



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA**

PIERO DA SILVA AGOSTINI

**RACTOPAMINA PARA SUÍNOS:
EFEITOS NO DESEMPENHO, QUALIDADE DE CARÇAÇA E CARNE,
PARÂMETROS SANGUÍNEOS E COMPORTAMENTO**

Londrina
2008

PIERO DA SILVA AGOSTINI

**RACTOPAMINA PARA SUÍNOS:
EFEITOS NO DESEMPENHO, QUALIDADE DE CARÇAÇA E CARNE,
PARÂMETROS SANGUÍNEOS E COMPORTAMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Caio Abércio da Silva

Londrina
2008

PIERO DA SILVA AGOSTINI

**RACTOPAMINA PARA SUÍNOS:
EFEITOS NO DESEMPENHO, QUALIDADE DE CARÇAÇA E CARNE,
PARÂMETROS SANGUÍNEOS E COMPORTAMENTO**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Caio Abércio da Silva (Orientador)
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Alexandre Oba
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Edgard Hideaki Hoshi
Universidade Norte do Paraná.

Londrina 04 de julho de 2008.

OFEREÇO

Aos meus pais Claudir e Neri, pelo amor, carinho e dedicação para comigo e por sempre estarem ao meu lado em todos os momentos de minha vida.

DEDICO

Aos meus irmãos Erny e Juliana, pelo carinho, amizade e respeito que sempre tivemos um com o outro.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela oportunidade da vida e de poder vivê-la intensamente, pelas graças sempre atendidas, pela proteção para comigo e toda minha família e amigos.

Ao Professor Dr. Caio Abércio da Silva, pela ótima orientação por esses anos, por ter me agüentado até hoje como orientado, pela confiança sempre depositada em mim, conselhos, elogios, puxões de orelhas e pelas boas risadas, enfim, acima da figura de orientador, o considero como um grande amigo que poderei contar por toda a minha vida.

À Professora Dra. Ana Maria Bridi, pela amizade, confiança e pelo empenho sem medir esforços de sempre ter-me auxiliado nesse e em outros trabalhos.

Ao Professor Dr. Amauri Alfieri pela grande dedicação como Coordenador do curso de Pós-Graduação em Ciência Animal.

Aos Professores Dr. Alexandre Oba, Dr. Marco Antonio da Rocha e Dra. Maria Isabel Mello Martins pelo grande apoio, amizade e companheirismo nessa minha caminhada.

Ao Prof. Dr. Jesui Vergilio Visentainer e toda sua equipe do Departamento de Química da Universidade Estadual de Maringá pelo auxílio nas análises de ácidos graxos.

A todos os outros Professores pela amizade, apoio e conhecimentos transmitidos.

Aos funcionários da Fazenda Escola: Sr. Pedro, Sr. Mauro, Sr. Antonio, Jorge e Inácio pela dedicação, apoio e pela grande amizade desde os tempos da graduação.

À secretária Helenice pela grande disposição a me ajudar no que era preciso e pela amizade.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal: Rogério e Tânia pelo auxílio nas análises laboratoriais e pela amizade.

A Doutoranda Graziela pela sua dedicação em sempre me apoiar no experimento e pela grande amizade e boas risadas.

Aos Mestrandos Arturo, Mauro, Luiza e Roberta pelo auxílio no experimento, pelo companheirismo em todos os momentos, pelas boas risadas, enfim, uma amizade intensa e sem fim.

Aos estagiários da suinocultura: Danyel, Dhomini, Eduardo, Thales, Daniella, Marina, Rita, Christiane, Juliana e João Paulo pela ajuda no experimento e pela amizade.

Aos veteranos da suinocultura: Edgar, Juliana Sarubbi, Mara, Dengoso, Juliana Belé e Fabio pela amizade, apoio e orientações.

À doutoranda Luciana Takemura pela amizade e auxílio nas análises de diâmetro das fibras muculares.

A todos os outros amigos da Pós-Graduação pelos bons momentos vividos.

Aos grandes amigos inseparáveis da veterinária UEL turma 53: Naka, Luizão, Tonel, Marcelo, Romerson, Alê, Jake, Lú Mimososa, Lú Cabrita, Poplíteo, Poisé, Kátia, Cíntia, Prepúcio, Turini, Gilmar e a todos os outros grandes amigos.

À Universidade Estadual de Londrina pelo curso de Pós-Graduação em Ciência Animal. Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

E a todas as outras pessoas que direta ou indiretamente estiveram ao meu lado dando apoio e amizade.

Muito Obrigado a todos!

AGOSTINI, Piero da Silva. **Ractopamina para suínos: efeitos no desempenho, qualidade de carcaça e carne, parâmetros sanguíneos e comportamento.** 2008. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

RESUMO

Foi realizado um experimento onde se avaliou diferentes inclusões do agonista beta-adrenérgico ractopamina nas rações de suínos em terminação durante 21 dias antes do abate. Utilizou-se 36 suínos (Landrace X Large White) sendo 18 machos castrados e 18 fêmeas com peso médio inicial de 87 kg, permanecendo dois animais de mesmo gênero por baia totalizando 18 baias, onde receberam água e ração *ad libitum*. Os tratamentos experimentais foram: T1 – controle, com ração isenta de ractopamina; T2 – ração com 10 ppm de ractopamina; T3 – ração com 20 ppm de ractopamina. Os custos de cada tratamento foram avaliados para observar a viabilidade dos mesmos. Os animais foram abatidos com peso médio de 110 kg. Semanalmente foram avaliados o desempenho e o comportamento dos animais. Na sangria, foram coletadas amostras de sangue para avaliação das concentrações séricas de uréia e lactato e realização de gasometria. Após o abate, as características de carcaça foram avaliadas. Foram coletadas amostras do músculo *Longissimus dorsi* para a análise da qualidade da carne, perfil de ácidos graxos e medidas dos diâmetros das fibras musculares. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, num modelo fatorial 3 x 2 (3 níveis de ractopamina e 2 gêneros), onde para avaliação do desempenho a unidade experimental foi a baia (6 repetições por tratamento) e para as demais avaliações a unidade experimental foi o animal (12 repetições por tratamento). Verificou-se efeito quadrático para o consumo diário de ração e rendimento de carcaça, efeito linear para o ganho diário de peso, conversão alimentar, valores de a*, saturação (c*), tonalidade (h*), marmoreio, diâmetro das fibras musculares e para as concentrações séricas de uréia e lactato. As análises de custo apontaram uma melhor relação para o tratamento com 10 ppm. A ractopamina pode ser utilizada nas rações de suínos até 20 ppm havendo melhorias crescentes no desempenho zootécnico dos animais sem causar alterações na qualidade da carne e no comportamento dos suínos.

Palavras-chave: Beta-adrenérgico. Ácidos graxos. Tecido muscular. Tecido adiposo.

AGOSTINI, Piero da Silva. **Ractopamine for swines: effects on the performance, carcass and meat quality, blood parameters and behavior.** 2008. 74f. Dissertation (Master Degree in Animal Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

ABSTRACT

An experiment was conducted where was evaluated the different levels of a beta adrenergic agonist (ractopamine) in feed for finishing pigs during 21 days before the slaughter. Were used 36 pigs (Landrace X Large White), 18 barrows and 18 females with initial weight of 87 kg, continuing two animals of same gender per pen totaling 18 pens, where received water and ration *ad libitum*. The experimental treatments were: T1 – control (ration without ractopamine; T2 – ration with 10 ppm of ractopamine; T3 – ration with 20 ppm of ractopamine. The costs of each treatment were evaluated to observe the viability of them. The animals were slaughtered weighting an average of 110 kg. Weekly, were evaluated the performance and the animal behavior. At the sacrifice were collected the blood samples to evaluate the seric urea and lactate and the gasometric parameters. After the slaughter the Carcass Characteristics were measured. The samples of L. dorsi muscle were obtained been submitted an evaluation of meat quality, fatty acid pattern and muscle fiber diameter. The experimental design was blocked randomically, presenting a factorial model 3X2 (3 ractopamine levels and 2 genders), been the pen considered a repetition for performance parameter (6 repetition for treatment) and each animal represented a repetition for the other characteristics (12 repetition for treatment). Were observed a quadract effect for the daily feed consumption and carcass rendimento, linear effect for the daily weight gain, feed conversion rate, values of a*, chroma (c*), hue (h*), marbling, fiber diameter and seric concentration of urea and lactate. The cost analysis showed a better relation to treatment with 10 ppm. The ractopamine can be used, as an additive to surme's feed at 20 ppm with increasing improvements in performance of animals without causing changes in the meat quality and the behavior of pigs.

