

ISABELA ROMANI RODRIGUES

***SUSCEPTIBILIDADE AO ESTRESSE E
QUALIDADE DE CARNE DE SUÍNOS
SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES
NÍVEIS DE RACTOPAMINA***

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado
à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da
“Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho”,
Campus de Botucatu, SP, para a obtenção
do grau de médico veterinário

Preceptor: *Prof. Dr. Roberto de Oliveira Roça*

Botucatu

2011

ISABELA ROMANI RODRIGUES

***SUSCEPTIBILIDADE AO ESTRESSE E
QUALIDADE DE CARNE DE SUÍNOS
SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES
NÍVEIS DE RACTOPAMINA***

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado
à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da
“Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho”,
Campus de Botucatu, SP, para a obtenção
do grau de médico veterinário

Área de Concentração: Produção Animal

Preceptor: *Prof. Dr. Roberto de Oliveira Roça*

Co-orientadora: *Natália Bortoleto Athayde*

Coordenadora de Estágios: *Prof^a. Dr^a. Jane Megid*

Botucatu

2011

“Aos meus pais, Welerson e Hercilia,
e meu irmão, Heitor,
sem o apoio dos quais jamais teria a
oportunidade de realizar este trabalho.”

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, por me iluminar e colocar em meu caminho as oportunidades e pessoas certas para que eu concluísse esta importante etapa de minha vida.

À minha família, que sempre me apoiou e me ajudou de todas as formas possíveis e impossíveis.

Às minhas amigas, Thaís e Bianca, e todos os outros amigos que integram a minha família botucatuense, pela lealdade, companheirismo e carinho incondicionais.

À minha família uberabense, minha velha trupe que compartilhou comigo do sonho da medicina veterinária desde o início.

Ao meu grande amigo e companheiro Hilton, por estar ao meu lado me apoiando e compartilhando os momentos bons e ruins.

À minha co-orientadora e amiga, Natália, pelos ensinamentos, dedicação e pela paciência interminável.

Ao meu preceptor, Prof. Roberto de Oliveira Roça, pelo apoio e pela confiança.

Finalmente, agradeço a todos os animais que contribuíram de alguma forma para a construção deste sonho.

SUMÁRIO

1. Introdução	01
2. Revisão de literatura	02
2.1. Bem-estar animal	02
2.2. Formas de avaliar o estresse	02
2.3. Estrutura e mecanismo de ação da ractopamina e mecanismo de ação.....	04
2.4. Justificativas do uso da ractopamina	05
2.5. Qualidade da carne e ractopamina	06
2.6. Parâmetros físico-químicos de avaliação da qualidade da carne.....	07
2.6.1. pH	07
2.6.2. Cor	07
2.6.3. Perda de água por exsudação	08
2.6.4. Perda de água por cocção	08
2.6.5. Força de cisalhamento	09
2.6.6. Marmorização	10
3. Materiais e métodos	10
3.1. Local, animais e manejo na granja	10
3.2. Manejo pré-abate	11
3.3. Avaliação do estresse	12
3.3.1. Comportamento	12
3.3.2. Lesões de pele e carcaça	13
3.3.3. Parâmetros fisiológicos do estresse	13
3.4. Análises de qualidade de carne	14
3.4.1. pH e temperatura	14
3.4.2. Cor	14
3.4.3. Perda de água por exsudação (Drip loss)	14
3.4.4. Perda de água por cocção	15

3.4.5. Força de cisalhamento	15
3.4.6. Marmorização	15
4. Análise estatística	16
5. Resultado e discussão	17
5.1. Comportamento	17
5.2. Lesões de pele e carcaça	19
5.3. Parâmetros fisiológicos do estresse	20
5.4. Qualidade de carne	23
6. Conclusão	27
7. Referências bibliográficas.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias e coeficientes de variação da porcentagem de ocorrência das categorias de comportamentos dos suínos (calmos, movimentando-se e alimentando-se), em função da suplementação com diferentes níveis de ractopamina na dieta.....	17
Tabela 2 - Médias e coeficientes de variação da porcentagem de ocorrência dos quatro comportamentos (em pé, fuçando outro, brincando e beendo água) influenciados pela suplementação com diferentes níveis de ractopamina na dieta	18
Tabela 3 - Médias e coeficientes de variação do número total de lesões de pele e carcaça avaliadas na paleta, lombo e pernil dos suínos durante o período total de avaliação (embarque, desembarque, área de espera do frigorífico e 24 horas após o abate), em função da suplementação com diversos níveis de ractopamina na dieta.....	20
Tabela 4 – Médias e coeficientes de variação dos parâmetros fisiológicos do estresse de suínos em função da suplementação com diversos níveis de ractopamina na dieta	22
Tabela 5 - Médias e coeficientes de variação dos valores de pH e temperatura (inicial e final), perda de água (por exsudação e cocção) e força de cisalhamento avaliados no músculo <i>Longíssimus dorsi</i> de suínos suplementados com diferentes níveis de ractopamina na dieta.....	25
Tabela 6 - Médias e coeficientes de variação dos escores de cor (CIELAB) e % de gordura intramuscular avaliados no músculo <i>Longíssimus dorsi</i> de suínos suplementados com diferentes níveis de ractopamina na dieta.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

a* - variação entre a coloração vermelha (+a*) a verde (-a*)

ABA – agonista β -adrenérgico

AMPc – monofosfato cíclico de adenosina

b* - variação entre a coloração amarelo (+b*) a azul (-b*)

CIELAB – sistema mais utilizado para avaliação de cor dos alimentos

CK – outra nomenclatura dada à enzima creatina fosfoquinase

CK-BB – isoenzima de creatinina fosfoquinase

L* - luminosidade, brilho ou reflectância

LD – músculo *Longíssimus dorsi*

Mb - mioglobina

mL – mililitros

mm – milímetros

n° - número

NPPC – *National Pork Production Council*, Conselho Nacional de Produção de Carne Suína

°C – Graus Celsius

pH – potencial hidrogênio iônico

pH_i – pH inicial, avaliado 45 minutos após abate

pH_u – pH final, avaliado 24 horas após o abate

ppm – partes por milhão

PSE – sigla inglesa de *Pale, soft, exudative* – carne pálida, flácida, exsudativa

RAC - Ractopamina

β – beta

β AR – receptor β -adrenérgico

RODRIGUES, ISABELA ROMANI. *Susceptibilidade ao estresse e qualidade de carne de suínos suplementados com diferentes níveis de Ractopamina*. Botucatu – SP, 2011. XXp. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Medicina Veterinária, Área de concentração: Produção Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

RESUMO

A ractopamina é um agonista β -adrenérgico que vem sendo utilizado como repartidor de energia em dietas de suínos na fase de terminação. Porém, pesquisas mostram que pode haver efeito deste aditivo sobre o bem-estar e a qualidade da carne. Neste contexto, objetivou-se avaliar a influência de três níveis de inclusão de ractopamina (0, 5 e 10 ppm) na dieta de suínos comerciais (machos castrados e fêmeas, n=340) durante 28 dias pré abate, sobre o bem-estar e a qualidade da carne. O bem-estar foi avaliado por meio do comportamento dos animais, lesões de pele e carcaça e parâmetros fisiológicos do estresse (lactato, cortisol e creatinina-fosfoquinase). Já a avaliação da qualidade da carne foi realizada por meio das análises de pH, cor, perda de água por exsudação e cocção, força de cisalhamento e marmorização do músculo *Longissimus dorsi* (LD) de 90 suínos selecionados. Constatou-se que não houve influência dos tratamentos sobre o comportamento dos suínos, número total de lesões de pele e carcaça ou concentração de cortisol e lactato. Contudo, notou-se aumento dos níveis da enzima creatinina-fosfoquinase (CPK) nos suínos suplementados com ractopamina. O pH e a perda de água por exsudação não sofreram alterações em função da adição de ractopamina na ração. Em contrapartida, o músculo LD de suínos que receberam ractopamina apresentou-se com coloração vermelha menos intensa e não foi constatada diferença nos valores L^* e b^* . A inclusão da ractopamina na ração levou a diminuição porcentagem de extrato etéreo, da perda de água por cocção e da maciez do músculo. Conclui-se que a suplementação com ractopamina na ração não influenciou o comportamento, incidência de lesões, concentração de cortisol ou lactato e teve pouca influência sobre a qualidade da carne. Porém, recomenda-se atenção quanto ao uso da ractopamina, pois há indícios de que os animais que consomem este aditivo sofrem alterações fisiológicas.

