SP.
- DE LA LLATA, M.; DIRTZ, S.S.; TOKACH, M.D. et al. Effects of dietary fat on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2643-2650, 2001.
- DEGEN, L.; DREWE, J.; PICCOLI, F. et al. Effect of CCK-1 receptor blockade on ghrelin and PYY secretion in men. **American Journal of Physiology**, v.292, p.1391-1399, 2007.

- ETTLE, T.; ROTH-MAIER, D.A.; ROTH, F.X. et al. Effect of apparent ileal digestible lysine to energy ratio on performance of finishing pigs at different dietary metabolizable energy levels. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.87, p.269-279, 2003.
- FAGUNDES, C.A.; SILVA, R.G.; GOMES, J.D.F. et al. Influence of environmental temperature, dietary energy level and sex on performance and carcass characteristics of pigs. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.46, n.1, p. 32-39, 2009.
- HINSON, R.B.; WIEGAND, B.R.; RITTER, M.J. et al. Impact of dietary energy level and ractopamina on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.89, p.3725-3579, 2011.
- HUYNH, T.T.T; AARNINK, A.J.A; VERSTEGEN, M.W.A. et al. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. **Journal of Animal Science**, v.83, p.1385-1396, 2005.
- JACELA, J.Y.; DEROCHEY, J.M.; TOKACH, M.D. et al. Feed additives for swine: Fact sheets – carcass modifiers, carbohydrate-degrading enzymes and proteases, and anthelmintics. **Journal of Swine Health and Production**, v.17, p.325-332, 2009.
- JIN, Y.H.; OH, H.K.; PIAO, L.G. et al. Effect of dietary lysine restriction and energy density on performance, nutrient digestibility and meat quality in finishing pigs. **Asian-Australia Journal Animal Science**, v.23, n.9, p.1213-1220, 2010.
- JOO, S.T.; LEE, J.I.; HA, Y.L. et al. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and waterholding capacity of pork loin. **Journal of Animal Science**, v.80, p.108-112, 2002.

- 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.
- KIEFER, C.; MOURA, M.S.; SILVA., E.A. et al. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.2, p.496-504, 2010.
- KIEFER, C.; MEIGNEN, B.C.G.; SANCHES, J.F. et al. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.221, p.55-64, 2009.
- KIL, D.Y.; JI, L.L.; STEWART, R.B. 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.
- KIRCHNER, H.; HEPPNER, K. M.; TSCHOP, M. H. The role of ghrelin in the control of energy balance. **Handbook of Experimental Pharmacology**, v.209, p.161–184, 2012.
- LANFERDINI, E.; LOVATTO, P.A.; MELCHIOR, R. et al. Características de carcaça e da carne de suínos machos castrados e imunocastrados alimentados com diferentes níveis nutricionais. **Ciência Rural**, v.42, n.11, p.2071-2077, 2012.
- LEONARDO, E.F. **A expressão da isoforma de calpastatina responsiva à ractopamina altera a maciez da carne, com implicações na eficiência de crescimento de suínos**. 2008, 65f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Piracicaba, SP.

- MASCARENHAS, A.G.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Fontes e níveis de energia digestível em rações para suínos machos inteiros dos 60 aos 100 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1403-1408, 2002.
- MATTHEWS, J.O.; HIGBIE, A.D.; SOUTHERN, L.L et al. Effect of chromium propionate and metabolizable energy on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.191-196, 2003.
- MENG, Q.W.; YAN, L.; AO, X. et al. Influence of probiotics in different energy and nutrient density diets on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, and blood characteristics in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.88, p.3320-3326, 2010.
- 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, n.9, p.1968-1974, 2011.
- NPPC - NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL Pork quality targets. 1999.
- ORESANYA, T.F.; BEAULIEU, A.D.; PATIENCE, J.F. Investigations of energy metabolism in weanling barrows: The interaction of dietary energy concentration and daily feed (energy) intake. **Journal of Animal Science**, v.86, p.348-363, 2008.
- PARR, T. et al. Expression of calpastatina isoforms in muscle and functionality of multiple calpastatina promoters. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.427, n.1, p.8-15, 2004.
- PIANO, D.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C. et al. Relações treonina:lisina digestível e níveis de energia líquida para suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2147-2156, 2008.

- QUINIOU, N. & NOBLET, J. Effect of the dietary net energy concentration on feed intake and performance of growing-finishing pigs housed individually. **Journal of Animal Science**, v.90, p.4362-4372, 2012.
- RAMOS, E. D. & GOMIDE, L. A. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa: Editora UFV, 2007. 599p.
- REZENDE, W.O.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de energia metabolizável mantendo a relação lisina digestível:caloria em rações para suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1101-1106, 2006.
- ROSMINI, M.R.; PERLO, F.; PÉREZ-ALVAREZ, J.A. et al. TBA test by an extractive method applied to 'pate'. **Meat Science**. v.42. p.103-110, 1996.
- 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, MG: Universidade Federal de Viçosa, 252p, 2011.
- SCHINCKEL, A.P.; JUNGST, M.E.; MATTHEWS, J.O. et al. Daily feed intake, energy intake, growth rate, and measures of dietary energy efficiency of pigs from four sire lines fed diets with high or low metabolizable and net energy concentration. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.25, n.3, p.410-420, 2012.
- SMITH, J.W.; TOKACH, M.D.; O'QUINN, P.R. et al. Effects of dietary energy density and lysine:calorie ratio on growth performance and characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.77, p.3007-3015, 1999.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS user's guide**. Cary: SAS Institute, 2002. 1686p.

- STEINERT, R.E.; FEINLE-BISSET, C.; GEARY, N. et al. Secretion of gastrointestinal hormones and eating control. **Journal of Animal Science**, v.91, p.1963-1973, 2013.
- SUAREZ-BELLOCH, J.; SANZ, M.A.; JOY, M. et al. Impact of increasing dietary energy level during the finishing period on growth performance, pork quality and fatty acid profile in heavy pigs. **Meat Science**, v.93, p.796-801, 2013.
- TAVARES, S.L.S.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al.. Influência da temperatura ambiente sobre o desempenho e os parâmetros fisiológicos de suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.199-205, 2000.
- UTTARO, B.E.; BALL, R.O.; DICK, P. et al. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2439-2449, 1993.
- WOOD, J.D.; WISEMAN, J.; COLE, D.J.A. Control and manipulation of meat quality. In: Cole, D.J.A., Wiseman, J. and Varley, M.A. (Eds.). Principles of pig science. Nottingham University Press. v.78, p.446-448, 1994.
- YI, X.W.; ZHANG, S.R.; YANG, Q. et al. Influence of dietary net energy content on performance of growing pigs fed low crude protein diets supplemented with crystalline amino acids. **Journal of Swine Health and Production**, v.18, n.6, p.294-300, 2010.
- ZENG, Z.; YU, B.; MAO, X. et al. Effects of dietary digestible energy concentration on growth, meat quality, and PPAR γ gene expression in muscle and adipose tissues of Rongchang piglets. **Meat Science**, v.90, p.66-70, 2012.