Keywords: Beta-adrenergic. Fatty acid. Muscular tissue. Fat tissue.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Composição percentual, química e energética das rações experimentais	41
Tabela 2	– Médias e desvio-padrão observadas de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero dos suínos	48
Tabela 3	– Médias e desvio-padrão observadas de peso carcaça quente (PCQ), peso carcaça fria (PCF), comprimento de carcaça (CC), rendimento de carcaça (RC), espessura de toucinho (ET), profundidade do músculo (PM), rendimento de carne na carcaça (RCC), quantidade de carne na carcaça (QCC), área de olho de lombo (AOL) e índice de bonificação (IB) de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero dos suínos	51
Tabela 4	– Médias e desvio-padrão observadas sobre o diâmetro das fibras do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero	53
Tabela 5	– Médias e desvio-padrão observadas sobre os valores de pH inicial e pH final do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero	55
Tabela 6	– Médias e desvio-padrão observadas sobre os valores de cor (a*, b*, L*, c*, h*) e marmoreio do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero	56
Tabela 7	– Médias e desvio-padrão observadas sobre os valores de perda de água por gotejamento (PAG), perda de água no descongelamento (PAD), perda de água na cocção (PAC) e força de cisalhamento (FCis) do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero	58
Tabela 8	– Médias e desvio-padrão observadas sobre a composição, somatório e razões de ácidos graxos na carne de suínos de acordo com o nível de inclusão de ractopamina	61
Tabela 9	– Médias e desvio-padrão observadas da frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR) e temperatura retal de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero dos suínos	63

Tabela 10 –Médias e desvio-padrão observadas de pH, pressão parcial de CO ₂ , pressão parcial de O ₂ , concentração de Na ⁺ e concentração de K ⁺ no sangue de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero dos suínos	63
Tabela 11 –Médias e desvio-padrão observadas do tempo de permanência dos suínos nas seguintes características comportamentais: animal em pé, animal deitado, animal comendo ração e animal bebendo água de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero	65
Tabela 12 –Médias e desvio-padrão observadas das concentrações séricas de lactato e uréia de suínos de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero	66
Tabela 13 –Custo médio de ração por quilograma de peso vivo ganho, índice de custo médio e índice de eficiência econômica, de acordo com os níveis de ractopamina utilizados em suínos	68
Tabela 14 –Valores de correlação entre as características avaliadas: conversão alimentar, peso da carcaça quente, espessura de toucinho, rendimento de carne na carcaça, índice de bonificação, profundidade de músculo, perda de água por gotejamento e área de olho de lombo de suínos	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da ractopamina	16
Figura 2 – Ganho diário de peso (GPD), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA) de suínos submetidos a diferentes níveis de ractopamina nas rações	50
Figura 3 – Rendimento de carcaça de suínos submetidos a diferentes níveis de ractopamina nas rações	52
Figura 4 – Diâmetro das fibras do músculo <i>Longissimus dorsi</i> submetidos à diferentes níveis de ractopamina nas rações	54
Figura 5 – Valores de a*, c*, h* e marmoreio do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos submetidos à diferentes níveis de ractopamina nas rações	57
Figura 6 – Concentrações séricas de lactato e uréia em suínos submetidos à diferentes níveis de ractopamina nas rações	67

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 TECIDO MUSCULAR E ADIPOSEO	14
2.2 AGONISTAS BETA – ADRENÉRGICOS	15
2.2.1 Ractopamina	16
2.2.1.1 Definição e Mecanismo de ação	16
2.2.1.2 Período de utilização	17
2.2.1.3 Tolerância aos efeitos	18
2.2.1.4 Níveis de inclusão	18
2.2.1.5 Formação de resíduos	19
a) Animal	19
b) Homem	20
c) Ambiente	20
2.2.1.6 Incremento protéico	20
2.2.1.7 Interações entre sexo	21
2.2.1.8 Desempenho e características de carcaça	22
2.2.1.9 Qualidade de carne e da gordura	23
2.2.1.10 Alterações fisiológicas e efeitos no comportamento	24
3 REFERÊNCIAS	26
4 OBJETIVOS	34
4.1 OBJETIVO GERAL	34
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	34
5 ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO	35
RESUMO	36
ABSTRACT	37
INTRODUÇÃO	38
MATERIAL E MÉTODOS	40
RESULTADOS E DISCUSSÃO	48

CONCLUSÕES.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as exigências do consumidor em relação à qualidade das carnes são crescentes, priorizando aspectos sensoriais e de segurança alimentar.

Neste sentido, a gordura tem sido um produto pouco valorizado com restrições aos possíveis riscos que são atribuídos à saúde humana (ETHERTON, 1988). Na prática este conceito está bem sedimentado, sendo foco a produção de animais precoces e mais eficientes e que apresentem uma carcaça com elevada relação carne:gordura.

Entretanto, um quadro comum em muitas agroindústrias nacionais é o abate de suínos com peso superior a 110 kg. Segundo Gonzáles et al. (1993), durante a maturidade o crescimento cessa e o suprimento de nutrientes se torna igual às necessidades oxidativas e de regeneração de tecidos. Assim, observa-se que durante essa fase a deposição de gordura pode superar a deposição de proteína.

Neste contexto, como recurso nutricional, muitos produtores têm recorrido ao uso de um beta-adrenérgico, a ractopamina, que é classificada como um promotor de crescimento, agindo na modificação do metabolismo (BRIDI et al., 2006).

A ractopamina para suínos na fase de terminação determina aumento na deposição de carne em detrimento da gordura, gerando um produto mais atrativo para o consumidor. Todavia, atribuiu-se que essa droga por ser similar à classe das catecolaminas, pode determinar alterações de comportamento nos animais, assim como nos parâmetros sanguíneos, refletindo em alterações conseqüentes na qualidade da carne (MARCHANT-FORD, 2003).

A preocupação da produção de suínos sob condições plenas de bem-estar passa por todo segmento, do produtor ao consumidor, sendo positiva a relação de bom manejo e a qualidade da carne, minimizando os quadros de PSE (carne pálida, mole e exsudativa) e DFD (carne firme, dura e escura).

Segundo Stahly (1990), a magnitude da resposta está ligada à dose aplicada, do tipo de beta-agonista utilizado e da duração do uso, ou seja, suínos alimentados com diferentes inclusões de ractopamina podem apresentar distintos resultados com relação ao desempenho, à carcaça, à carne e aos parâmetros sanguíneos.

Este trabalho tem por objetivo abordar os possíveis efeitos da inclusão de diferentes níveis de ractopamina nas rações de suínos durante 21 dias pré-abate sobre o desempenho, a qualidade de carcaça e da carne e sobre os parâmetros sanguíneos associados ao estresse e ao comportamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TECIDO MUSCULAR E ADIPOSE

O aumento do número de fibras musculares (hiperplasia) ocorre na fase fetal, e o número de fibras se completa ao nascimento. O crescimento pós-natal do tecido muscular ocorre somente pela hipertrofia das células pré-existentes. Portanto, o aumento do tamanho da fibra muscular está limitado aos fatores genéticos e nutricionais que irão determinar a capacidade do músculo sintetizar proteínas musculares (HOSHI, 2004), justificando o aumento na massa muscular sem alterações quantitativas no comprimento muscular (POZZA et al., 2003).