Palavras-chave: agonista β -adrenérgico; qualidade de carne; suíno.

RODRIGUES, ISABELA ROMANI. *Susceptibility to stress and meat quality of swine supplemented with ractopamine*. Botucatu – SP, 2011. XXp. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Medicina Veterinária, Área de concentração: Produção Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. ABSTRACT

The ractopamine is a β -adrenergic agonist used as a divider of energy in diets for finishing pigs. However, research shows that this additive may effect on welfare and meat quality. In this context, the aim was to evaluate the influence in three levels of inclusion of ractopamine (0, 5 and 10ppm) in commercial pigs diet (castrated, males and females, n = 340) for 28 days pre-slaughter on the welfare and meat quality. The well-being was assessed by the behavior of animals, number of skin damages, carcass damages and physiological stress (lactate, cortisol and creatinine phosphokinase). The evaluation of meat quality was performed by analyzing pH, color, drip and cooking loss, shear force and marbling of the longissimus dorsi muscle of 90 selected pigs. There was no influence of treatments on the behavior, the total number of skin damages and carcass damages or concentration of cortisol and lactate. However, levels of the enzyme creatine phosphokinase (CPK) increased in pigs supplemented with ractopamine. This shows that, somehow, this additive led to physiological changes in animals that consumed it. PH and drip loss did not change by the addition of ractopamine in the diet. In contrast, the Longissimus dorsi of pigs that received ractopamine presented less intense red color and no difference was found in L* and b*. The inclusion of ractopamine in the diet reduced the degree of marbling, cooking loss and tenderness of the muscle. Supplementation did not lead to behavioral change, increased incidence of injury, plasma cortisol and lactate and minimal impact on meat quality. However, there was evidence that the animals fed the additive suffered physiological changes.

Key-words: agonist, β -adrenergic; meat quality; swine

1. INTRODUÇÃO

O mercado consumidor está cada vez mais exigente em relação à qualidade dos produtos cárneos. Para atender tais exigências, pesquisadores têm buscado alternativas tecnológicas que permitam aumentar a produção e a porcentagem de carne magra na carcaça, melhorando também o desempenho dos animais.

A ractopamina (RAC) é um agonista β - adrenérgico utilizado como repartidor de energia em dietas de suínos na fase de terminação. Dentre os benefícios de sua utilização estão: melhor conversão alimentar, aumento do ganho de peso, na deposição de carne magra e diminuição na deposição de gordura na carcaça. No entanto, segundo Marchant-Forde et al. (2003), a suplementação com RAC pode ter efeito negativo sobre o bem-estar animal, refletindo na qualidade do produto final.

Como as linhagens suínas comercializadas no Brasil geralmente apresentam elevadas porcentagens de carne magra, as quais são mais difíceis de manejar, segundo Scott et al., 2000. A suplementação com RAC pode aumentar a suscetibilidade ao estresse destes animais aumentando a possibilidade de produção de carne PSE (pálida, flácida e exsudativa) e baixo rendimento tecnológico nos processamentos. Por isso é importante verificar o efeito deste repartidor de energia sob as condições de produção de suínos comercial.

Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da administração de diferentes níveis de RAC na ração de suínos sobre o bem-estar e a qualidade de carne.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. BEM-ESTAR ANIMAL

O bem-estar, na área de produção animal, é um conceito que está relacionado às necessidades, liberdades, felicidade, adaptação, capacidade de previsão, sentimentos, sofrimento, dor, ansiedade, medo, tédio, estresse e saúde (BROOM & MOLENTO, 2004). Historicamente, o bem-estar animal foi colocado em foco em 1964, quando Ruth Harrison denunciou, no livro *Animal Machines*, os maus tratos aos animais confinados. O impacto da obra na sociedade levou à criação do Comitê Brambell, no mesmo ano. Tal comitê divulgou um relatório contendo as cinco liberdades mínimas que um animal deveria ter. Estas liberdades foram revistas em 1993 pelo Comitê de Bem-estar de Animais de Produção (*Farm Animal Welfare Council – FAWC*), que criou as “Novas Cinco Liberdades”:

- 1) Livre de fome, sede e desnutrição pelo livre acesso a água fresca e uma plena dieta para que mantenha sua saúde e vigor;
- 2) Livre de desconforto, propiciando um ambiente adequado, incluindo abrigo e uma confortável área de descanso;
- 3) Livre de dor, lesões ou doença, através de prevenção, diagnóstico rápido e tratamento quando necessário;
- 4) Liberdade para expressar o comportamento normal, fornecendo espaço suficiente, instalações adequadas e companhia de animais da própria espécie;
- 5) Livre de medo e estresse, assegurando condições que evitem sofrimento mental.

2.2. FORMAS DE AVALIAR O ESTRESSE

A avaliação do estresse pode ser feita de duas formas: pela resposta comportamental ou pela observação dos parâmetros fisiológicos do estresse.

Os indicadores comportamentais são baseados na conduta anormal, ou seja, no quanto o comportamento do animal se afasta daquele observado no ambiente natural. Diversos comportamentos podem nos dar informações imediatas sobre o bem-estar dos animais e podem compreender desde total apatia, estereotipias (comportamento repetitivo, constante, sem função óbvia), até agressividade.

Já os parâmetros fisiológicos do estresse (endócrinos e enzimáticos) são mensurados laboratorialmente, em fluidos e tecidos dos animais.

Os animais elevam os níveis plasmáticos de cortisol no manejo pré-abate em resposta ao estresse psicológico sofrido, para se preparar para fuga ou luta. No organismo, o cortisol potencializa a síntese e ação da epinefrina, a qual estimula a gliconeogênese e lipólise, mobilizando os estoques de energia para uma vigorosa atividade. Ao mesmo tempo, regula a concentração de glicocorticóides, mantendo a homeostasia. O efeito final é um aumento nos níveis plasmáticos de glicose até seu nível normal e armazenar glicogênio, para suprir energia (NELSON & COX, 2002).

Segundo Gradin (1994), situações de extremo estresse podem dobrar ou quadruplicar os níveis de cortisol. O estresse intenso pode levar à lesão muscular, levando à degradação intensa de glicogênio muscular e, conseqüentemente, liberação de grande quantidade de ácido láctico na corrente sanguínea.

A creatina fosfoquinase é composta por quatro isoenzimas. A CK-MM está presente nos músculos esquelético e cardíaco, a CK-BB é encontrada no cérebro e a CK-MB, no coração. A CK-Mt é uma enzima mitocondrial que responde por até 15% da atividade da CPK cardíaca (KRAMER & HOFFMAN, 1997).

Warris et al. (1998) observaram diferenças significativas nas concentrações de lactato e creatina fosfoquinase em suínos abatidos em condições estressantes e de mínimo estresse. Gispert et al. (2000)

avaliaram as concentrações de lactato em suínos com altos escores de lesões de pele e constataram que, quanto mais numerosas as lesões, maior a concentração séria de lactato.

Os níveis de lactato e creatina fosfoquinase também podem se elevar em função de outras situações de estresse, como foi observado por Warris et al. (1998) e Pérez et al. (2002), em relação ao tempo de transporte. Portanto, as análises de creatina fosfoquinase e lactato são importantes parâmetros para avaliação do estresse suíno.