ZHANG, J.; YIN, J.; ZHOU, X. et al. Effects of lower dietary lysine and energy content on carcass characteristics and meat quality on growing-finishing pigs. **Asian-Australian Journal Animal Science**, v.21, n.12, p.1785-1793, 2008.

CAPÍTULO III

Níveis de energia metabolizável em dietas com ractopamina para suínos machos castrados em fase final de terminação criados em ambiente de altas temperaturas

O artigo foi formatado de acordo com as normas para publicação na revista Livestock Science e adaptado para leitura de teses da Universidade Federal de Viçosa

RESUMO: O experimento teve como objetivo avaliar níveis de energia metabolizável para suínos em terminação consumindo dietas suplementadas com ractopamina e criados em ambiente de altas temperaturas. Foram utilizados 70 suínos machos castrados com peso inicial de $85,4 \pm 3,22$ kg distribuídos em delineamento de blocos ao acaso com cinco tratamentos, sete repetições e dois animais por unidade experimental, para a formação dos blocos foi utilizado como critério o peso inicial dos animais. Os tratamentos consistiram de cinco níveis de energia metabolizável (3100; 3200; 3300; 3400 e 3500 kcal EM/kg de ração) todos com a suplementação de 10 ppm de ractopamina. O aumento do nível energético das dietas foi obtido pela inclusão de óleo de soja em substituição ao material inerte e o período experimental foi de 28 dias. As temperaturas máxima e mínima e o índice de temperatura, globo negro e umidade ficaram dentro da faixa que caracteriza o ambiente como de estresse por calor durante todo o período experimental. Os níveis de energia metabolizável nas dietas não influenciaram o ganho de peso diário e o consumo de energia metabolizável diário dos animais. Observou-se efeito linear decrescente dos níveis de energia metabolizável sobre o consumo diário de ração e na conversão alimentar. O aumento dos níveis energéticos das dietas levou a um aumento linear na espessura de toucinho, os outros parâmetros de carcaça e os de qualidade de carne não diferiram entre os tratamentos. O nível de energia metabolizável em dietas com ractopamina para suínos em terminação criados em ambiente de altas temperatura é de 3500 kcal/kg.

Palavras chave: características de carcaça; energia; estresse por calor, qualidade da carne.

ABSTRACT: The experiment aimed to evaluate levels of metabolizable energy for finishing pigs consuming diets with ractopamine and raised in high temperature environment. Were used 70 barrows with an initial weight of $85,4 \pm 3,22$ kg distributed in a completely randomized block, with five treatments, seven replicates and two animals per experimental unit, for the formation of the blocks were used as a criterion the initial weight of the animals. The treatments consisted of five levels of metabolizable energy (3100; 3200; 3300; 3400 and 3500 kcal ME/kg diet) all supplemented with 10 ppm of ractopamina. The increasing in energy level of the diets were obtained by adding soybean oil in replacement of inert material and the experimental period was 28 days. The maximum and minimum temperatures and the index to temperature, black globe and humidity were within the range that characterizes the environment as heat stress throughout the experimental period. The levels of metabolizable energy in the diet did not affect the daily weight gain and daily metabolizable energy intake of animals. Were observed a linear decrease of metabolizable energy levels on daily feed intake and feed conversion. The increase in energy levels in the diets led to linear increase in backfat thickness, and the other carcass parameters showed no significant differences, as well as all the meat quality parameters evaluated. The level of metabolizable energy in diets with ractopamine to finishing pigs raised in high temperature is 3500 kcal/kg

Keywords: carcass characteristics; energy; heat stress, meat quality.

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura atual se desenvolveu com o principal objetivo de produzir animais que ganhem o maior peso, no menor período de tempo e com o menor consumo de ração possível, mas também visando atender um mercado cada vez mais exigente, produzir um produto final de qualidade, principalmente reduzindo a espessura de toucinho dos animais e produzindo uma carne de melhor qualidade.

A ractopamina utilizada na dieta de suínos em terminação além de melhorar o desempenho dos animais também reduz a deposição de lipídeos na carcaça e aumenta a deposição de proteína, por alterar o metabolismo celular, produzindo uma carcaça mais magra (Mimbs et al., 2005).

Mas como a ractopamina altera a deposição de tecido muscular e gorduroso ela pode alterar também as exigências nutricionais dos animais, por isso ajustes devem ser feitos nessas dietas, principalmente de aminoácidos e energia, para que os animais possam expressar todo seu potencial genético (Andreatta et al., 2011).

O ambiente térmico pode afetar o desempenho dos animais e alterar suas exigências nutricionais. Suínos criados em ambiente de altas temperaturas apresentam desempenho inferior aos criados em ambientes de termoneutralidade, pois ajustes fisiológicos para manter sua temperatura corporal constante se fazem necessários. Uma das principais alterações que ocorrem nos animais em estresse por calor é a redução do consumo, pois o processo digestivo produz grande quantidade de calor, o que é prejudicial para os animais em estresse calórico (Silva, et al., 2011).

Nas circunstâncias em que as temperaturas ambientais são elevadas e o consumo dos animais é reduzido, a inclusão de maiores teores de lipídios nas dietas pode reduzir o incremento calórico das dietas e minimizar a redução do desempenho devido ao baixo consumo (Almeida et al., 2007).

Assim, torna-se importante avaliar níveis de energia metabolizável e a ação da ractopamina para suínos machos castrados em terminação, consumindo dietas suplementadas com ractopamina e criados em ambiente de altas temperaturas sobre os parâmetros de desempenho, características de carcaça e qualidade de carne.

2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no período de fevereiro a março de 2014, no galpão experimental de suínos, localizado na Fazenda Experimental da EPAMIG, em Oratórios - MG. Os animais foram alojados em baias providas de comedouro semi-automático e bebedouro tipo chupeta, com área de 1,87 m²/animal. O galpão utilizado foi de alvenaria, com piso de concreto e com cobertura de telhas de amianto.