O tecido muscular é composto basicamente por três tipos de fibras musculares: oxidativas de contração lenta (Tipo I, vermelhas e aeróbicas), intermediárias de contração rápida (Tipo II B, oxidativas glicolíticas) e as glicolíticas de contração rápida (Tipo II A, brancas e anaeróbicas). As características fisiológicas, metabólicas e o tamanho final do tecido muscular, uma vez cessado o crescimento, dependem principalmente da proporção dos tipos de fibras musculares (HOSHI, 2004).

Do nascimento até a puberdade, o animal apresenta uma taxa de crescimento acelerada, demonstrada pela alta deposição muscular, no entanto, após atingida a puberdade, essa taxa de crescimento começa a declinar chegando a zero quando o animal atinge a fase adulta. Neste sentido, com o aumento de peso, a deposição de carne magra vai diminuindo, reduzindo a eficiência alimentar e aumentando os custos de manutenção e, conseqüentemente minimizando o rendimento da produção (GU et al., 1991).

Com o aumento da idade e do peso dos suínos, o tecido adiposo é o componente que sofre, proporcionalmente, maior deposição (AZIZ; BALL, 1995; FRIESEN et al., 1995), desvalorizando a carcaça.

A composição do tecido adiposo nos monogástricos é influenciada diretamente pela relação de ácidos graxos da dieta e da base genética dos animais (GLASER et al., 2000; SCHINCKEL et al., 1996; SCHWÖRER et al., 1999). Suínos melhorados para altos rendimentos de carne magra na carcaça têm maiores proporções de ácidos graxos poli-insaturados (WILLIAMS, 1989; FERNANDES, 1995).

Segundo Ellis et al. (2001), alterações nos teores de lipídios e da matéria

seca do músculo podem ter importantes efeitos sobre a palatabilidade da carne, pois sua suculência está associada ao teor de gordura intramuscular e à umidade.

2.2 AGONISTAS BETA – ADRENÉRGICOS

Segundo Palermo-Neto (2002), os agonistas beta-adrenérgicos têm sido usados, tradicionalmente, em terapêutica humana e veterinária como broncodilatadores e tocolíticos. No entanto, há alguns anos, observa-se o uso dessas substâncias como promotores de crescimento na produção animal, caracterizando estas drogas como repartidores de nutrientes ou agentes de repartição, pois provocam alterações no metabolismo animal determinando aumento da massa muscular esquelética, além da redução significativa dos teores de gordura da carcaça.

Como exemplos de agonistas beta-adrenérgicos estão o clenbuterol, salbutamol, terbutalina, cimaterol, isoproterenol e a ractopamina, sendo este último o mais estudado e comercialmente disponibilizado como promotor de crescimento animal.

Os beta-agonistas são também denominados de catecolaminas sintéticas por seus mecanismos de ação serem semelhantes à adrenalina e à noradrenalina, classificadas como catecolaminas naturais (BELLAYER et al., 1991).

As catecolaminas atuam principalmente no nível dos receptores adrenérgicos, produzindo efeitos biológicos e/ou farmacológicos. Esses receptores adrenérgicos foram inicialmente classificados em α e β , sendo subdivididos em α_1 , α_2 , e β_1 , β_2 (PALERMO- NETO, 2002). A α subdivisão refere-se aos eventos pré e pós-sinápticos, respectivamente, já a subdivisão dos β receptores é baseado na resposta do agonista β -adrenérgico aos diferentes tecidos. Com relação a estes últimos receptores, a proporção de cada um varia entre tecidos dentro de uma dada espécie.

Os receptores β_1 são encontrados no coração, na musculatura lisa intestinal e no tecido adiposo enquanto os β_2 estão presentes na musculatura esquelética, tecido adiposo, brônquios, vasos e no útero.

2.2.1 Ractopamina

2.2.1.1 Definição e mecanismo de ação

É um promotor de crescimento classificado como um agonista beta-adrenérgico da classe das fenetanolaminas que modifica o metabolismo animal, sendo análogos estruturais das catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), ou seja, age melhorando os índices de desempenho e características de carcaça dos animais, direcionando os nutrientes para funções zootécnicas que são desejáveis para o produtor e o consumidor (BRIDI et al., 2002), cuja estrutura química se encontra na Figura 1.

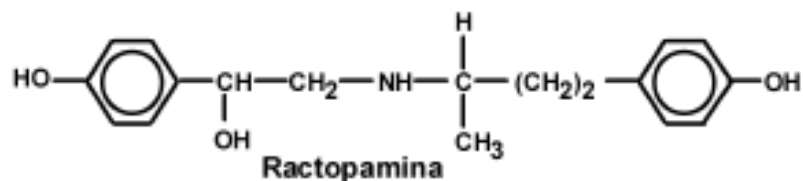


Figura 1 – Estrutura da ractopamina.

Amplamente pesquisada nos últimos 20 anos, este beta-agonista foi aprovado para uso em suínos nos Estados Unidos em 1999 e em vários outros países como o Brasil (FDA, 2000).

O mecanismo de ação mais aceito para explicar a ação dos agonistas beta-adrenérgicos como repartidores de nutrientes, favorecendo o anabolismo protéico em detrimento da deposição lipídica, é de que sua fixação sobre uma proteína de ligação Gs (quando na sua forma ativa) leva a uma modificação na fluidez da membrana, determinando a estimulação da ação catalítica da enzima adenilciclase (Ac). A adenilciclase, por sua vez, a partir do ATP (trifosfato de adenosina) irá formar o AMPc (monofosfato ciclico de adenosina) para atuar como segundo mensageiro. O AMPc ativa uma proteína-quinase que conduz à fosforilação de enzimas. Estas, quando fosforiladas, podem estimular a triacil-glicerol-lipase que conduz à degradação dos triglicerídeos no adipócito (RAMOS; SILVEIRA, 1997).

Segundo Liu e Mills (1990), a ractopamina inibe a ligação da insulina no receptor adrenérgico dos adipócitos e, assim, antagoniza a ação da insulina, diminuindo a

síntese e deposição de gordura nos suínos, particularmente no tecido subcutâneo e intermuscular. No entanto, esse efeito aparece sem a diminuição do número de adipócitos, mas apenas de seu tamanho (PALERMO-NETO, 2002).

Com a utilização da ractopamina *in vitro*, houve degradação de triglicerídeos e inibição da síntese de ácidos graxos nos adipócitos (PREITNER et al., 1998).

Paralelamente ao tecido adiposo, a ractopamina se liga aos receptores β presentes na membrana plasmática das células musculares, aumentando a retenção de aminoácidos e potencializando a síntese protéica nessas células (ADEOLA et al., 1992).

A ação hipertrófica da ractopamina sobre o músculo esquelético pode ser mediada pelo IGF-I (Insulin-like Growth Factor-I), que atua estimulando a síntese de proteína miofibrilar pelas células musculares (ROE et al., 1989),

Com o aumento na taxa de deposição protéica, principalmente nos músculos esqueléticos, há como consequência um efeito positivo na retenção de nitrogênio (MIYADA, 1996).

Por fim, esses eventos determinam um aumento na deposição de músculo com um aumento no diâmetro das fibras musculares, mais especificamente das fibras brancas e intermediárias (AALHUS et al., 1992).

No entanto, o mecanismo de ação dos agonistas beta-adrenérgicos está sujeito a dois processos de regulação. O primeiro seria o número de receptores ou a densidade destes receptores na membrana celular, enquanto que o segundo mecanismo de regulação seria a habilidade destes receptores se interagirem com proteínas G para alterar a função celular (BIRNBAUMER et al., 1985).

Na característica hipertrofia muscular, a ordem de eficácia da ractopamina é superior nos bovinos e ovinos, seguindo-se, por ordem decrescente, os suínos e as aves (WILLIAMS, 1989; MOLONEY; ALLEN, 1992; RIBEIRO, 1995; MERSMANN, 1998).