2.3. ESTRUTURA DA RACTOPAMINA E MECANISMO DE AÇÃO

A ractopamina é um agonista β -adrenérgico (ABA) do grupo das fenetanolaminas com estrutura análoga às catecolaminas epinefrina e norepinefrina. As fenetanolaminas fazem parte de uma classe de compostos que se ligam aos receptores α e β -adrenérgicos e são caracterizados pela presença de um anel aromático, uma cadeia lateral da etanolamina e o nitrogênio alifático (CANTARELLI, 2007).

Segundo Bellaver et al. (1991), as catecolaminas podem ser divididas em naturais e sintéticas. Das sintéticas, o clenbuterol, o salbutamol e a ractopamina são as mais estudadas e usadas como agentes de repartição, em especial a última (PALERMO NETO, 2002), com maior interesse na suinocultura, pois interfere no metabolismo dos suínos, desviando nutrientes para funções zootecnicamente desejáveis.

O mecanismo de ação mais sugerido aponta para a membrana celular, onde um receptor (R) é estimulado pelo agonista β -adrenérgico (CANTARELLI, 2007). O complexo β A-R fixa - se sobre uma proteína de ligação. Essa proteína, denominada Gs, ativa, induzirá a fluidez da membrana, permitindo, assim, o seu deslocamento lateral, levando à estimulação da ação catalítica da enzima adenilato ciclase (Ac). Esta vai, a partir do trifosfato de adenosina (ATP), levar à formação do monofosfato cíclico de adenosina (AMPc), que atuará como mensageiro secundário. O

AMPC ativa uma proteína quinase (PKA) que conduz à fosforilação de proteínas. As proteínas têm sua funcionalidade controlada pelo processo de fosforilação/defosforilação desencadeando efeitos fisiológicos.

2.4. JUSTIFICATIVAS DO USO DA RACTOPAMINA

A ractopamina faz parte do grupo dos agonistas β -adrenérgicos autorizados na terapia humana e veterinária. Tal aditivo é reconhecido como promotor de crescimento e há muito vem sendo utilizado na medicina veterinária em frangos (BUYSE et al., 1987), suínos (BARK et al., 1992) e bovinos (EISEMANN et al., 1988).

Desde quando começou a ser usada na dieta de suínos, a RAC vem chamando a atenção de pesquisadores no mundo todo. Estudos europeus e americanos já avaliaram os efeitos dessa substância para suínos, comprovando vários benefícios, como: melhora no ganho médio diário, estimulação do crescimento muscular e diminuição do teor de gordura (MOLONEY et al., 1991).

Como a RAC atua diretamente no metabolismo protéico e nas taxas de deposição muscular, alterações nos níveis ou fontes de nutrientes relacionados a esse metabolismo podem influenciar na resposta animal. Alguns dos efeitos da administração oral de agonistas β -adrenérgicos em bovinos, ovelhas e suínos são aumento na massa muscular e diminuição da massa de gordura na carcaça (CORASSA, 2007).

A inclusão de RAC às dietas promove melhoria de características quantitativas da carcaça dos suínos, aumentando, principalmente, o percentual de carne magra, por meio da redução da espessura de toucinho e aumento da área de olho de lombo.

Apesar de a RAC trazer benefícios para a eficiência alimentar, taxa de crescimento e na produção de carne magra (STOLLER et al., 2003), a mesma pode acarretar algumas alterações na qualidade de carne. Há hipóteses de que o uso da RAC influencia o nível de estresse dos suínos

durante o manejo pré-abate. Suínos alimentados com RAC apresentaram elevação dos batimentos cardíacos e dos níveis de catecolaminas na presença de tratadores desconhecidos, assim como maior dificuldade de manejo, que pode ter ocorrido devido aos efeitos da RAC, na mobilidade e comportamento dos suínos avaliados. De acordo com as observações de Marchant-Forde et al. (2003), suínos suplementados com RAC são mais ativos, alertas e demoram mais tempo para se acalmar após uma situação estressante. Entretanto estes estudos não corroboram os estudos anteriores.

Schaefer et al. (1992), reportou que suínos suplementados com RAC após seis semanas gastaram mais tempo descansando e menos tempo caminhado, Brumm et al., 2004 não encontrou diferenças na performance de suínos suplementados com RAC alocados em um espaço reduzido durante a etapa de terminação. Tais resultados devem ser estudados mais a fundo, pois os procedimentos de manejo pré-abate englobam diferentes fatores estressantes, os quais exercem forte influência nos aspectos qualitativos da carne (FAUCITANO et al., 1998).

2.5. QUALIDADE DA CARNE E RACTOPAMINA

A qualidade da carne, conceito amplo e complexo, é definida por características objetivas e subjetivas. As características objetivas abrangem as físicas, nutricionais e higiênicas já as subjetivas englobam os aspectos sensoriais, apresentação e a forma de exposição do produto. A qualidade da carne é dependente da temperatura do tecido muscular e da velocidade de resfriamento após o abate, sendo que as velocidades das reações bioquímicas são reduzidas em baixas temperaturas.

A qualidade da carne pode ser avaliada por meio de parâmetros físico-químicos (pH, cor, perdas por exsudação e cocção, capacidade de retenção de água e maciez), visual (marmorização) e por métodos sensoriais (suculência, aparência da carne, e resistência a mastigação). Neste projeto foram avaliados os parâmetros físico-químicos e visual.

2.6. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CARNE

2.6.1. pH

O pH é a mensuração utilizada para determinar o nível de acidificação e alcalinidade da carne. É uma das formas de mensuração mais utilizada atualmente pelas indústrias para auxiliar na determinação da qualidade da carne. Cor, firmeza e capacidade de retenção de água são afetadas pelo pH do músculo. Valores ótimos de pH_u para carne fresca de suínos deve estar entre 5,7 e 5,9 (SCOTT et al., 1998).

Aalhus et al. (1990) e Dunshea et al. (1993) não encontraram diferenças nos valores de pH_u para suínos alimentados com RAC em relação aos animais controle. Stites et al. (1994) não observaram diferença estatística em valores de pH em lombo de suínos alimentados com dieta contendo 4,5, 9 e 18 ppm de RAC comparado com o controle. Entretanto, animais alimentados com 18ppm de RAC tiveram numericamente um aumento no pH do músculo em todas as seis mensurações. Stoller et al. (2002) não observaram diferenças nos valores de pH 24 e 48 horas post-mortem entre suínos do grupo controle e suplementados com RAC.

2.6.2. COR

A coloração da carne de suínos é uma importante característica de impacto na percepção dos consumidores de carne suína (BREWER & MCKEITH, 1999), sendo associada com o frescor e a boa qualidade do produto. A cor da carne reflete a quantidade e o estado químico do seu principal pigmento, a mioglobina (Mb). A cor é objetivamente caracterizada utilizando-se colorímetros que apresentam descrições L^* , a^* e b^* (AMSA, 1991) e subjetivamente utilizando um padrão para cor de

carne suína como NPPC (1991) e NPPC (1999) ou o padrão de cor Japonês.

Uttaro et al. (1993) avaliando coloração de carne de suínos suplementados com RAC, observaram diferenças nos valores de a^* e b^* , sendo mais vermelha e amarela nos animais controles. Entretanto, os mesmos autores avaliando presunto curado, demonstraram que os animais tratados com RAC tiveram valores de L^* menores do que os do controle e não foram observadas diferenças nos valores de cor a^* e b^* . Stites et al. (1994) não observaram diferenças no escore de cor para suínos suplementados com 0, 4.5, 9 e 18 ppm de RAC e em outros estudos, Ivers et al. (2000) e Stoller et al. (2002) também não encontraram diferenças nos valores de a^* e b^* .