O experimento foi conduzido obedecendo às instruções normativas e aos princípios éticos da experimentação animal, de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal do CONCEA, sendo aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa em 21 de março de 2014, sob o número 06/2014.

Foram utilizados 70 suínos machos castrados, híbridos comerciais (Agroceres Pic), com peso médio inicial de 85,4 ± 3,22 kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso. Na distribuição dos animais dentro de cada bloco, foi adotado como critério o peso inicial dos animais.

Foram utilizados cinco tratamentos de acordo com a variação do nível de energia metabolizável nas dietas (3100; 3200; 3300; 3400 e 3500 kcal EM/kg) todos com a inclusão de 10 ppm de ractopamina, sete repetições e dois animais por unidade experimental.

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja, para atender as exigências nutricionais dos animais estabelecidos por Rostagno et al. (2011), com exceção do nível de energia metabolizável e de aminoácidos, para os níveis de lisina, metionina, treonina e triptofano, foram utilizados os níveis recomendados por Campos (2013). O aumento do nível de energia metabolizável das dietas foi feito pela inclusão de óleo vegetal às dietas em substituição ao material inerte.

As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas diariamente por meio de termômetros de máxima e mínima (16:00h) e de bulbo seco, de bulbo úmido e globo negro (07:00h, 10:00h, 13:00h e 16:00h) para posterior cálculo da umidade relativa e do índice de temperatura de globo negro e umidade ou ITGU.

As rações experimentais e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental (28 dias). As rações, as sobras e os desperdícios foram pesados semanalmente, e os animais pesados no início e no final do período experimental, para cálculo do consumo de ração, do consumo de energia metabolizável, do ganho de peso e da conversão alimentar.

Ao final do período experimental, todos os animais foram submetidos a jejum alimentar de 18 horas, após o qual foram pesados e encaminhados para abate no Frigorífico Industrial Vale do Piranga, localizado no município de Ponte Nova-MG, onde foram insensibilizados por choque, sangrados, escaldados e eviscerados, obedecendo às normas de bem estar e abate humanitário.

Tabela 1: Composições centesimal e calculada das dietas experimentais

Ingredientes	Níveis de Energia Metabolizável (kcal/kg)				
	3100	3200	3300	3400	3500
Milho	63,768	63,768	63,768	63,768	63,768
Farelo de soja (45%)	25,889	25,889	25,889	25,889	25,889
Óleo vegetal	1,634	2,860	4,070	5,290	6,510
Inerte	5,070	3,844	2,634	1,414	0,194
Fosfato bicálcico	1,274	1,274	1,274	1,274	1,274
Calcário	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
Sal	0,361	0,361	0,361	0,361	0,361
L-Lisina HCL	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359
DL-Metionina	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
L-Treonina	0,112	0,112	0,112	0,112	0,112
L-Triptofano	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
Premix vitamínico ¹	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Premix mineral ²	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Antibiótico ³	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Antioxidante ⁴	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Ractopamina® ⁵	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
EM (kcal/kg)	3100	3200	3300	3400	3500
Proteína bruta (%)	17,214	17,214	17,214	17,214	17,214
Cálcio (%)	0,717	0,717	0,717	0,717	0,717
Fósforo disponível (%)	0,331	0,331	0,331	0,331	0,331
Lisina digestível (%)	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050
Met. + Cis. digestível (%)	0,586	0,586	0,586	0,586	0,586
Treonina digestível (%)	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668
Triptofano digestível (%)	0,188	0,188	0,188	0,188	0,188
Valina digestível (%)	0,716	0,716	0,716	0,716	0,716
Sódio (%)	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
Cloridrato de ractopamina (ppm)	10	10	10	10	10

¹Composição por kg de ração: 1767 UI de vit. A; 454,5 UI de vit. D3; 14 UI de vit. E; 1 mg de vit. K; 0,252 mg de B1; 1,34 mg de B2; 0,252 mg de B6; 9,84 mcg de B12; 0,168 mcg de ácido fólico; 0,0075 mg de biotina; 3,3 mg de ácido pantotênico; 8,07 mg de niacina.

²Composição por kg de ração: 0,012 g de Fe; 0,007 mg de Cu; 0,037 mg de Zn; 0,02 g de Mn; 0,71 mg de I, 0,1 mg de Se e 0,084 mg de Co.

³Colistina

⁴Butil hidroxi tolueno (BHT).

⁵Transuin – cloridrato de ractopamina 20%

Na linha de abate as carcaças foram tipificadas individualmente, com auxílio de pistola STORK-SFK, utilizando o sistema informatizado “Fat-o-MeaterFour”. Foram obtidos dados de espessura de toucinho, porcentagem de carne na carcaça, quantidade de carne magra na carcaça, peso da carcaça quente e rendimento de carcaça. Foram também, realizadas medidas da área de olho de lombo.

A medida da área do músculo *Longissimus dorsi*, ou área de olho de lombo foi realizada na altura da 10ª costela. A área do músculo *Longissimus dorsi* foi limpa com faca e coberta com filme de polietileno de baixa densidade. Sobre o filme de polietileno foi colocado uma transparência, e então realizado o desenho do contorno do lombo, com caneta retroprojeter de ponta fina, não incluindo os outros músculos (ABCS, 1973). Para obtenção da área utilizou-se papel milimetrado, a transparência foi colocada sobre o papel milimetrado, de forma que o maior número de pontos permanecesse dentro da área demarcada, Foi então, realizada contagem dos pontos dentro da área, sendo cada ponto equivalente a 1 cm².

Após o abate e avaliação das características de carcaças, foi realizada a análise do pH 45 minutos e então as carcaças foram armazenadas e resfriadas a 5 °C por 24 horas, após esse período foi realizada a análise do pH 24 horas. As análises de pH foram realizadas no musculo *Longissimos dorsi*, na altura da ultima costela com o auxilio de um pHmetro portátil com eletrodo de inserção de acordo com metodologia descrita por (Ramos & Gomide, 2007).

Após a análise do pH 24 horas foi coletada uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* de cada animal. Em seguida as amostras foram congeladas em "freezer" horizontal, a -20 °C, para posterior análise das características qualitativas da carne. Com relação à qualidade da carne suína, foram avaliadas as seguintes características: perda de água no descongelamento e cocção, cor, maciez objetiva ou força de cisalhamento e oxidação lipídica. As análises foram realizadas no laboratório de qualidade de carne do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa-MG.