2.2.1.2 Período de utilização

A ractopamina é administrada nas rações de suínos em fase de terminação, no período anterior ao abate e em animais que já tenham atingido a maturidade, ou seja, quando a capacidade de retenção das proteínas começa a ser menor. Neste momento verifica-se que os efeitos dos agonistas beta-adrenérgicos são mais evidentes (WILLIAMS, 1989;

MOLONEY; ALLEN, 1992; MOLONEY; BEERMANN, 1996).

No entanto, contrariando a recomendação tradicional, Hoshi (2004) verificou que a utilização da ractopamina em porcas em gestação, no período compreendido entre 25 e 50 dias de gestação, onde as células musculares fetais secundárias são influenciadas por recursos nutricionais e hormonais, determinou um processo hiperplásico, alterando o número de fibras ao nascimento, melhorando o desempenho pós-natal até a idade de abate.

2.2.1.3 Tolerância aos efeitos

O efeito que mais se evidencia na terapêutica prolongada de agonistas beta-adrenérgicos como a ractopamina é a tolerância, ou seja, redução da relação dose/efeito em indivíduos. Segundo Rutz e Xavier (1998), a intensidade da resposta mediada pelo receptor foi reduzida com a exposição prolongada da célula à ractopamina. Esta redução foi denominada dessensibilização e estava associada ao sistema da adenilato ciclase, tendo sido constatada após redução da lipólise de tecido suíno tratado *in vitro* com ractopamina.

Neste sentido, observa-se que vantagens produtivas de seu uso são relativamente curtas, havendo um pico de ação seguida de um declínio, onde as maiores respostas ocorrem durante os primeiros 14 dias de tratamento (WILLIAMS et al., 1994).

Em estudos recentes, suínos alimentados com níveis constantes de ractopamina durante 35 dias apresentaram resultados de desempenho inferiores em comparação à suínos não tratados (SCHINCKEL et al., 2002).

2.2.1.4 Níveis de inclusão

Com relação à inclusão, a amplitude da resposta é função da dose aplicada e do tipo de beta-agonista utilizado (STAHLY, 1990). Segundo Schinckel et al. (2001), a maior parte da resposta com a ractopamina para ganho de peso podia ser já alcançada com uma concentração dietética de 5 ppm. No entanto, níveis mais altos (10 a 20 ppm) maximizaram a deposição de carne magra na carcaça e a eficiência de aproveitamento da ração.

Quanto à valores de desempenho, Bark et al. (1992) e Engeseth et al. (1992) indicam que a adição de ractopamina à dieta de suínos numa concentração de 20 ppm

melhoraram o peso ao abate e a eficiência no crescimento, bem como as características da carcaça, especialmente se os suínos forem geneticamente selecionados para produção de carne magra e se o seu abate for efetuado até os 114 kg de peso (GU et al., 1991).

2.2.1.5 Formação de resíduos

a) Animal

De acordo com Ramos; Silveira (2002), apesar da tolerância de uma droga estar habitualmente associada à diminuição da toxicidade, demandando maior dose para desencadear os mesmos efeitos, uma dose aumentada de ractopamina conduziria ao aparecimento de efeitos tóxicos pela estimulação dos receptores β_1 (FONTES, 1995).

No entanto, a presença de resíduos na carne de animais tratados com ractopamina é insignificante. A droga apresenta características que a classificam como de baixa toxicidade, pois têm pouca fixação às particularidades de sua molécula, que se fixa menos às proteínas plasmáticas, sendo mais facilmente biotransformada e eliminada (PALERMO-NETO, 2002). Segundo Morgan (1990) e Smith (1998), em suínos, a eliminação da ractopamina é predominantemente urinária chegando a 88%.

Em 24 a 48 horas após a utilização da droga as concentrações do fármaco e metabólitos são reduzidos a valores muito inferiores aos níveis mínimos permitidos, sendo a conjugação glicorônica a principal forma de biotransformação (ELLIOTT et al., 1998).

Com isso, a FAO (1993) autorizou a retirada da ractopamina da ração apenas 12 horas antes do abate, como período de carência, ou seja, ausência de resíduos na carcaça.

b) Homem

Situações de toxicidade pela ingestão de alimentos contendo resíduos de agonistas beta-adrenérgicos foram todas de natureza aguda e todas devidas ao clenbuterol

(RAMOS; SILVEIRA, 2002). Os efeitos manifestaram-se particularmente devido a dois aspectos: sobredosagem no animal com período de carência não respeitado e quando o consumidor estava sujeito à terapêutica com o mesmo grupo de fármacos (FONTES,1995).

Martinez-Navarro (1990) observou os seguintes sintomas com a intoxicação pelo clenbuterol: tremores facilmente perceptíveis, taquicardia, nervosismo, cefaleias e mialgias.

No entanto, Sumano et al. (2002) afirmaram que é um erro comparar o clenbuterol com a ractopamina, pois o primeiro apresenta comprovadamente elevado potencial de toxicidade.

c) Ambiente

Apesar dos agonistas beta-adrenérgicos serem eliminados sobretudo pela urina e pelas fezes, não se encontraram quaisquer efeitos deletérios sobre a qualidade do solo e/ou da água (RAMOS; SILVEIRA, 2002), permitindo que Boenisch e Quirke (1992) o isentassem de efeitos de ecotoxicidade.

Segundo Sutton et al. (2001), o uso da ractopamina, além de não trazer prejuízos para o ambiente, pode atuar de forma benéfica, pois este beta-adrenérgico causou maior retenção de nitrogênio pelo animal, reduzindo assim o volume de dejetos excretados.

2.2.1.6 Incremento protéico

Os requerimentos em aminoácidos essenciais, em especial da lisina (considerada o primeiro aminoácido limitante para suínos) durante a fase de terminação, dependerão do tipo de dieta e do critério de resposta produtiva que se deseja obter. Segundo Yen et al. (1990), em rações que contenham ractopamina, o nível de inclusão de lisina deverá ser aumentado, além de alguns ajustes nos demais aminoácidos em relação à lisina que devem ser realizados durante a formulação destas dietas.

Quando se utiliza rações suplementadas com ractopamina, a concentração de lisina na proteína depositada em suínos aumenta de 6,80 para 7,15% (SCHINCKEL et al.,

2003). Desse modo, a relação de aminoácidos proposta para proteína ideal pode não ser suficiente para atender às exigências de suínos alimentados com dietas contendo ractopamina (WEBSTER et al., 2002; SCHINCKEL et al., 2003), o que exige alguns ajustes nutricionais, principalmente o de proteína bruta e aminoácidos, pois a energia consumida é direcionada mais para crescimento do tecido magro do que para o tecido adiposo (WILLIAMS et al., 1994).

Carter et al. (1991), Cardoso e Stock (1996) explicaram que a diminuição da gordura no peso da carcaça era acompanhada por um aumento do teor em água que estava associado ao incremento de proteína. Isso é um dos principais fatores que justificam o aumento do ganho de peso associado à melhora na conversão alimentar. Portanto, pode-se inferir que a adição de ractopamina em dietas para suínos em terminação melhora a eficiência de utilização dos nutrientes (MARINHO et al., 2007), sendo necessária então, uma suplementação extra nos níveis de proteína e aminoácidos na dieta para suprir essa maior eficiência.

Bellaver et al. (1991) trabalhando com diferentes níveis de ractopamina e de proteína bruta observaram que quando houve um decréscimo da proteína bruta de 16% para 13%, sob ação de 20 ppm de ractopamina, houve diminuição de 100 g no ganho médio diário e piora significativa ($P < 0,05$) na conversão alimentar.