2.6.3. PERDA DE ÁGUA POR EXSUDAÇÃO

A perda de água por exsudação (Drip loss) refere-se à porcentagem de umidade que é perdida durante o período de armazenagem, usualmente 24 ou 48 horas do corte da amostra. Aalhaus et al. (1990) e Dushea et al. (1993), não encontraram diferença analisando “drip loss” em lombos de suínos alimentados com RAC. Entretanto, Ivers et al. (2002) reportaram que suínos suplementados com 18ppm de RAC tiveram menos perda de água por exsudação no lombo que os animais do grupo controle.

2.6.4. PERDA DE ÁGUA POR COCÇÃO

A perda de água por cocção relaciona-se à umidade perdida no cozimento da carne *in natura*. Segundo Ramos & Silveira (2002), o aumento na quantidade de água na carne de animais suplementados com agonistas β -adrenérgicos refletirá numa maior perda de água por cocção.

2.6.5. FORÇA DE CISALHAMENTO

A textura dos alimentos é um parâmetro sensorial que apresenta os tributos primários: maciez, coesividade, viscosidade, elasticidade e os secundários como gomosidade, mastigabilidade, suculência, fraturabilidade e adesividade. A textura da carne é um dos fatores mais importante para o consumidor, ao julgar a qualidade da carne. Os fatores que podem afetar a textura da carne tem duas origens: fatores ante-mortem: idade, sexo, nutrição, exercício, estresse antes do abate, presença de tecido conjuntivo, espessura e comprimento do sarcômero e fatores post-mortem: estimulação elétrica, rigor mortis, velocidade de resfriamento da carcaça, maturação, métodos e temperatura de cozimento e pH final.

A textura da carne está intimamente relacionada à quantidade de água intramuscular, portanto quanto maior o conteúdo de água fixada no músculo, maior a maciez da carne.

Stoller et al. (2003) comparando o efeito de 10 ppm de RAC na dieta para suínos de diferentes linhagens genéticas, constataram que o músculo *Longissimus Dorsi* (LD) de suínos Berkshire suplementados com RAC apresentou maior maciez e suculência e menor perda de água por cocção em relação ao LD de Duroc. O LD de suínos Berkshire suplementados com RAC teve menor porcentagem de gordura intramuscular que o de animais controles. Já Carr et al. (2005) observaram que suínos alimentados com RAC tiveram no geral menos gordura e maciez, mas apresentaram um aumento da área de olho lombo quando comparados com os suínos que não receberam a RAC.

2.6.6. MARMORIZAÇÃO

O marmoreio ou gordura intramuscular tem sido associado com a qualidade da carne comestível. Marmoreio pode ser mensurado visualmente e objetivamente. Visualmente utilizando uma escala de 1 a 5 (NPPC, 1991) ou um padrão mais recente (NPPC, 1999) com escala contínua, a qual representa a quantidade de lipídio presente no músculo. A mensuração objetiva é baseada na análise química do músculo (porcentagem de extrato etéreo).

Stites et al. (1991) e Crome et al. (1996) não observaram diferenças no marmoreio subjetivo entre os suínos controle e os que foram suplementados com RAC. Watkins et al. (1990) apresentaram os resultados de dois estudos. No estudo 1 com 888 suínos, não foram observadas diferenças entre o grupo controle e aquele cuja dieta continha ractopamina. No estudo 2 com 360 suínos, os animais suplementados com RAC tiveram maiores níveis subjetivos de marmoreio quando comparados com os animais do grupo controle. Entretanto, Stites et al. (1994) não observaram diferenças na marmorização entre o grupo controle e o suplementado com RAC.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. LOCAL, ANIMAIS E MANEJO NA GRANJA

O experimento foi realizado no período de inverno numa propriedade localizada no município de Alto Bela Vista, SC e desenvolvido de acordo com os princípios éticos na experimentação animal (protocolo nº 64/2008-CEEA), determinados pela Câmara de Ética em Experimentação Animal da Universidade Estadual Paulista (FMVZ), UNESP, Botucatu/SP, Brasil.

Foram utilizados 340 suínos em fase de terminação (machos castrados e fêmeas, com peso médio inicial de 107,3 kg), provenientes de

cruzamentos industriais, distribuídos em 30 baias com 10 a 12 animais cada. Todos os animais foram pesados e identificados com brincos na instalação do experimento calculando-se a média de peso dos animais de cada baia. A partir desses pesos, foram distribuídos os tratamentos permitindo que houvesse grupos de baias (blocos) com animais com média de pesos leve, médio e pesado em todos os tratamentos, totalizando 10 baias por tratamento. Foi considerada a baia como unidade experimental.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com arranjo fatorial dos tratamentos 2 x 3, sendo duas condições sexuais (machos castrados e fêmeas) e três níveis de suplementação de ractopamina na ração (0, 5 e 10 ppm).

A ração suplementada com ractopamina (5 e 10 ppm) foi fornecida de forma controlada, 28 dias antes do abate, dividida em três ratos diários. O grupo controle recebeu ração com mesma composição que os demais, porém sem a suplementação da ractopamina. A dieta utilizada neste período foi uma ração convencional contendo 1% de lisina total.

3.2. MANEJO PRÉ-ABATE

Antes do embarque, os animais foram pesados e submetidos a jejum de aproximadamente quatro horas. De cada tratamento, 30 suínos (o mais leve, o com peso médio e o mais pesado de cada baia) receberam uma segunda identificação, a fim de destacar os animais selecionados para as avaliações de qualidade de carne. Em seguida, foram transportados até um frigorífico localizado na cidade de Chapecó/SC. Ao chegarem ao frigorífico, os suínos permaneceram durante 6 horas nas baias de descanso até serem conduzidos ao insensibilizador. O período total de jejum, desde a retirada da ração na granja até o abate, foi de 14 horas. Os animais permaneceram sem acesso à alimentação, porém tiveram livre acesso à água na granja e durante a permanência nas baias de espera do frigorífico.

O abate ocorreu por eletrocussão. Após essa etapa, os animais foram imediatamente sangrados na posição horizontal e suspensos ao fim da mesa de sangria na nórea contínua da linha de abate. As carcaças dos suínos permaneceram em câmara fria submetidas a temperaturas variando entre 1°C a 4°C durante 24 horas.

3.3. AVALIAÇÃO DO ESTRESSE

3.3.1. COMPORTAMENTO

A avaliação do comportamento dos suínos na granja foi realizada uma semana antes da administração de ractopamina e semanalmente (segundas, quartas e sextas-feiras) durante todo o experimento, por meio do método de varredura (*scan sampling*, Altmann, 1974), com algumas modificações. As leituras foram efetuadas a cada hora, nos seguintes horários: 9, 10, 11, 13, 14 e 15h00, onde cada animal foi classificado em uma das 13 categorias mutuamente exclusivas: bebendo água, deitado só, deitados aglomerados, em pé, fuçando outro, sentado, alimentando-se, mordendo outro, caminhando, explorando, fugindo, brincando e montando.

Em função dos 13 comportamentos descritos, foi calculado o número de animais calmos (soma do número de animais deitados aglomerados, deitado só, em pé e sentado), movimentando-se (fuçando outro, mordendo outro, caminhando, explorando, fugindo, brincando e montando) e alimentando-se (consumindo ração e bebendo água). Em seguida, calculou-se em cada baia a porcentagem de animais em cada uma dessas três categorias. A categorização dos 13 comportamentos foi realizada com o objetivo de identificar alguma alteração na atividade dos suínos, em função da inclusão de ractopamina na dieta.

3.3.2. LESÕES DE PELE E CARÇAÇA

A incidência de lesões na pele foi avaliada em três locais (paleta, lombo e pernil) da meia carcaça esquerda de 40 suínos, sendo registrada através de avaliação visual, realizando a contagem do número de lesões. Esta avaliação foi realizada 24 horas após o abate, registrando a frequência de lesões por carcaça e a origem das lesões, classificando-as em a) manejo, b) densidade, c) briga e o índice do escore de lesões seguindo a metodologia descrita por ITP (1996).