Para a quantificação da perda de água no descongelamento e cocção, as amostras congeladas foram pesadas, embaladas em sacos de polietileno, identificadas

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

As amostras provenientes da determinação da perda por cocção foram cortadas com auxílio de uma sonda, em cilindros de 1,2 cm de diâmetro, orientados paralelamente ao eixo das fibras para análise da força de cisalhamento. Removeram-se sete cilindros de cada amostra, totalizando sete medidas por animal avaliado. Estes cilindros foram submetidos a uma força de cisalhamento aplicada transversalmente ao seu comprimento, a uma velocidade de 5 mm/segundo, de modo que as fibras musculares estivessem orientadas perpendicularmente ao eixo de uma lâmina Warner Bratzler, acoplada a um texturômetro Texture Analyser TA – XT2I (Stable Micro Systems) (Barros, 2001).

Para a análise de cor, as amostras do músculo *Longissimus dorsi* foram descongeladas e ficaram expostas ao ar por 40 minutos para a reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico e em seguida a cor foi avaliada pela determinação no sistema HUNTER LAB, da luminosidade (L*), do índice de vermelho (a*) e do índice de amarelo (b*), os quais foram medidos em espectrofotômetro Color Quest XE Hunter Lab. Todas as leituras foram armazenadas em um computador conectado ao espectrofotômetro e provido do sistema *Software Universal*.

O método utilizado para a análise da oxidação lipídica foi o Indicativo de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbiturico (TBARS). Foram homogeneizados 10 g de amostra (duplicata) em turrax com 20 mL de ácido tricloroacético (TCA). Após, as amostras foram centrifugadas por 30 minutos e filtradas em papel filtro. As amostras filtradas (2 mL) foram transferidas para tubos de ensaio tampados, devidamente identificados, e adicionaram-se, a cada tubo 2 mL de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), aquecendo-se os tubos fechados por 20 minutos para o desenvolvimento da cor. Após o resfriamento, a absorbância foi lida em espectrofotômetro, a 532 nm. Os resultados foram expressos em “número de TBARS”, definidos como a massa, em mg de malonaldeído (MDA), por 1000 g de amostra. As avaliações correspondem às médias das análises em duplicata, efetuadas para cada amostra (Rosmini et al., 1996).

A baia foi considerada a unidade experimental para a análise estatística das variáveis de desempenho (consumo diário de ração, consumo diário de energia metabolizável, ganho de peso diário e conversão alimentar). Para as análises estatísticas das características de carcaça e de qualidade de carne cada animal foi considerado como sendo uma unidade experimental. Os dados foram analisados utilizando-se o programa estatístico SAS (2002), seguindo o delineamento de blocos ao acaso. A estimativa do melhor nível de energia metabolizável foi determinada por meio de análises de regressão linear e/ou quadrática, conforme melhor ajuste dos dados e os valores de probabilidade menores que 5% foram considerados significativos.

3. RESULTADOS

Os valores médios das temperaturas máximas e mínimas registrados durante o período experimental foram de $31,2 \pm 0,9^{\circ}\text{C}$ e $24,2 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ respectivamente. Na tabela 2 são apresentados os valores médios de umidade relativa e índice de temperatura de globo negro e umidade registrada durante o período experimental para cada um dos horários avaliados.

Tabela 2: Umidade relativa do ar (UR%) e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) registrados durante o período experimental.

Horário	UR%	Desvio Padrão	ITGU	Desvio Padrão
07:00 h	90	5,1	75	1,2
10:00 h	85	6,3	78	1,2
13:00 h	83	4,4	81	1,1
16:00 h	76	7,6	83	1,0

Não se observou efeito ($P>0,05$) do aumento do nível de energia metabolizável nas dietas sobre o ganho de peso diário e consumo de energia metabolizável diário (tabela 3).

Tabela 3: Desempenho de suínos em terminação alimentados com dietas contendo níveis crescentes de energia metabolizável.

Parâmetros	Nível de Energia Metabolizável (kcal/kg)					p valor	CV (%)
	3100	3200	3300	3400	3500		
Peso inicial (kg)	85,4	85,4	85,5	85,4	85,4	---	---
Peso final (kg)	116,0	116,2	116,7	116,8	117,2	---	---
Consumo diário de ração (g/dia) ¹	2.890	2.800	2.710	2.630	2.550	0,01	6,3
Ganho de peso diário (g/dia)	1.090	1.100	1.110	1.120	1.130	0,77	5,9
Conversão Alimentar (g/g) ¹	2,66	2,55	2,44	2,34	2,25	0,01	6,2
Consumo de EM diário (kcal/dia)	8.955	8.849	8.944	8.937	8.920	0,99	6,3

¹ Efeito linear ($P=0,01$)

O consumo diário de ração (CDR) diminuiu e a converção alimentar (CA) melhorou ($P=0,01$) de forma linear com o aumento dos níveis de energia metabolizável das dietas, segundo as equações $Y = 5,521 - 0,0008X$ $R^2 = 0,99$ e $Y = 5,846 - 0,001X$, $R^2 = 0,99$ respectivamente.

Não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de energia metabolizável sobre a porcentagem (PC) e quantidade de carne magra (QC), peso da carcaça quente (PCQ), rendimento de carcaça (RC) e área de olho de lombo (AOL) (Tabela 4).

Tabela 4: Características de carcaça de suínos em terminação alimentados com dietas contendo níveis crescentes de energia metabolizável.

Parâmetros	Nível de Energia Metabolizável (kcal/kg)					p valor	CV (%)
	3100	3200	3300	3400	3500		
Espessura de toucinho (mm) ¹	12,0	12,5	13,2	13,6	14,0	0,01	9,8
Carne magra na carcaça (%)	58,9	59,8	59,7	59,5	59,4	0,48	2,3
Carne magra na carcaça (kg)	49,7	50,1	50,0	50,0	49,8	0,99	6,4
Peso da carcaça quente (kg)	83,8	84,3	84,1	84,4	83,9	0,98	4,5
Rendimento de carcaça (%)	75,2	76,5	75,4	75,7	76,0	0,92	5,5
Área de olho de lombo (cm ²)	55,0	55,8	55,9	56,2	55,2	0,97	8,3

¹ Efeito linear ($P=0,01$)

Observou-se efeito linear crescente ($P=0,01$) na espessura de toucinho (ET) em função do aumento dos níveis de energia metabolizável nas dietas, segundo a equação $Y = 3,523 - 0,005X$ $R^2 = 0,98$.

Não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de energia metabolizável sobre as características de qualidade de carne avaliadas (Tabela 5).