2.2.1.7 Interações entre sexo

O sexo pode ocasionar diferenças no desempenho dos animais durante os períodos de crescimento e, principalmente, de terminação (UNRUH et al., 1996; LATORRE et al., 2004). Essas diferenças alteram o padrão de deposição dos tecidos magro e adiposo na carcaça e as propriedades tecnológicas da carne (UNRUH et al., 1996; ELLIS, 1998; LATORRE et al., 2004). Quando submetidas aos tratamentos com agonistas beta-adrenérgicos, as fêmeas responderam melhor, sobretudo em ratos (CORRÊIA et al., 1992), frangos (WILLIAMS, 1987; MURAMATSU, 1991) e suínos (COLE et al., 1987). Provavelmente as fêmeas têm maior capacidade de mobilização dos lipídios corporais, cuja diminuição é mais evidente no tecido subcutâneo e menor no tecido adiposo intramuscular (FERRANDO; VANBELLE, 1989).

No entanto, os machos castrados apresentam características de mobilização

de lipídios semelhantes às fêmeas. As respostas da ractopamina foram muito parecidas entre castrados e fêmeas para o crescimento, consumo de ração, ganho de carne magra e comprimento de carcaça (ELANCO, 1999). Segundo Uttaro et al. (1993), na concentração de 20 ppm, castrados e fêmeas apresentaram os mesmos resultados para as características de carcaça, para rendimentos no processamento e para a qualidade da carne.

2.2.1.8 Desempenho e características de carcaça

Os efeitos da ractopamina no ganho de peso e conversão alimentar, independente da dosagem (CROME et al., 1996) ou das origens genéticas (BARK et al., 1992) foram significativos em relação aos animais não tratados.

De acordo com Mitchael et al. (1994), o conteúdo de proteína aumenta de 4 a 8%, a área de olho de lombo aumenta de 9 a 15% e a gordura total da carcaça é reduzida de 10 a 17%.

Carr et al. (2005), trabalhando com 0, 10 e 20 ppm de ractopamina em suínos na fase de terminação, observaram melhorias significativas no ganho diário de peso e na conversão alimentar nas duas inclusões com relação ao tratamento controle, não observando, porém, alterações no consumo diário de ração. Porém, Crome (1996) observou uma redução no consumo diário de ração em suínos alimentados com ractopamina em relação ao tratamento controle.

Quanto às características de carcaça, Budiño et al. (2005) observaram maior peso de carcaça para os animais tratados em comparação ao grupo controle, assim como redução na espessura de toucinho no lombo e aumento da área de olho de lombo, com conseqüente aumento na porcentagem de carne magra nas carcaças.

Carr et al. (2005) não observaram diferenças na espessura de toucinho (analisadas na altura da primeira e da última costela e na última vértebra lombar) e no comprimento de carcaça entre animais tratados com ractopamina e controle.

2.2.1.9 Qualidade de carne e da gordura

De acordo com Warris et al. (1990), Moller et al. (1992) e Wood et al. (1994) o pH final da carne tende a ser mais elevado em suínos tratados com ractopamina, isso ocorre porque os agonistas beta-adrenérgicos consomem o glicogênio muscular, resultando em menor produção e acúmulo de ácido láctico na carcaça pós-abate.

Carr et al. (2005) encontraram alterações na maciez da carne em animais tratados com 10 e 20 ppm de ractopamina, levando a um aumento na força de cisalhamento em consequência do aumento do diâmetro das fibras musculares.

Segundo Lonergan et al. (2001), a seleção para a eficiência de crescimento magro em suínos cria uma redução da atividade da enzima proteolítica calpaína, diminuindo a degradação *post-mortem* da proteína miofibrilar, aumentando a força de cisalhamento. Apple et al. (2004) sugeriram que altos níveis de proteína bruta combinado com altos níveis de lisina também podem levar a redução na maciez.

Porém, Bridi et al. (2006), utilizando 10 ppm de ractopamina na ração de suínos em fase de terminação não encontraram alterações nos valores de pH inicial e final da carne, na temperatura da carcaça 45 minutos após o abate, grau de marmoreio, maciez da carne, perda de água, coloração e frequência de PSE.

Quanto à qualidade da gordura, Corrêia (1995) afirmou que a diminuição da deposição da gordura em animais tratados com agonistas beta-adrenérgicos levam a uma diminuição no sabor da carne, podendo conduzir a uma menor qualidade da carne, especialmente ao nível do paladar, com uma suculência diminuída, após o respectivo processamento culinário (MOLONEY; BEERMANN, 1996).

Segundo Williams (1989) e Fernandes (1995), com a administração da ractopamina em suínos, o perfil dos ácidos graxos saturados é modificado, aumentando a relação insaturados/saturados, sendo o ácido linoléico um dos mais influenciados. A relação de ácidos graxos saturados/insaturados passará, segundo Carraud (1989), de 1/1,2 para 1/2,3 com a utilização de um agonista beta-adrenérgico, o que confirma a atividade lipolítica que ocorre nos adipócitos. Porém, dados experimentais mostraram também que os níveis de colesterol não foram afetados pelo uso de beta-agonistas.

Os lípidios da carcaça, depositados em menores quantidades e com uma relação mais favorável de ácidos graxos insaturados, podem transformar a carne num alimento mais interessante do ponto de vista dietético, tornando-se, porém, num produto com menor

tempo de prateleira, devido à sua maior capacidade de oxidação (FERRANDO; VANBELLE, 1989; FERNANDES, 1995).

2.2.1.10 Alterações fisiológicas e efeitos no comportamento

Acredita-se que a ractopamina por ser similar às catecolaminas, possa gerar alterações fisiológicas nos animais, levando a alterações de comportamento (dificultando o manejo), determinando aumento na frequência cardíaca, que por sua vez também desencadeará alterações na frequência respiratória, no pH e nas concentrações de oxigênio e gás carbônico no sangue levando a um conseqüente quadro de estresse.

Segundo Palermo-Neto (2002), a utilização da ractopamina em suínos e bubalinos, leva a um aumento nos níveis sanguíneos de lactato, constituindo dessa forma um forte indicador da ocorrência de glicogenólise muscular com a utilização desse beta-agonista.

Quanto aos valores de uréia plasmática, com o aumento na síntese protéica no músculo causado pela utilização da ractopamina, há um aumento na utilização de nitrogênio que, conseqüentemente, diminui o teor de uréia circulante no plasma (CANTARELLI, 2007).

Segundo Marchant-Forde (2003), após a utilização da ractopamina durante quatro semanas em suínos de terminação, observou-se um aumento significativo nos valores de adrenalina e noradrenalina em relação aos animais do grupo controle. Observou-se um aumento na frequência cardíaca, o que levou ao estresse, dificultando conseqüentemente o manejo, onde os animais apresentaram mais tempo em atividade e deitados em decúbito esternal e menos tempo deitados em decúbito lateral, quando comparados ao grupo controle. Com relação aos níveis de cortisol circulantes, não foi observada diferenças entre os tratamentos quer antes ou depois do transporte dos animais ao abatedouro.

Stella et al. (2007) avaliando possíveis interações entre comportamento suíno e a ractopamina, concluíram que raça, condição sexual e dose desse beta-agonista podem interagir para alterar o comportamento de suínos em teste de campo aberto.

Com o estresse, há uma ativação do sistema nervoso simpático e do eixo hipotalâmico-pituitário-adrenal, o que levará a um aumento do beta-adrenérgico natural, adrenalina, na circulação, ou seja, a utilização da ractopamina em suínos na fase de terminação, tem potencial de estimular respostas típicas do estresse (MARCHANT-FORDE,

2003).

Neste sentido, as alterações de comportamento que podem ser causados por esse agonista além de irem contra as correntes de bem-estar animal podem também influenciar, negativamente, a qualidade da carne onde esta apresentará menor resistência a situações associadas com carne PSE (carne pálida, mole e exsudativa) ou DFD (carne dura, firme e escura).

3 REFERÊNCIAS

AALHUS, J.L. 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.