3.3.3. PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DO ESTRESSE

A avaliação para os parâmetros fisiológicos do estresse (CPK, lactato e cortisol) foi realizada através da dosagem do hormônio cortisol e atividade das enzimas lactato-oxidase e creatinaquinase.

Imediatamente após o processo de insensibilização, amostras de sangue de 20 animais foram coletadas do corte da sangria e transferidas para um tubo de centrífuga contendo heparina sódica e homogeneizadas lentamente. As amostras foram submetidas a uma centrifugação a 3500 rpm / 10 minutos em temperatura ambiente, utilizando-se uma centrífuga portátil modelo Excelsa Baby II da marca Fanem.

Após a centrifugação, alíquotas de 2 ml do plasma obtido foram transferidas para tubos criogênicos e armazenadas em nitrogênio líquido (-196°C) até a execução das análises dos indicadores sangüíneos de estresse. As amostras do plasma foram usadas para análise de cortisol através do método de radio-imunoensaio. A dosagem de cortisol foi realizada em contador gama (Gama Count Cobra II- PackardTM). Essas amostras também foram utilizadas para a análise de lactato-oxidase (Lactat PAP enzym. Farbtest, Rolf Greiner Biochemica, Flach, Germany) e creatinaquinase (CKNAK FS, Diasys - Diagnostic Systems Internacional, Holzheim, Germany). A atividade enzimática da lactato-oxidase e da creatinaquinase foram mensuradas por comprimento de onda (546 nm e

340 nm, respectivamente), utilizando espectrofotômetro (RA_XTTM, Technicon).

3.4. ANÁLISES DE QUALIDADE DA CARNE

3.4.1. pH E TEMPERATURA

Utilizou-se um medidor de pH (Hanna, HI 8314) com sistema de identificação digital, sensor de compensação de temperatura (Tec 530) e eletrodo de vidro apropriado para determinação de pH em profundidade. As medidas foram realizadas em duplicatas no músculo LD, entre a 13ª e 14ª costela, perpendicularmente à linha média da meia-carcaça esquerda, nos períodos de 45 minutos e 24 horas *post-mortem*.

3.4.2. COR

A cor foi mensurada objetivamente, no período de 24 horas *post-mortem*, com o auxílio do colorímetro Minolta (DL65, ângulo de visão de 0°, com iluminação difusa e componente especular, modelo CR 400, Minolta (Câmera Co., Ltd Osaka, Japan)). As mensurações foram realizadas em triplicata no músculo LD, seguindo o sistema CIELAB, por meio de leituras de reflectância da luz em três dimensões: L, a* e b*.

3.4.3. PERDA DE ÁGUA POR EXSUDAÇÃO (DRIP LOSS)

Foram utilizadas amostras de 100 gramas, em duplicatas, do músculo LD, colhidas 24 horas após o abate. A gordura subcutânea foi retirada e as amostras pesadas em balança semi-analítica com precisão. A análise de perda de água por exsudação foi determinada pelo método EZ-DripLoss (RASMUSSEN & ANDERSSON, 1996), onde 10 das 100 gramas foram retiradas e colocadas em recipientes “Meat juice containers” ou “Fleischsafttrichter” (KABE Labortechnik, N. Umbrecht-Elsenroth, Alemanha). Após 48 horas em câmara de resfriamento, cada amostra foi pesada novamente e a porcentagem de perda de água foi

calculada pelo resultado da diferença entre o peso inicial e o peso final da amostra dividido pelo peso inicial e multiplicado por 100 (HONIKEL, 1998). A perda de água por exsudação foi obtida por meio da média das duplicatas.

3.4.4. PERDA DE ÁGUA POR COCÇÃO

Foram utilizadas quatro amostras do músculo LD, com 2,5 cm de espessura, retiradas da meia-carcaça esquerda em torno de 24 horas após o abate. As amostras foram acondicionadas em embalagens plásticas, a vácuo, e armazenadas congeladas (-20°C). Posteriormente as amostras foram descongeladas em refrigerador a 5° C durante 24 horas. Em seguida, amostras de 100g ((±0,05g), em duplicatas, foram embaladas à vácuo e cozidas em banho-maria (80°C durante 1 hora). Após essa etapa, foram colocadas sobre papel absorvente até chegarem à temperatura ambiente e então foram pesadas novamente para determinação da perda de peso após o cozimento (Honikel, 1987).

3.4.5. FORÇA DE CISALHAMENTO

Para a avaliação da maciez foi utilizado o texturômetro TA XT-Plus Texture Analyser 2i, equipado com dispositivo Warner-Bratzler. A velocidade de descida do dispositivo foi de 200mm/min. Foram utilizadas as amostras usadas para determinação da perda de água por cocção. Foram retirados cinco cubos com 1x1x2cm, os quais foram colocados com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas do aparelho Warner-Blatzler.

3.4.6. MARMORIZAÇÃO

A marmorização foi avaliada em amostras do músculo LD da meia-carcaça esquerda dos suínos, por meio do método objetivo. Para tanto, amostras do LD, in natura e em duplicatas, foram descongeladas sob

refrigeração, trituradas em micro-processador, acondicionadas em placas de petri, conforme procedimentos descritos pela AOAC (2007) e, posteriormente, analisadas.

4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para as variáveis analisadas foi gerada uma média para cada baia, totalizando no experimento 30 unidades experimentais, distribuídas em cinco blocos envolvendo fatorial duas condições sexuais x três níveis de ractopamina (0, 5 e 10 ppm). Para todas essas variáveis, foi aplicado um modelo de análise de variância dado por:

$Y_{jik} = \mu + b_j + t_i + s_k + (ts)_{ik} + e_{jik}$; com $j=1, 2, \dots, 5$ blocos; $i= 1, 2, 3$ níveis de inclusão de ractopamina; $k= 1, 2$ condições sexuais. Em que:

Y_{jik} é a observação da resposta pertencente ao bloco j , nível de inclusão de ractopamina i , condição sexual k ;

μ é a média geral da resposta no experimento;

b_j é o efeito do bloco j ;

t_i efeito do nível de inclusão de ractopamina i ;

s_k é o efeito da condição sexual k ;

$(ts)_{ik}$ é o efeito da interação nível de inclusão de ractopamina e condição sexual;

e_{jik} é o erro aleatório não observável suposto seguir a distribuição normal de média zero e variância constante σ^2 , e este é o denominador apropriado para calcular o teste F das fontes de variação envolvidas.

O critério para tomada de decisão adotada foi 5% de probabilidade. As comparações das médias foram realizadas através do teste T de Student, protegido pela significância do teste F. Foi utilizado o programa Statistical Analysis System (SAS, 2002).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. COMPORTAMENTO

Não houve influência da suplementação de ractopamina nos parâmetros avaliados para comportamento e bem-estar dos animais.

Na Tabela 1, observa-se que não houve interferência da ractopamina no comportamento dos suínos quando estes foram categorizados em calmos, movimentando-se e alimentando-se. Porém, fora das categorias, quatro atos comportamentais (em pé, fuçando outro, brincando e bebendo água) foram alterados em função da adição da RAC na ração (Tabela 2).

Tabela 1. Médias e coeficientes de variação da porcentagem de ocorrência das categorias de comportamentos dos suínos (calmos, movimentando-se e alimentando-se), em função da suplementação com diferentes níveis de ractopamina na dieta.

	<i>Ractopamina (ppm)</i>			Média	CV ¹ (%)
	0	5	10		
<i>Calmos (%)</i>					
	71,38 A	70,46 A	71,56 A	71,13	9,81
<i>Movimentando-se (%)</i>					
	18,16 A	19,56 A	17,94 A	18,56	28,67
<i>Alimentando-se (%)</i>					
	10,46 A	9,98 A	10,50 A	10,31	57,44

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical (horário de avaliação) e maiúsculas na horizontal (níveis de ractopamina) diferem ($P < 0,05$) pelo teste T de Student.

¹- CV = coeficiente de variação.