Tabela 5: Qualidade da carne do músculo *longissimus dorsi* de suínos em terminação alimentados com dietas contendo níveis crescentes de energia metabolizável nas dietas.

Parâmetros	Nível de Energia Metabolizável (kcal/kg)					p valor	CV (%)
	3100	3200	3300	3400	3500		
Perda de água no descongelamento (%)	18,7	19,8	19,3	18,3	19,4	0,94	19,1
Perda de água na cocção (%)	24,7	26,2	24,8	25,6	24,8	0,97	18,7
Força de cisalhamento (Kgf)	3,5	3,5	3,6	3,5	3,4	0,99	17,1
L*	56,5	55,6	56,8	54,9	55,1	0,24	3,2
a*	5,9	6,3	6,0	6,4	6,4	0,54	11,4
b*	14,1	14,7	15,0	14,5	14,4	0,31	5,5
pH 45 minutos	6,59	6,51	6,58	6,62	6,49	0,80	4,9
pH 24 horas	5,50	5,52	5,50	5,48	5,50	0,99	2,9
TBARS (g/kg)	0,37	0,36	0,35	0,34	0,34	0,80	24,5

4. DISCUSSÃO

A faixa de temperatura ideal para suínos em terminação sugerida por Kiefer et al. (2010) esta entre 18 e 23°C e a temperatura crítica superior sugerida por Huynh et al. (2005) é de 26°C. Kiefer et al. (2009) reportaram valores de ITGU de 81,7 para suínos em terminação criados em ambiente de estresse por calor. Com base nas temperaturas máximas e mínimas e no valor de ITGU observados pode-se inferir que os animais no presente experimento foram mantidos na zona de estresse por calor.

Os níveis de energia metabolizável não influenciaram ($P < 0,05$) o ganho de peso diário (GPD) dos animais. Rezende et al. (2006) avaliando quatro níveis de energia metabolizável (3100; 3230; 3370 e 3500 kcal/kg) para suínos machos castrados em terminação também não observaram diferenças significativas para estes parâmetros, resultados semelhantes foram encontrados por Cerisuelo et al. (2012) avaliando dois níveis de energia digestível para suínos em terminação criados em estresse por calor e Beaulieu et al. (2009).

Kil et al. (2011) estudaram três níveis de energia líquida para suínos em terminação dos 85 aos 130 kg e observaram um aumento linear no GPD dos animais, essa melhoria no GPD pode ter ocorrido em função do nível de proteína das dietas e ainda do genótipo dos animais, pois segundo Bikker et al. (1995) o genótipo dos suínos influencia a relação entre a ingestão de energia e a deposição de proteína corporal.

Foi observada uma diminuição no consumo diário de ração ($P < 0,01$) à medida que se aumentou a densidade energética das dietas, mas não foi observada alteração significativa no consumo diário de energia metabolizável (CEM),

indicando que os animais ajustaram o consumo de ração em função do nível energético das dietas.

Piano et al. (2008) avaliando níveis de energia líquida para suínos machos castrados em terminação partindo de 2410 até 2570 kcal EL/kg de ração também observaram redução no CDR à medida que se aumentou o nível energético das dietas, assim como Quiniou & Noblet (2012) e Reneadeau et al. (2011) em sua meta análise a respeito da influencia de altas temperaturas no desempenho de suínos em crescimento e terminação. Em discordância, Cerisuelo et al. (2012) avaliando o aumento do nível energético de 3336 para 3437 kcal EL/kg de ração para suínos em terminação criados em estresse por calor não registraram diferença significativa entre os tratamentos, apesar de ter ocorrido uma queda no consumo dos animais.

A redução do CDR em função do aumento da densidade energética pode estar relacionada a um ajuste no consumo dos animais ao tratamento, na tentativa de satisfazer sua demanda energética (Rezende et al., 2006), esse fato fica mais evidente quando observamos que a alteração no CDR não levou a alterações no CEM. De la Llata et al. (2001), confirmam que os suínos compensam a baixa densidade energéticas das rações aumentando a ingestão de alimento, até que determinado nível energético seja atingido.

O teor de lipídeos pode afetar o consumo de ração por alterar a taxa de passagem do alimento pelo trato gastrintestinal (Oresanya et al., 2008), sendo que a taxa de passagem diminui à medida que se aumenta a densidade energética das dietas, o que pode levar a uma diminuição do consumo voluntário, e foi o que ocorreu no experimento, uma vez que a inclusão de óleo de soja passou de 1,6% para 6,5%.

O aumento no nível de inclusão de óleo nas dietas também pode afetar a secreção do hormônio grelina pelas células do fundo do estômago, a grelina tem função de estimular o consumo dos animais (Kirchner et al., 2012). Steinert et al. (2013) verificaram que infusões duodenais de lipídeos estão associados a diminuição progressiva na concentração de grelina plasmática, e que a supressão da produção de grelina depende do comprimento da cadeia dos ácidos graxos, sendo que os ácidos graxos com cadeias maiores ou iguais a 12 carbonos são mais influentes nessa diminuição do que os com cadeias menores que 12 carbonos (Degen et al., 2007). Portanto, o aumento na inclusão de óleo nas dietas pode ter levado a uma queda na secreção de grelina e isso pode ter levado à queda observada no consumo de ração entre os tratamentos.

O estresse por calor também afeta de forma direta o consumo de ração, levando a uma queda à medida que a temperatura se eleva. Moura et al. (2011a) e Moura et al. (2011b) avaliaram níveis de energia líquida para fêmeas em terminação consumindo dietas com ractopamina e criadas em ambiente de conforto térmico (21°C) e estresse por calor (29°C) respectivamente, e registraram uma queda no CDR em função do ambiente térmico, com valores médios de 2,15 kg/dia para os animais em conforto e de 1,65 kg/dia para os animais em estresse por calor, indicando que o estresse térmico leva a um menor CDR.

Segundo Collin et al. (2001) a diminuição do CDR para suínos em estresse por calor é o mecanismo mais eficaz para diminuir a carga de calor do animal, mantendo sua homeotermia ou equilíbrio térmico, isso é mais evidente quando a temperatura aumenta acima da zona de conforto térmico (Reneadeau et al., 2011).

Foi observado uma redução linear ($P < 0,01$) de 14% na conversão alimentar (CA) dos animais do nível de 3100 para o de 3500 kcal EM/kg de ração. Hinson et

al. (2011) avaliando três níveis de energia metabolizável (3310; 3360 e 3530 kcal/kg) para suínos machos castrados em terminação alimentados com ractopamina também observaram diminuição na conversão alimentar à medida que se aumentou os níveis energéticos das dietas, assim como Fagundes et al. (2009) avaliando níveis de energia metabolizável. Esses resultados podem ser explicados pela queda no CDR, que afeta de forma direta a CA, e ainda a falta de significância para o GPD, que são as duas variáveis que influenciam nos valores de CA.