ADEOLA, O.; BALL, R.O.; YOUNG, L.G. Porcine skeletal muscle myofibrillar protein synthesis is stimulated by ractopamine. **Journal of Nutrition**, v.122, p.488-495, 1992.

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

AZIZ, N. N.; BALL, R.O. Effects of backfat thickness and carcass weight on the chemical composition and quality of the meat from culled sows. **Canadian Journal of Animal Science**, v.75, p.191-196, 1995.

BARK, L.J. et al. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3391-3400, 1992.

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, v.26, n.10, p.1795-1802, 1991.

BIRNBAUMER, L. et al. Structural basis of adenylate cyclase stimulation and inhibition by distinct guanine nucleotide regulatory proteins. In: MOLECULAR MECHANISMS OF TRANSMEMBRANE SIGNALING, **Elsevier Science Publishers**, B.B. Amsterdam, p.131, 1985.

BOENISCH, B.; QUIRKE, J.F. Safety assessment of β -agonists. In: KUIPER, H.A.; HOOGENBOOM, L.A.P., ed.: In Vitro Toxicological Studies and Real Time Analysis of Residues in Food - FLAIR Concerted Action N° 8 - **Proceedings** of the Workshops held in Ghent, May 22 - 24, 1992 and Thessaloniki, October 30 - 31, 1992. Wageningen, p.102-124, 1992.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A.; SHIMOKOMAKI, M. Uso da ractopamina para o aumento de carne na carcaça de suíno. **Revista Nacional da Carne**, n.307, p.91-94, 2002.

BRIDI, A.M. et al. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2027-2033, 2006.

BUDIÑO, F.E.L. et al. Desempenho e características de carcaça de suínos em terminação recebendo diferentes níveis e marcas comerciais de cloridrato de ractopamina. **Boletim de Indústria animal**, N. Odessa, v.62, n.3, p.245-250, 2005.

CARDOSO, L.A.; STOCK, M.J. Effect of clenbuterol on growth and body composition during food restriction in rats. **Journal of Animal Science** v.74, p.2245-2252, 1996.

CARR, S.N. et al. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. **Journal of Animal Science**, v.83, p.2886–2893, 2005.

CARRAUD, A. Les bêta-agonistes; effets zootechniques; modes d'action. **Bulletin-GTV**, v.3, p.45-53, 1989.

CARTER, W.J. et al. Effects of clenbuterol on skeletal muscle mass, body composition, and recovery from surgical stress in senescent rats. **Metabolism**, v.40, p.855 – 860, 1991.

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

COLE, D.J.A.; WOOD, J.D.; KILPATRICK, M.J. Effects of the beta agonist GAH/034 (salbutamol) on growth, carcass quality and meat quality in pigs. In: HANRAHAN, J.P. **Beta-agonists and their effects on animal growth and carcass quality**. Londres, Elsevier, 1987, p.137-142.

CORREIA, J.H.R.D.; PRATES, J.A.M.; SANTOS, P.J.R. Effects du salbutamol sur le développement musculaire et sur l'activité monoamine oxydase du plasma chez le rat. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v.143, p.905-911, 1992.

CORREIA, A.A.D. Agonistas beta-adrenérgicos em produção animal e seus possíveis reflexos na saúde dos consumidores. In: Instituto de Protecção da Produção Agro- Alimentar - Utilização dos promotores de crescimento (beta-agonistas) em animais destinados à produção de carne, Lisboa, p.29-38, 1995.

CROME, P.K. et al. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. **Journal of Animal Science**, v.74, n.4, p.709-716, 1996.

ELANCO. Paylean Swine Nutrition Guide for Industry Professionals. **Elanco Animal Health**. Indianapolis, IN, 1999.

ELLIOTT, C.T. et al. Screening and confirmatory determination of ractopamine residues in calves treated with growth promoting doses of the beta-agonist. **Analyst**, v.123, p.1103-1107, 1998.

ELLIS, M. Genetic and nutritional influence on pork quality. In: SIMPÓSIO SOBRE RENDIMENTO E QUALIDADE DA CARNE SUÍNA, 1., 1998, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA, 1998. p.25-54.

ELLIS, M.; BERTOL, T.M. Efeitos do peso de abate sobre a qualidade de carne suína e da gordura. In: II CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. Embrapa: Suínos e aves **Anais eletrônicos...** Disponível em <http://www.conferencia.uncet.br/pork/seg/palestra.html>, Concórdia: 2001. Acesso em: 18 mar.2008.

ENGESETH, N.J. et al. Fatty acid profiles of lipid depots and cholesterol concentration in muscle tissue of finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Food Science**, v. 57, p.1060-1062, 1992.

ETHERTON, T. J. Anabolic effects of porcine somatotropin on pig growth. In: **Designing foods**. Washington, DC.: National Academic Press, 1988, p.194-199. FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain veterinary drug residues in food. Fortieth report of the Joint World Health Organization. WHO- Technical-Report-Series. New York: WHO, 1993, p.832-862.

FDA. 2000. **Freedom of Information Summary**. Disponível em: <http://www.fda.gov/cvm/efoi/section2/140863.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2008.

FERNANDES, T. Utilização de beta-agonistas como estimuladores do crescimento em animais destinados à produção de carne. In: **Instituto de Protecção da Produção Agro-Alimentar** - Utilização dos promotores de crescimento (beta-agonistas) em animais destinados à produção de carne. Lisboa, p. 39 – 49, 1995.

FERRANDO, R.; VANBELLE, M. β -agonistes et production de la viande: considérations et réflexions. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v.165, p.91-96, 1989.

FONTES, E.M. Utilização de beta-agonistas como estimuladores do crescimento em animais destinados à produção de carne. In: **Instituto de Protecção da Produção Agro-Alimentar** - Utilização dos promotores de crescimento (beta-agonistas) em animais destinados à produção de carne. Lisboa, p. 51 -53. 1995.

FRIESEN, K.G. et al. The effect of dietary lysine on growth, carcass composition, and lipid metabolism in high-lean growth gilts fed from 72 to 136 kilograms. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3392-3401, 1995.

GLASER, K.R.; SCHEEDER, M.R.L.; WENK, C. Dietary C 18:1 trans fatty acids increase conjugated linoleic acid in adipose tissue of pigs. **European Journal of Lipid Science Technology**, in press, 2000.

GONZALES, E.; BERTO, D.A.; MACARI, M. Utilização de agonistas beta adrenérgicos como repartidores de nutrientes em produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.22, n.2, 1993.

GU, Y. et al. Effects of ractopamine, genotype, and growth phase on finishing performance and carcass value in swine: II. Estimation of lean feed efficiency. **Journal of Animal Science**, v.69, p.2694-2702, 1991.

HOSHI, E.H. **Ractopamina em porcas gestantes: efeitos nos parâmetros reprodutivos, na hiperplasia muscular fetal, no desempenho e nas características de carcaça da progênie.** 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina.

LATORRE, M.A. et al. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.526-533, 2004.

LIU, C.Y.; MILLS, S.E. Decreased insulin binding to porcine adipocytes in vitro by beta-adrenergic agonists. **Journal of Animal Science** v.68, p.1603–1608, 1990.

LONERGAN, S. M. et al. Selection for lean growth efficiency in Duroc pigs influences pork quality. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2075-2085, 2001.

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

MARINHO, P.C. 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, n.4, p.1061-1068, 2007.

MARTINEZ-NAVARRO, J.F. Food poisoning related to consumption of illicit β - agonist in liver. **Lancet**. v.336, p.1311, 1990.

MERSMANN, H. J. Overview of the effects of beta-adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. **Journal of Animal Science**, v.76, p.160–172, 1998.

MIYADA, V.S. Fatores que influenciam as exigências nutricionais dos suínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 1996. p.435-446.

MITCHAEAL, A.D. et AL. Influence of dietary background on the response of pigs to the beta-adrenergic agonist. **Journal of Animal Science**, v.72, p.1516, 1994.