Tabela 2. Médias e coeficientes de variação da porcentagem de ocorrência dos quatro comportamentos (em pé, fuçando outro, brincando e bebendo água) influenciados pela suplementação com diferentes níveis de ractopamina na dieta.

	<i>Ractopamina (ppm)</i>			Média	CV ¹ (%)
	0	5	10		
<i>Em pé (%)</i>	0,85 B	0,78 B	1,39 A	1,01	105,25
<i>Fuçando outro (%)</i>	5,62 B	6,73 A	5,89 B	6,08	36,14
<i>Brincando (%)</i>	0,26 A	0,06 B	0,18 AB	0,17	262,92
<i>Bebendo água (%)</i>	1,58 B	2,06 A	1,94 AB	1,86	63,38

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical (horário de avaliação) e maiúsculas na horizontal (níveis de ractopamina) diferem ($P < 0,05$) pelo teste T de Student.

¹- CV = coeficiente de variação.

Houve aumento no número de animais em pé com a suplementação com 10 ppm de ractopamina. A inclusão de 5 ppm de ractopamina resultou no aumento na porcentagem de suínos fuçando outro. Porém, Schaefer et al. (1992) não obtiveram tal interferência comportamental pelo uso de ractopamina.

A média de suínos brincando foi maior no grupo controle em comparação àquele suplementado com 5ppm de ractopamina. Porém, quando comparados estes grupos, aquele que recebeu o aditivo apresentou maior porcentagem de animais bebendo água.

Tais resultados indicam pequeno efeito da ractopamina no comportamento dos suínos. Schaefer et al. (1992) obtiveram resultados

semelhantes suplementando animais com 0, 10, 15 e 20ppm. Mas Marchant-Forde et al.(2003) avaliaram o comportamento de suínos que receberam 0 e 10ppm de ractopmina e verificaram que a suplementação levou os animais a passarem menos tempo em decúbito e mais tempo em alerta e ativos.

Apesar das diferenças observadas em alguns dos comportamentos avaliados (Tabela 2), não se pode afirmar que a suplementação com RAC leva os animais a se tornarem mais ou menos reativos e, portanto, infere-se que não há influência deste aditivo sobre os suínos.

5.2. LESÕES DE PELE E CARÇAÇA

Danos na superfície da pele e aqueles detectados na carcaça após o abate podem prejudicar a sua classificação e, conseqüentemente, o seu valor. Na Tabela 3 estão presentes as médias e os coeficientes de variação do número total de lesões de pele e carcaça em paleta, lombo e pernil de suínos durante o período total deste trabalho (embarque, desembarque, área de espera do frigorífico e 24h após abate), em função da adição de diferentes níveis de ractopamina na dieta.

Não foi observada interação entre a suplementação de ractopamina e a condição sexual para as variáveis analisadas ou diferença no número total de lesões de pele e carcaça em função deste aditivo ou do sexo.

Vários trabalhos constataram aumento de lesões de pele e carcaça em função de situações estressantes. Barton-Gate & Christensen (1996), afirmaram que há correlação entre escores de lesões em carcaças suínas e práticas inadequadas de manejo. Dalla Costa (2005) constatou alta incidência de lesões no manejo pré-abate antes do embarque na granja, embarque, desembarque e área de descanso no frigorífico.

Tabela 3. Médias e coeficientes de variação do número total de lesões de pele e carcaça avaliadas na paleta, lombo e pernil dos suínos durante o período total de avaliação (embarque, desembarque, área de espera do frigorífico e 24 horas após o abate), em função da suplementação com diversos níveis de ractopamina na dieta.

	Ractopamina (ppm)				
	0	5	10	Média	CV¹ (%)
Lesões de pele					
Paleta					
	2,47 A	2,80 A	3,53 A	2,93	67,39
Lombo					
	2,02 A	1,82 A	2,00 A	1,95	121,34
Pernil					
	1,95 A	1,48 A	1,73 A	1,72	137,30
Lesões de carcaça					
Paleta					
	2,10 A	1,93 A	3,03 A	2,35	100,42
Lombo					
	4,83 A	5,28 A	5,37 A	5,16	47,09
Pernil					
	3,07 A	3,33 A	3,00 A	3,13	55,63

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical (condição sexual) e maiúsculas na horizontal (tratamento) diferem ($P < 0,05$) pelo teste T de Student . ¹- CV = coeficiente de variação.

5.3. PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DO ESTRESSE

Não foi observada interação ente níveis de ractopamina e condição sexual para nenhum dos parâmetros fisiológicos do estresse avaliados.

Os resultados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Médias e coeficientes de variação dos parâmetros fisiológicos do estresse de suínos em função da suplementação com diversos níveis de ractopamina na dieta.

	Ractopamina (ppm)			Média	CV ¹ (%)
	0	5	10		
Lactato (mmol/L)					
	40,32 ± 3,11 A	40,77 ± 2,18 A	39,78 ± 2,66 A	40,29	20,31
Cortisol (µg/dL)					
	6,35 ± 0,47 A	8,02 ± 0,89 A	7,66 ± 0,72 A	7,34	41,00
Creatina fosfoquinase					
CK-MB (U/L)					
	2341,07 ± 131,92 B	4360,58 ± 551,39 A	4510,43 ± 676,40 A	3737,36	73,73
CK-Total (U/L)					
	5810,73 ± 1233,66 B	12436,24 ± 2009,88 A	10707,23 ± 1341,64 A	9651,14	50,46

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical (condição sexual) e maiúsculas na horizontal (tratamento) diferem (P<0,05) pelo teste T de Student. ¹- CV = coeficiente de variação.

O estresse intenso pode levar à exaustão muscular, com quebra de glicogênio e formação de grandes quantidades de ácido láctico, lançados à corrente sanguínea (Shaw & Tume, 1992). Contudo, não observou-se efeito dos níveis de ractopamina neste parâmetro. Porém, Warriss et al. (1990b), constataram aumento nos níveis de lactato em suínos que receberam Salbutamol (agonista β -adrenérgico utilizado na suplementação de suínos).

Nos animais, os níveis plasmáticos de cortisol se elevam em resposta a um estresse sofrido, dando ao organismo suprimento extra de energia. Assim, preparam-se para uma reação de “luta ou fuga” (Moberg, 2000).

Avaliando-se a concentração de cortisol circulante após a insensibilização dos suínos, durante a sangria, e não foi constatado efeito da ractopamina neste parâmetro (média de 7,34 $\mu\text{g/dL}$). Marchant-Forde et al. (2003) encontraram resultado similar ao avaliar a concentração de cortisol de suínos em terminação suplementados com ractopamina. Apesar de não encontrarem diferença neste parâmetro entre os tratamentos antes ou após o transporte, constataram, no fim da quarta semana, maior concentração de catecolaminas circulantes nos suínos que receberam ractopamina. Concluíram, então, que a ractopamina interfere no comportamento destes animais, levando a maior susceptibilidade ao estresse no manejo e transporte.

A enzima comumente utilizada para avaliação de lesões musculares é a creatinina-fosfoquinase (CPK), que está envolvida no processo metabólico de obtenção de energia (Warriss et al., 1998).

Nos animais que receberam ractopamina, a concentração de CK-total e CK-MB foram maiores. Warris et al. (1990a,b) também constataram aumento nos níveis de CPK em suínos suplementados com Sabultamol.

Segundo Watkins et al. (1990), Uttaro et al. (1993) e Sanches et al. (2010), há aumento da profundidade do músculo dos suínos que receberam ractopamina na ração. Através do disparo de vários eventos

bioquímicos, há o aumento do diâmetro das fibras musculares. Em algumas doenças causadas pela ruptura destas fibras musculares, há aumento na concentração de CK.