Moura et al. (2011b) avaliando níveis de energia líquida para fêmeas em terminação consumindo dietas com ractopamina e criadas em condição de estresse por calor não observaram queda na CA, sendo que seus resultados foram acompanhados de uma não significância no CDR e no GPD entre os tratamentos.

Foi observado efeito linear crescente ($P < 0,01$) na espessura de toucinho (ET) dos animais à medida que se aumentou o nível energético das dietas, o aumento do nível de energia de 3100 para 3500 kcal EM/kg de ração levou a um aumento de 14% na ET. Apple et al. (2004) avaliando níveis de energia metabolizável para suínos em terminação também observaram aumento na ET, assim como Chu et al. (2012) e Suarez-Belloch et al. (2013).

É amplamente aceito que o aumento do nível energético das dietas aumenta a deposição de gordura na carcaça, mas esses efeitos são observados normalmente quando ocorre aumento significativo no consumo de energia entre os tratamentos (Chu et al., 2012), o que não foi observado nesse experimento.

O aumento na espessura de toucinho sem o correspondente aumento no consumo de energia metabolizável diário pode ser explicado pelo valor extra calórico que o óleo apresenta esse valor extra calórico esta relacionado à diminuição da taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal à medida que se inclui óleo nas

dietas (Oresanya et al., 2008). Essa diminuição da taxa de passagem pode melhorar a digestibilidade de todos os nutrientes da dieta devido ao maior tempo para que ocorra a digestão e absorção dos nutrientes, com isso, o teor energético das dietas pode aumentar, levando a um excesso de energia que será depositada como gordura na carcaça.

Cho et al. (2008) estudando a digestibilidade de nutrientes em dietas com dois níveis energéticos e quatro relações lisina:energia metabolizável observaram uma maior digestibilidade da gordura e da proteína bruta quando o nível energético das dietas foi aumentado, indicando maior aproveitamento dos nutrientes pelos animais. Portanto o aumento da energia metabolizável para suínos em terminação criados em ambiente de alta temperatura e consumindo dietas com ractopamina levou a uma piora na qualidade da carcaça, devido o aumento na espessura de toucinho.

Os valores de porcentagem de carne magra na carcaça e de quantidade de carne magra na carcaça não apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$), resultado similar foi observado por Quiniou & Noblet (2012). Em contrapartida Fagundes et al. (2009) observaram um efeito quadrático para a porcentagem de carne magra com aumento até o nível de 3248 kcal EM/kg de ração seguido de queda.

O peso da carcaça quente e o rendimento de carcaça também não diferiam ($P < 0,05$). Chu et al. (2012) e Lanferdini et al. (2012) também não observaram alteração no peso da carcaça quente e rendimento de carcaça com o aumento na densidade energética das dietas, mas Quiniou & Noblet (2012) observaram aumento linear no rendimento de carcaça à medida que a densidade energética foi aumentado para suínos machos castrados em terminação.

A área de olho de lombo (AOL) não diferiu entre os tratamento ($P < 0,05$), Jin et al. (2010) avaliando três níveis de energia metabolizável (3265; 3365 e 3465

kcal/kg) também não observaram diferença, assim com Kerr et al. (2003) ambos trabalhando com suínos em terminação. Já Hinson et al. (2011) observaram um aumento linear na AOL quando aumentaram o nível de energia metabolizável das dietas de 3310 para 3530 kcal/kg, e atribuíram essa melhora á inclusão de ractopamina nas dietas, o que não foi observado no presente estudo.

A perda de água no descongelamento (PAD) e a perda de água na cocção (PAC) não diferiram ($P < 0,05$) entre os tratamentos. Jin et al. (2010) não observaram diferenças para esses parâmetros a medida que o nível energético das dietas foi aumentado, já Meng et al. (2010) avaliando dois níveis de energia metabolizável para suínos machos castrados em terminação observaram um aumento na PAC mas não observaram diferença para a PAD, enquanto Zeng et al. (2012) observaram uma diminuição linear da PAC.

A força de cisalhamento (FC) não variou entre os tratamentos ($P < 0,05$), ela indica a dureza da carne, sendo que quanto maior a FC mais dura é a carne, já que mais força é necessária para o corte. Suarez-Belloch et al. (2013) trabalhando com fêmeas em terminação também não observaram alteração na FC da carne. O valor médio de FC encontrado por estes autores foi de 2,35 Kgf, inferior aos encontrados nesse trabalho, no presente estudo a maior FC encontrada pode estar relacionada ao uso da ractopamina, que tende a aumentar a FC da carne (Athayde et al., 2012).

De acordo com Wood et al. (1994), a carne de suínos suplementados com ractopamina apresentam menor maciez, possivelmente como resultado do aumento do diâmetro das fibras musculares ou pelo aumento da atividade da enzima calpastatina, que inibe a ação da enzima calpaína, que apresenta potente função proteolítica na carne *post mortem* (Leonardo, 2008). Segundo Parr et al. (2004) a calpastatina possui sítios de fosforilação para sua ativação que são dependentes de

estímulos desencadeados por β -agonistas, assim, animais recebendo ractopamina podem apresentar maior ação da calpastatina, levando a um aumento da dureza da carne.

O valor observado para força de cisalhamento neste trabalho pode classificar a carne como dura, ou com perda de maciez, uma vez que, o valor limite para a dureza da carne suína segundo o National Pork Producers Council (1999), é de 3,2 kgf, inferior ao observado para todos os tratamentos.

Mathews et al. (2003) observaram uma diminuição da FC quando aumentou o nível de energia metabolizável, acompanhado de um aumento na gordura subcutânea e intramuscular, ou de marmoreio, o que pode ter influenciado na maciez da carne, uma vez que a gordura influi diretamente nesse parâmetro.

O aumento do nível de energia metabolizável nas dietas não alterou significativamente ($P < 0,05$) os valores de coloração da carne medida por meio dos valores de L^* , a^* e b^* . Hinson et al. (2011) também não observaram alterações desses parâmetros quando a densidade energética das dietas foi aumentada para suínos alimentados com dietas com ractopamina, assim como Tang et al. (2010) para suínos machos castrados em terminação alimentados com diferentes níveis de energia digestível.