MOLLER, A.J.; BERTELSEN, G.; OLSEN, A. Processed pork technological parameters related to type of raw material – review. In: PUOLANNE, E. et al. (Eds.) **Pork quality: genetic and metabolic factors**. Wallingford: Redwood Books, 1992. p.225.

MOLONEY, A.P.; ALLEN, P. (1992). (Re) partitioning effects of β -adrenergic agonists in meat. In: KUIPER, H.A., HOOGENBOOM, L.A.P., ed. - In Vitro Toxicological Studies and Real Time Analysis of Residues in Food – FLAIR Concerted Action N° 8: **Proceedings** of the Workshops held in Ghent, May 22-24, 1992 and Thessaloniki, October 30 - 31, 1992. Wageningen, p. 89-101.

MOLONEY, A.P.; BEERMANN, D.H. Mechanisms by which β -adrenergic agonists alter growth and body composition in ruminants. In: ENNE, G., KUIPER, H.A., VALENTINI, A. - **Residues of veterinary drugs and mycotoxins in animal products**. Wageningen: Wageningen Pers, 1996. p.124 - 136.

MORGAN, D.J. Clinical Pharmacokinetics of β -agonists. **Clinical Pharmacokinetics**, v.18, n.4, p.270-294, 1990.

MURAMATSU, T. et al. β -adrenergic agonist effects on liver and breast muscle protein synthesis in female chicks. **Poultry Science**, v.70, p.1630-1632, 1991.

PALERMO-NETO, J. Agonistas de receptores β_2 -Adrenérgicos e Produção animal. In: SPINOSA, H.S.; GORNIK, S.L.; BERNARDI, M.M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. p.545-557.

POZZA, P.C. et al. Avaliação da suplementação de Ractopamina sobre o desempenho e características de carcaça de suínos fêmeas na fase de terminação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11, 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABRAVES, 2003. p.291-292.

PREITNER, F. et al. Metabolic response to various beta-adrenoceptor agonists in beta 3-adrenoceptor knockout mice: evidence for a new beta-adrenergic receptor in brown adipose tissue. **British Journal of Pharmacology**, v.124, p.1684-1688, 1998.

RAMOS, F.; SILVEIRA, M.I.N. Agonistas β_2 -adrenérgicos como promotores do crescimento animal. **Revista de Farmácia e Bioquímica** - Univ. S. Paulo, v.33, p.13 – 21, 1997.

RAMOS, F.; SILVEIRA, M.I.N. Agonistas adrenérgicos β_2 e produção animal: III - Efeitos zootécnicos e qualidade da carne. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.97, n.542, p.51-62, 2002.

RIBEIRO, J.M.C.R. Utilização de beta agonistas. In: **Instituto de Protecção da Produção Agro-Alimentar** - Utilização dos promotores de crescimento (beta- agonistas) em animais destinados à produção de carne. Lisboa, p.55 - 59. 1995.

ROE, J.A.; HARBER. J.M.M.; BUTTERY, P.J. Protein metabolism in ovine muscle cultures derived from satellite cells: effects of selected peptide hormones and growth factors. **Journal of Endocrinology**, v.122, p.565, 1989.

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.

SCHINCKEL, A. P.; LANGE, C.F.M. Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. **Journal of Animal Science**, v.74, p.2021–2036, 1996.

SCHINCKEL, A.P. et al. Efeito da ractopamina sobre o crescimento, a composição de carcaça, e a qualidade dos suínos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. **Anais...** Concórdia: 2001. p.324-335.

SCHINCKEL, A. P. Effect of nutritional level while feeding ractopamine to late- finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 80(Suppl. 2):79 (Abstr.). 2002.

SCHINCKEL, A.P. et al. Development of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1106-1119, 2003.

SCHWÖRER, D. et al. Selection progress of intramuscular fat in Swiss pig production. 50th Meeting of the European Association for Animal production, Commission on Pig Production, Session 4, 1999, Zürich, Switzerland.

SMITH, D.J. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of β -adrenergic agonists in livestock. **Journal of Animal Science** v.76, p.173-194,1998.

STELLA, I. **Avaliação de comportamento de suínos Large-White e Duroc durante a fase de terminação tratados com ractopamina e relação com qualidade de carne.** 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

STAHLY, T.S. Impact of somatotropin and Beta-Adrenergic agonists on growth, carcass composition and nutrient requirements of pigs. **Recent Advances in Animal Nutrition.** p.103, 1990.

SUMANO, H.L.; OCAMPO, L.C.; GUTIÉRREZ, L.O. Clenbuterol y otros b-agonistas, ¿una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública? **Veterinaria México,** v.33, n.2, 2002.

SUTTON, A. L. et al. Potential impact of ractopamine on environmental stewardship. **Journal of Animal Science** 79(Suppl. 1):239 (Abstr.). 2001.

UNRUH, J.A. et al. The influence of genotype, sex, and dietary lysine on pork subprimal cut yields and carcass quality of pigs fed to either 104 or 127 kilograms. **Journal of Animal Science,** v.74, n.6, p.1274-1283, 1996.

UTTARO, B. E. 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. et al. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science,** v.68, p.3669-76, 1990.

WEBSTER, M. J. et al. Interactive effects between Paylean_ (Ractopamine HCl) and dietary lysine on finishing pig growth performance, carcass characteristics and tissue accretion. **Journal of Animal Science,** 80(Suppl. 1):187. (Abstr.). 2002.

WILLIAMS, P.E.V. The use of β -agonists as a means of altering body composition in livestock species. **Nutrition Abstracts & Reviews,** B. v.57, p. 453 – 464,1987.

WILLIAMS, P.E.V. Brève revue et nouvelles données sur les effets du traitement des animaux d'élevage par des Bêta-agonistes. **Bulletin-GTV**, v.3, p.33 – 42, 1989.

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

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. (Eds.) **Principles of pig science**. London: Nottingham University Press, 1994. p.446-448.

YEN, J.T. et al. Effects of ractopamine on genetically obese and lean pigs. **Journal of Animal Science**, v.68 n.11, p.3705-3712, 1990.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar a inclusão de diferentes níveis de ractopamina nas rações de suínos durante 21 dias pré-abate.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito no desempenho zootécnico dos animais;
- Verificar possíveis alterações de comportamento dos animais;
- Avaliar as características de carcaça dos animais;
- Avaliar possíveis alterações na qualidade da carne;
- Analisar o perfil de ácidos graxos presentes na gordura;
- Determinar a medida do diâmetro de células musculares;
- Avaliar possíveis alterações em alguns parâmetros sanguíneos como gasometria (pH, pO₂, pCO₂, Na⁺ e K⁺) e nos valores de uréia e lactato.

5 ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO

Ractopamina para suínos: efeitos no desempenho, qualidade de carcaça e carne, parâmetros sanguíneos e comportamento.

Ractopamina para suínos: efeitos no desempenho, qualidade de carcaça e carne, parâmetros sanguíneos e comportamento

RESUMO

Realizou-se um experimento onde se avaliou a utilização de diferentes inclusões do agonista beta-adrenérgico ractopamina nas rações de suínos em terminação durante 21 dias antes do abate. Foram utilizados 36 suínos (Landrace x Large White), 18 machos castrados e 18 fêmeas com peso médio inicial de 87 kg, sendo alojados em número de 2 por baia. Os tratamentos experimentais foram: T1 – controle, com ração isenta de ractopamina; T2 – ração com 10 ppm de ractopamina; T3 – ração com 20 ppm de ractopamina sendo todas isonutrientes. Os custos de cada tratamento foram avaliados para observar a viabilidade dos mesmos. Os animais foram abatidos com peso médio de 110 kg. Semanalmente, foram avaliados o desempenho zootécnico e o comportamento dos animais. Na sangria, foram coletadas amostras de sangue para avaliação das concentrações séricas de uréia e lactato e realização de gasometria. Após o abate, as características de carcaça foram avaliadas. Foram coletadas amostras do músculo *Longissimus dorsi* para a análise da qualidade da carne, perfil de ácidos graxos e medidas dos diâmetros das fibras musculares. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, num modelo fatorial 3 X 2 (3 níveis de ractopamina e 2 gêneros) onde para avaliação do desempenho a unidade experimental foi a baia e para as demais avaliações a unidade experimental foi o animal. Verificou-se efeito quadrático para o consumo diário de ração e rendimento de carcaça. Efeito linear para o ganho diário de peso, conversão alimentar, valor de a*, saturação (c*), tonalidade (h*), marmoreio, diâmetro das fibras musculares e nas concentrações séricas de uréia e lactato. As análises de custo apontaram uma melhor relação para o tratamento com 10 ppm. A ractopamina pode ser utilizada nas rações de suínos até 20 ppm melhorando o desempenho zootécnico, sem comprometer a qualidade da carne e o comportamento animal.