Considerando-se esses fatos, sugere-se que o aumento na concentração da enzima CPK nos suínos suplementados com ractopamina pode ter ocorrido em função do aumento do diâmetro das fibras musculares (causando micro-lesões e liberação de CK) e da provável maior susceptibilidade ao estresse dos suínos suplementados com ractopamina. Segundo Schmidt, Crist & Wax (1974), apenas uma extrema susceptibilidade ao estresse é capaz de levar ao aumento de CK em suínos. Assim sendo, os animais avaliados podem ter sofrido maior estresse e fadiga muscular durante o transporte, justificando o aumento da enzima CK.

5.4. QUALIDADE DE CARNE:

Não houve interação entre níveis de ractopamina e condição sexual para os parâmetros de qualidade de carne avaliados.

Os valores obtidos na avaliação de pH, temperatura, perda de água por exsudação, perda de água por cocção e força de cisalhamento do músculo *Longissimus dorsi*, se encontram na Tabela 5. Os resultados para cor e porcentagem de extrato etéreo estão na Tabela 6.

Tabela 5. Médias e coeficientes de variação dos valores de pH e temperatura (inicial e final), perda de água (por exsudação e cocção) e força de cisalhamento avaliados no músculo *Longíssimus dorsi* de suínos suplementados com diferentes níveis de ractopamina na dieta

	<i>Ractopamina (ppm)</i>			Média	CV ¹ (%)
	0	5	10		
<i>pH_i</i>	6,1 A	6,1 A	6,0 A	6,06	1,6
<i>Temperatura_i (°C)</i>	31,3 A	31,3 A	31,5 A	31,36	2,4
<i>pH_u</i>	5,7 A	5,7 A	5,7 A	5,69	1,1
<i>Temperatura_u (°C)</i>	2,4 A	2,5 A	2,6 A	2,51	16,3
<i>Perda de água por exsudação (%)</i>	2,8 A	3,1 A	3,1 A	3,02	37,2
<i>Perda de água por cocção (%)</i>	38,55 AB	38,67 A	37,70 B	38,31	2,47
<i>Força de cisalhamento (kg)</i>	4,56 B	5,04 B	5,90 A	5,17	16,11

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical (condição sexual) e maiúsculas na horizontal (níveis de ractopamina) diferem ($P < 0,05$) pelo teste T de Student. *pH_i* e *Temperatura_i* – mensurados 45 minutos após o abate. *pH_u* e *Temperatura_u* – mensurados 24 horas após o abate. ¹- CV = coeficiente de variação.

Tabela 6. Médias e coeficientes de variação dos escores de cor (CIELAB) e % de gordura intramuscular avaliados no músculo *Longíssimus dorsi* de suínos suplementados com diferentes níveis de ractopamina na dieta

	<i>Ractopamina (ppm)</i>			Média	CV¹(%)
	0	5	10		
<i>Escore de Cor CIELAB</i>					
L*	43,1 A	43,7 A	44,1 A	43,64	4,9
a*	6,4 A	5,9 AB	5,5 B	5,93	11,3
b*	0,23 A	0,22 A	0,23 A	0,22	289,5
<i>Extrato Etéreo (% de gordura intramuscular)</i>					
	1,56 A	1,27 A	1,31 A	1,38	33,8

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical (condição sexual) e maiúsculas na horizontal (níveis de ractopamina) diferem ($P < 0,05$) pelo teste T de Student. ¹- CV = coeficiente de variação.

Todos os valores de pH obtidos ficaram na faixa adequada para carne suína: 6,0 a 6,5 para pH_i e 5,5 a 5,8 para pH_u (Dalla Costa, 2005).

Não foram encontradas diferenças significativas no pH_i e pH_u, ou na temperatura em função da adição de ractopamina na ração. Tais valores de pH obtidos são similares àqueles encontrados por Warris et al. (1990a). Stoller et al. (2003) e Patience et al. (2009) também não encontraram diferenças significativas no pH em *Longíssimus dorsi* de suínos suplementados com ractopamina. Porém, Warris et al. (1990a) e Wood, Wiseman & Cole (1994) obtiveram valor mais elevado para pH_u de carne de suínos tratados com ractopamina. Agonistas β -adrenérgicos consomem glicogênio muscular, levando, assim, ao acúmulo de ácido lático na carcaça pós-abate.

Não se observou diferença significativa para perda de água por exsudação entre animais suplementados e o grupo controle. Aalhus et al. (1990); Warriss et al. (1990a) e Zagury (2002) também constataram que este parâmetro não foi afetado pela adição de ractopamina na dieta.

No presente estudo, observou-se diferença entre as porcentagens de perda de água por cocção em função da inclusão de ractopamina, sendo a menor perda observada no maior nível de inclusão (10ppm). Porém, Ramos & Silveira (2002) relataram maior perda de água em carne de suínos suplementados por agonistas β -adrenérgicos, o que foi atribuído a uma maior quantidade de água na carne destes animais. Contudo, Rincker et al. (2009), não verificaram influência da suplementação por 5ppm de ractopamina na perda de água por cocção.

Foi verificado aumento na força de cisalhamento no LD de suínos que tiveram a adição de 10ppm de ractopamina na ração. Resultado similar foi encontrado por diversos autores (Jones et al., 1985; Warris et al., 1991; Xiong et al. 2006). No entanto, Rincker et al. (2009), concluíram que a força de cisalhamento não foi alterada pela adição de 5ppm de ractopamina na dieta. A principal hipótese que justifica o aumento da força de cisalhamento em consequência da suplementação de ractopamina é que esta aumenta o diâmetro das fibras musculares (Warriss et al. 1990a, Wood et al. 1994). Segundo Xiong et al. (2006), a queda na maciez é resultado da redução da degradação de proteínas e da quebra de miofibrilas nos músculos dos suínos suplementados.

Não houve diferença para os valores de L^* e b^* em função da adição de ractopamina na dieta. Contudo, para os valores de a^* , os animais suplementados com 10ppm de ractopamina apresentaram valores menores em relação ao grupo controle, ou seja, mostraram-se menos avermelhadas. Xiong et al. (2006) não encontraram variações de valores de L^* ou a^* . Carr et al. (2005) encontraram resultados similares para L^* e a^* em suínos suplementados com 10ppm de ractopamina,

porém observaram diminuição dos valores de b^* , indicando menos coloração amarela.

Quanto à gordura intramuscular (extrato etéreo), não houve diferença entre a carne de suínos suplementados com 0, 5 ou 10ppm de ractopamina. Stoller et al. (2003) encontraram resultados similares, ao avaliarem a carne de suínos suplementados ou não com ractopamina.

6.CONCLUSÃO:

Recomenda-se atenção quanto ao uso de ractopamina. Apesar de não haver influência sobre o aumento da incidência de lesões, concentração de cortisol e lactato, ou de haver impacto mínimo sobre a qualidade de carne suína e de obter-se melhorias na qualidade de carne com o uso de 10 ppm de ractopamina, há indícios de que os animais que consomem ração contendo este aditivo sofrem alterações fisiológicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALHUS, J. L. et al. The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.70, p. 943-952, 1990.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION (AMSA). **Research guideliness for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat**. Chicago, 48 p, 1991.

ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18th Edition, Arlington, 2007.

BARK, L. J. et al. Influence of genetic capacity for lean tissue growth an rate and efficiency of tissue accretion in pig feed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 3391-3400, 1992.

BARTON GADE, P. et al. Methods of improving pig welfare and meat quality by reducing stress and discomfort before slaughter – methods of accessing meat quality. In: SEMINAR “NEW INFORMATION ON WELFARE AND MEAT QUALITY OF PIGS AS RELATED TO HADLING TRANSPORT AND LAIRAGE CONDITIONS”, 1996, Mariensee, Germany, p. 23-24.

BELLAVER, C. et al. Níveis de Ractopamina na dieta e efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 10, p. 1795-1802, 1991.

BREWER, M. S.; MCKEITH, F. K. Consumer-rated quality characteristics as related to purchase intent of fresh pork. **Journal of Food Science**, Chicago, v.64, p.171-174, jan. 1999.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas: revisão. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 9, p. 1-11, 2004.