Meng et al. (2010) observaram uma diminuição nos valores de L^* , a^* e b^* , da carne de suínos machos castrados em terminação quando aumentaram o nível de energia metabolizável das dietas de 3400 para 3500 kcal/kg. Apple et al. (2004) observaram aumento nos valores de L^* , a^* e b^* com o aumento nos níveis de energia metabolizável nas dietas para suínos em terminação consumindo dietas com ractopamina.

Essa grande discrepância encontrada entre os resultados para os parâmetros de coloração da carne, podem ser explicados pelas diferentes metodologias usadas para determinar a coloração da carne, e ainda variações na genética e no estresse pré-abate que pode influenciar diretamente a coloração da carne, principalmente o valor de L* (Caldara et al., 2012).

Os valores de L* indicam a luminosidade da carne, e quando muito elevados podem indicar incidência de carne PSE (Juncher et al., 2001). O valor ideal de L* para a carne suína segundo o American Meat Science Association (AMSA, 2001) varia de 49 a 60. O valor de a* é indicativo da concentração de oximioglobina presente na carne (Uttaro et al., 1993), ou seja, seu teor de vermelho, e o valor de b* esta relacionado principalmente os pigmentos carotenóides que se depositam na gordura (Bressan et al., 2004), ou teor de amarelo na carne, e de acordo com Joo et al. (2002) alterações no valor de b* podem ser um indicativo de mudanças na composição de ácidos graxos da gordura intramuscular ou de marmoreio.

O pH 45 minutos e o pH 24 horas não diferiram ($P < 0,05$) entre os tratamentos, e para todos os tratamentos os valores de pH ficaram dentro da faixa ideal para a carne suína, que é de 6 a 6,5 para o pH 45 minutos e de 5,5 a 5,8 para o pH 24 horas (Dalla Costa, 2005). Hinson et al. (2011) também não observaram diferenças significativas para os valores de pH 45 minutos e pH 24 horas para suínos em terminação alimentados com três níveis diferentes de energia metabolizável, assim como Jin et al. (2010). Mas Zeng et al. (2012) observou aumento no pH 45 minutos e 24 horas dos animais à medida que aumentou o nível de energia digestível das dietas.

A oxidação lipídica medida pelo índice de TBARS não foi influenciada pelo aumento da densidade energética das dietas. Meng et al. (2010) e Wiegand et al.

(2011) também não observaram efeito dos níveis de energia metabolizável sobre a oxidação lipídica para suínos machos castrados em terminação.

5. CONCLUSÃO

O nível de energia metabolizável em dietas com ractopamina para suínos em terminação criados em ambiente de altas temperatura é de 3500 kcal/kg.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E.C. et al. Digestibilidade ileal e perdas endógenas de aminoácidos de dietas com óleo de soja para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1045-1051, 2007.

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

ANDRETTA, I.; LOVATTO, P.A.; SILVA, M.K. et al. Relação da ractopamina com componentes nutricionais e desempenho em suínos: um estudo meta-analítico. **Ciência Rural**, v.41, p.186-191, 2011.

APPLE, J.K.; MAXWELL, C.V.; BROWN, D.C. et al. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamina. **Journal of Animal Science**, v.82, p.3277-3287, 2004.

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

ATHAYDE, N.B.; DALLA COSTA, O.A.; ROÇA, R.O. et al. Meat quality of swine supplemented with ractopamina under commercial conditions in Brazil. **Journal of Animal Science**, v.90, p.4604-4610, 2012.

BARROS, L.B. **Efeito de diferentes níveis de lisina na dieta sobre a qualidade da**

- carne de fêmeas suínas abatidas em diferentes pesos.** 2001. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG.
- BEAULIEU, A.D.; WILLIAMS, N.H.; PATIENCE, J.F. Response to dietary digestible energy concentration in growing pigs fed cereal grain-based diets. **Journal of Animal Science**, v.87, p.965-976, 2009.
- BIKKER, P.; KARABINAS, V.; VERSTEGEN, M.W.A. et al. Protein and lipid accretion in body components of growing gilts (20 to 45 kilograms) as affected by energy intake. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2355–2363, 1995.
- BRESSAN, M.C.; JARDIM, N.S.; PERÉZ, J.N.O. et al. Influência do sexo e faixas de peso ao abate nas características físicoquímicas da carne. **Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, p.357-362, 2004.
- BRIDI, A.M. & SILVA, C.A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína.** Londrina: Midiograf, v.1, 97p. 2007.
- CALDARA, F.R.; SANTOS, V.M.O.; SANTIAGO, J.C. et al. Propriedades físicas e sensoriais da carne suína PSE. **Revista Brasileira de Produção e Saúde Animal**, v.13, p.815-824, 2012.
- CAMPOS, P.F. **Suplementação de vitamina E e selênio orgânico em dietas com ractopamina para suínos em terminação.** 2013. 104f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG.
- CERISUELO, A.; TORRES, A.; LAINEZ, M. et al. Increasing energy and lysine in diets for growing-finishing pigs in hot environmental conditions: Consequences on performance, digestibility, slurry composition, and gas emission. **Journal of Animal Science**, v.90, p.1489-1498, 2012.
- CHO, S.B.; LEE, H.J.; CHUNG, I.B. et al. Effects of dietary energy concentration and

- lysine on the digestible energy ratio for apparent amino acid digestibility in finishing barrows. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.21, n.2, p.232-236, 2008.
- CHU, L.C.; ZHANG, C.J.; CAI, C.J. et al. Effect of dietary energy density on performance and lean deposition of growing-finishing pigs. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.11, n.5, p.665-675, 2012.
- COLLIN, A.; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S. et al. Effect of high temperature on feeding behaviour and heat production in group-housed young pig. **British Journal of Nutrition**, v.86, p.63–70, 2001.
- DALLA COSTA, O.A. **Efeitos do manejo pré-abate no bem-estar e na qualidade de carne de suínos**. 2005, 96f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual de São Paulo – UNESP, Jaboticabal, SP.
- DE LA LLATA, M.; DIRTZ, S.S.; TOKACH, M.D. et al. Effects of dietary fat on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2643-2650, 2001.
- DEGEN, L.; DREWE, J.; PICCOLI, F. et al. Effect of CCK-1 receptor blockade on ghrelin and PYY secretion in men. **American Journal of Physiology**, v.292, p.1391–1399, 2007.
- FAGUNDES, C.A.; SILVA, R.G.; GOMES, J.D.F. et al. Influence of environmental temperature, dietary energy level and sex on performance and carcass characteristics of pigs. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.46, n.1, p. 32-39, 2009.
- HINSON, R.B.; WIEGAND, B.R.; RITTER, M.J. et al. Impact of dietary energy level and ractopamina on growth performance, carcass characteristics, and meat quality

- of finishing pigs **Journal of Animal Science**, v.89, p.3725-3579, 2011.
- HUYNH, T.T.T; AARNINK, A.J.A; VERSTEGEN, M.W.A. et al. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. **Journal of Animal Science**, v.83, p.1385-1396, 2005.
- JIN, Y.H.; OH, H.K.; PIAO, L.G. et al. Effect of dietary lysine restriction and energy density on performance, nutrient digestibility and meat quality in finishing pigs. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.23, n.9, p.1213-1220, 2010.
- JOO, S.T.; LEE, J.I.; HA, Y.L. et al. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and waterholding capacity of pork loin. **Journal of Animal Science**, v.80, p.108-112, 2002.
- JUNCHER, D.; RONN, B.; MORTENSEN, E.T. et al. Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of color and lipid oxidation during chill storage of pork. **Meat Science**, v.58, p.347–357, 2001.
- 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.
- KIEFER, C.; MOURA, M.S.; SILVA., E.A. et al. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.2, p.496-504, 2010.
- KIEFER, C.; MEIGNEN, B.C.G.; SANCHES, J.F.; et al. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.221, p.55-64, 2009.
- KIL, D.Y.; JI, L.L.; STEWART, R.B. 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.

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

LANFERDINI, E.; LOVATTO, P.A.; MELCHIOR, R. et al. Características de carcaça e da carne de suínos machos castrados e imunocastrados alimentados com diferentes níveis nutricionais. **Ciência Rural**, v.42, n.11, p.2071-2077, 2012.

LEONARDO, E.F. **A expressão da isoforma de calpastatina responsiva à ractopamina altera a maciez da carne, com implicações na eficiência de crescimento de suínos.** 2008, 65f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Piracicaba, SP.

MATTHEWS, J.O.; HIGBIE, A.D.; SOUTHERN, L.L et al. Effect of chromium propionate and metabolizable energy on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.191-196, 2003.

MENG, Q.W.; YAN, L.; AO, X. et al. Influence of probiotics in different energy and nutrient density diets on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, and blood characteristics in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.88, p.3320-3326, 2010.

MIMBS, J.K.; PRINGLE, T.D.; AZAIN, M.J.; MEERS, S.A.; ARMSTRONG, T.A. Effects of ractopamine on performance and composition of pigs phenotypically sorted into fat and lean groups. **Journal of Animal Science**, v.83, p.1361-1369, 2005.

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, n.9, p.1968-1974, 2011a.
- MOURA, M.S.; KIEFER, C.; SILVA, C.M. et al. Níveis de energia líquida e ractopamina para leitoas em terminação sob altas temperaturas ambientais. **Ciência Rural**, v.41, n.5, p.888-894, 2011b.
- NPCC - NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL Pork quality targets. 1999.
- ORESANYA, T.F.; BEAULIEU, A.D.; PATIENCE, J.F. Investigations of energy metabolism in weanling barrows: The interaction of dietary energy concentration and daily feed (energy) intake. **Journal of Animal Science**, v.86, p.348-363, 2008.
- PARR, T. et al. Expression of calpastatina isoforms in muscle and functionality of multiple calpastatina promoters. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.427, n.1, p.8-15, 2004.
- PIANO, D.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C. et al. Relações treonina:lisina digestível e níveis de energia líquida para suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2147-2156, 2008.
- QUINIOU, N. & NOBLET, J. Effect of the dietary net energy concentration on feed intake and performance of growing-finishing pigs housed individually. **Journal of Animal Science**, v.90, p.4362-4372, 2012.
- RAMOS, E. D. & GOMIDE, L. A. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa: Editora UFV, 2007. 599p.
- RENAUDEAU, D.; GOURDINE, J.L.; ST-PIERRE, N.R. A meta-analysis of the effects of high ambient temperature on growth performance of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.89; p.2220-2230, 2011.
- REZENDE, W.O.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de energia metabolizável mantendo a relação lisina digestível:caloria em rações para suínos

- machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1101-1106, 2006.
- ROSMINI, M.R.; PERLO, F.; PÉREZ-ALVAREZ, J.A. et al. TBA test by an extractive method applied to 'pate'. **Meat Science**. v.42. p.103-110, 1996.
- 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, MG: Universidade Federal de Viçosa, 252p, 2011.
- SILVA, E.A.; KIEFER, C.; MOURA, C.M. et al. Duração da suplementação de ractopamina em dietas para leitoas em terminação mantidas sob alta temperatura ambiente. **Ciência Rural**, v.41, n.2, p.337-342, 2011.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS user's guide**. Cary: SAS Institute, 2002. 1686p.
- STEINERT, R.E.; FEINLE-BISSET, C.; GEARY, N. et al. Secretion of gastrointestinal hormones and eating control. **Journal of Animal Science**, v.91, p.1963-1973, 2013.
- SUAREZ-BELLOCH, J.; SANZ, M.A.; JOY, M. et al. Impact of increasing dietary energy level during the finishing period on growth performance, pork quality and fatty acid profile in heavy pigs. **Meat Science**, v.93, p.796-801, 2013.
- TANG, R.; YU, B.; ZHANG, K. et al. Effects of nutritional level on pork quality and gene expression of μ -calpain and calpastatin in muscle of finishing pigs. **Meat Science**, v.85, p.768-771, 2010.
- UTTARO, B.E.; BALL, R.O.; DICK, P. et al. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2439-2449, 1993.
- WIEGAND, B.R.; HINSON, R.B.; RITTER, M.J. et al. Fatty acid profiles and iodine

value correlations between 4 carcass fat depots from pigs fed varied combinations of ractopamine and energy. **Journal of Animal Science**, v.89, p.3580-3586, 2011.

WOOD, J.D.; WISEMAN, J.; COLE, D.J.A. Control and manipulation of meat quality. In: Cole, D.J.A., Wiseman, J. and Varley, M.A. (Eds.). Principles of pig science. Nottingham University Press. v.78, p.446-448, 1994.

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

CONCLUSÕES GERAIS

O nível de energia metabolizável em dietas com ractopamina para suínos em terminação criados em ambiente de termoneutralidade é de 3350 kcal/kg.

O nível de energia metabolizável em dietas com ractopamina para suínos em terminação criados em ambiente de altas temperatura é de 3500 kcal/kg.