BRUMM, M. C. et al. Response of barrows to space allocation and ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 3373-3379, 2004.

BUYSE, J. et al. The effect of clenbuterol supplementation on growth performance and on plasma hormone and metabolite levels of broilers. **Poultry Science**, Ithaca, v. 70, n. 4, p. 993-1002, 1987.

CANTARELLI, V.S. **Ractopamina em rações para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita**. 2007. 108 p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia/ Nutrição de Monogástricos)– Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

CARR, S. N. et al. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, p. 223-230, 2005.

CROME, P. K. et al. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition and cutting yields of pig slaughtered at 107 and 125 kilograms. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 709-716, 1996.

CORASSA, A. **Efeito da ractopamina e fitase sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação**. 2007. 75 p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

DALLA COSTA, O. A. **Efeitos do manejo pré-abate no bem-estar e na qualidade de carne de suínos**. 2005. 162p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2005.

DUNSHEA, F.R. et al. Interrelationships between sex and Ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. **Journal of Animal Science**. v. 71, p.2919-2930, 1993.

EISEMANN, J. H.; HUNTINGTON, G. B.; FERRELL, C. L. Effects on dietary clenbuterol on metabolism of the hindquarters in steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, p. 342-353, 1988.

FAUCITANO, L. et al. The effect of two handling and slaughter systems on skin damage, meat acidification and color in pigs. **Meat Science**, v. 50, p. 13-19, 1998.

GISPERT, M. et al. A survey on pre-slaughter conditions, halothane gene frequency and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. **Meat Science**, Barking, v. 55, p. 97-106, 2000.

GRADIN, T. Farm animal welfare during handling, transport and slaughter. **Journal American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 204, p. 372-376, 1994.

HONIKEL K. O. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: TARRANT, P. V.; EIKELENBOOM, G.; MONIN, G. (Eds.). **Evaluation and control of meat quality in pigs**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, p. 273-283, 1987.

HONIKEL, K.O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, Barking, v.49, p.447-457, 1998.

IVERS, D.J.et al. **The effect of Paylean™ on lean yields and pork quality characteristics**. In PROC. OF THE 53rd RMC, The Ohio State University, Ohio, p.131, 2000.

ITP (2006). **Institute Technique du Porc. Notation des hematomas sur couenne: porcs vivant or carcasses**. Le Rheu, 45p.

JONES, R. W. et al. Effect of the β -adrenergic agonist cimaterol (CL 283, 780) on the growth and carcass characteristics of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 61, p. 905-913, 1985.

KRAMER, J. K.;HOFFMAN, W. E. Clinical enzymology. In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. (Ed.) **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5th Ed. San Diego: Academic Press,1997, cap. 12, p. 303-325.

MARCHANT-FORDE, J.N. et al. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 416-422, 2003.

MOBERG, G. P. Biological response to stress: implications for animal welfare. In: Moberg, G. and Mench, J. A. The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare. **Davis: University of California**,2000, p.1-22.

MOLONEY, A., P. et al. Influence of beta-adrenergic agonists and similar compounds on growth. In: **Advances in Meat Research**. Elsevier Science Publishing, New York, 1991, p 455–513.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger Princípios de Bioquímica**. 3^a Ed. São Paulo: Sarvier, 2002. Capítulo 23: Integração e regulação hormonal do metabolismo dos mamíferos. p. 682-692.

NPPC. Procedures to Evaluate Market Hogs (3rd edition). **National Pork Production Council**, Des Moines, IA., 1991.

NPPC. . Pork Quality Standards. **National Pork Production Council**, Des Moines, IA, 1999.

PALERMO NETO, J. Agonistas de receptores β 2-adrenérgicos e produção animal. In: SPINOSA, H. S.; GORNIAK, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. p. 545-557.

PATIENCE, J. F. et. al. The effect off ractopamine supplementation at 5ppm of swine finishing diets on growth performance, carcass composition

and ultimate pork quality. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 89, p. 53-66, 2009.

PÉREZ, M. P. et al. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. **Meat Science**, Barking, v. 61, p. 425-433, 2002.

RAMOS, F.; SILVEIRA, M.I.N. Agonistas adrenérgicos β_2 e produção animal: III Efeitos zootécnicos na qualidade da carne. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v. 97, p. 51-62, 2002.

RASMUSSEN, A. J.; ANDERSSON, M. New method for determination of drip loss in pork muscles. In: Proceedings 42nd international congress of meat science and technology, Lillehammer, p. 286–287, , Lillehammer, Norway, 1996

RINCKER, P. J. et al. The effect of ractopamine and intramuscular fat content of sensory attributes of pork from pigs of similar genetics. **Journal of Muscle Foods**, v. 20, p. 79-88, 2009.

SANCHES, J. F. et al. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40 (2), p. 403-408, fev. 2010.

SCHAEFER, A. L. et al.. The effect of feeding the beta-adrenergic agonist ractopamine on the behaviour of market weight pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 72, p. 15-21, 1992.

SCHIMIDT, D. W.; CRIST, D. W.; WAX, J. E. Muscle g-6-p and serum CPK as related to pork quality. **Journal of Animal Science**, v. 38, p. 295-303, 1974.

SCOTT, K. A. et al. Pigs selected for high lean growth exhibit increased anxiety response do humans. In: SOCIETY FOR NEUROSCIENCES'S 30th ANNUAL MEETING, New Orleans, 2000. **Proccedings...** New Orleans: Society of Neurosciences, LA, EUA, p.177, 2000.

SCOTT, N.; CARR, S. N.; MCKEITH, F. K. Impact of PayleanTM on Pork Quality. In: FACTS. 1998. Disponível em: <http://www.pork.org/pig/NEWfactSheets/12-02-01g.pdf>. Acesso: julho/2008.

SHAW , F. D.; TUME, R. K. The Assessment of Pre-slaughter and Slaughter Treatments of Livestock by Measurement of Plasma Constituents – A Review of Recent Work. **Meat Science**, Barking, v.32,p. 311-329, 1992.

STITES, C.R. et. al. The effect of Ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. **Journal of Animal Science**. v. 69, p. 3094-3101, 1991.

STITES, C. R. et al. Palatability and visual characteristics of hams and loin chops from swine treated with Ractopamine hydrochloride. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v.5, p. 367, 376, 1994.

STOLLER, G.M. et al. The effect of feeding Ractopamine (Paylean™) on loin quality and sensory characteristics in three genetic lines of swine. **Journal of Animal Science**. v.88(Suppl. 2), p.79, 2002.

STOLLER, G. M. 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**, Champaign, v.81,p.1508–1516, 2003.

UTTARO, B. E. et al.. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**. Champaign, v. 71, p. 2439-2449, 1993.

WARRIS, P. D. et al. The effects of the beta-adrenergic sabultamol on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 128-136, 1990a.

WARRIS, P. D. et al. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 3669-3676, 1990b

WARRIS, P.D. et al. Eating quality of meat quality of meat from pigs given the beta-adrenergic agonist salbutamol. **Meat Science**, Barking, v. 30, p. 75-80, 1991.

WARRIS, P.D. et al. An analysis of data relating to pig carcass quality indices of stress collect in the European Union. **Meat Science**, Barking, v. 49, p.137-144, 1998.

WATKINS, L. E. et al. The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 3588–3595, 1990.

WOOD, J. D.; WISEMAN, J.; COLE, D. J. A. Control and manipulation of meat quality. In: COLE, D. J. A., WISEMAN, J. & VARLEY, M. A. **Principles of pig science**, London: Nottingham University Press, p. 446-448, 1994.

XIONG, Y. L. et al. Effect of dietary ractopamine and tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. **Meat Science**, Barking, v. 73, p. 600-604, 2006.

ZAGURY, F. T. R. **Efeito da Ractopamina na ração sobre o crescimento, composição de carcaça e qualidade de carne de suínos.** 2002, 46p. Tese (Doutorado em Ciência Animal), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.