Palavras-chave: Beta-adrenérgico. Ácidos graxos. Tecido muscular. Tecido adiposo.

Ractopamine for swines: effects on the performance, carcass and meat quality, blood parameters and behavior

ABSTRACT

An experiment was conducted where was evaluated the different levels of a beta adrenergic agonist (ractopamine) in feed for finishing pigs during 21 days before the slaughter. Were used 36 pigs (Landrace X Large White), 18 barrows and 18 females with initial weight of 87 kg, been allocated 2 animals per pen. The experimental treatments were: T₁ – control (ration without ractopamine); T₂ – ration with 10 ppm of ractopamine; T₃ – ration with 20 ppm of ractopamine. The costs of each treatment were evaluated to observe the viability of them. The animals were slaughtered weighting an average of 110 kg. Weekly, were evaluated the performance and the animal behavior. At the sacrifice were collected the blood samples to evaluate the seric urea and lactate and the gasometric parameters. After the slaughter the Carcass Characteristics were measured. The samples of L. dorsi muscle were obtained been submitted an evaluation of meat quality, fatty acid pattern and muscle fiber diameter. The experimental design was blocked randomically, presenting a factorial model 3X2 (3 ractopamine levels and 2 genders), been the pen considered a repetition for performance parameter, and each animal represented a repetition for the other characteristics. Were observed a quadract effect for the daily feed consumption and carcass “rendiment”. Linear effect for the daily weight gain, feed conversion rate, values of a*, chroma (c*), hue (h*), marbling, fiber diameter and the seric urea and lactate. The cost analysis showed a better relation to treatment with 10 ppm. The ractopamine can be used, as an additive to surme’s feed at 20 ppm, improving the performance without negative effects on the meat quality and the behavior.

Keywords: Beta-adrenergic. Fatty acid. Muscular tissue. Fat tissue.

Introdução

As exigências dos consumidores na atualidade determinam que a cadeia suinícola produza animais sob os princípios da ética e do bem estar, com baixa deposição de gordura e carne livre de resíduos medicamentosos. Também, existe na suinocultura moderna, uma forte tendência por parte dos consumidores, indústrias e produtores na busca por uma carne que seja saudável, apresentando baixo teor de gordura e que seja proveniente de animais no qual os princípios básicos de bem-estar foram atendidos.

Neste contexto, novos aditivos nutricionais vêm participando deste processo, reduzindo os riscos de contaminação química/antibiótica e promovendo melhoria no desempenho. Destacando-se assim as enzimas, probióticos, prebióticos, acidificantes, palatilizantes, minerais orgânicos e os repartidores de energia.

A ractopamina é um dos aditivos mais utilizados atualmente na suinocultura, sendo um repartidor, da classe das fenetanolaminas, que age modificando o metabolismo animal, inibindo a lipogênese, estimulando a lipólise e retendo o nitrogênio, aumentando assim a síntese protéica (MIYADA, 1996).

O beta-agonista atua através da liberação de estímulos a partir de receptores especializados que desencadeiam processos bioquímicos relacionados com o AMP cíclico. Esta ação remete na deposição de músculo pelo aumento no diâmetro das fibras musculares, mais especificamente das fibras brancas e intermediárias (AALHUS et al., 1992), melhorando o desempenho e as características de carcaça (STELLE et al., 1990).

Em suínos, a ractopamina é administrada nas rações em fase de terminação, no período anterior ao abate e em animais que já tenham atingido a maturidade, ou seja, quando a capacidade de retenção das proteínas começa a ser menor. (WILLIAMS, 1989; MOLONEY; Allen, 1992; MOLONEY; BEERMANN, 1996).

Todavia, os beta-agonistas denominados de catecolaminas sintéticas, por seus mecanismos de ação serem semelhantes à adrenalina e à noradrenalina (BELLAYER et al., 1991), podem gerar alterações de comportamento, assim como nos parâmetros sanguíneos, refletindo em alterações conseqüentes na qualidade da carne.

Segundo Sthaly (1990), a magnitude da resposta é função da dose aplicada e do tipo de beta-agonista utilizado, ou seja, suínos alimentados com diferentes inclusões de ractopamina podem apresentar diferentes resultados com relação a desempenho, carcaça, carne e parâmetros sanguíneos. Schinckel et al. (2001) afirmaram que a maior parte da resposta com a ractopamina para ganho de peso pode ser já alcançada com uma concentração dietética de 5 ppm. No entanto, níveis mais altos (10 a 20 ppm) maximizam a deposição de carne magra na carcaça e a eficiência de aproveitamento da ração.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização de duas diferentes inclusões de ractopamina em rações de suínos durante 21 dias antes do abate e os efeitos no desempenho, qualidade de carcaça e carne, parâmetros sanguíneos e no comportamento dos animais.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura da Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina. As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal, Laboratório de Patologia Clínica, Laboratório de Anatomia Patológica e Laboratório de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos da Universidade Estadual de Londrina e Laboratório de Química da Universidade Estadual de Maringá.

Foram utilizados 36 suínos mestiços (Landrace x Large White), sendo 18 machos castrados e 18 fêmeas, de mesma idade e peso médio inicial de 87 kg. Os animais foram alojados em baias de alvenaria e piso compacto com 3 m² e dois animais de mesmo gênero por baia, totalizando 18 baias, onde receberam água e ração à vontade durante todo o período experimental que foi de 21 dias.

As rações experimentais foram isonutrientes e formuladas para atender as exigências nutricionais mínimas estabelecidas para a fase entre 80 a 110 kg de peso vivo, visando atender as recomendações do NRC (1998).

Os ingredientes, a composição percentual e os valores calculados das rações experimentais encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição percentual, química e energética das rações experimentais.

Ingredientes (%)	Sem ractopamina	Ractopamina 10 ppm	Ractopamina 20 ppm
Milho	73,50	73,50	73,50
Farelo de soja	23,70	23,70	23,70
Núcleo único suínos ¹	2,5	2,5	2,5
L-Lisina-HCl	0,2	0,2	0,2
Inerte (amido de milho)	0,1	0,05	-
Ractopamina	-	0,05	0,1
Total	100	100	100
Valores calculados*			
Proteína bruta (%)	17,060	17,060	17,060
Extrato etéreo (%)	3,220	3,220	3,220
Fibra bruta (%)	2,690	2,690	2,690
Matéria mineral (%)	4,940	4,940	4,940
Cálcio (%)	0,650	0,650	0,650
Fósforo total (%)	0,480	0,480	0,480
Energia Metab. (Kcal/kg)	3230	3230	3230
Lisina total (%)	1,020	1,020	1,020

¹Composição do núcleo único suínos por kg de produto: vit.A, 239.000 UI; vit.B12, 538 mcg; vit.D3, 66.000 UI; vit.E, 517 mg; vit.K3, 60 mg; ácido fólico, 32 mg; ácido pantotênico, 254 mg; biotina, 1,1 mg; niacina, 422 mg; piridoxina, 41 mg; riboflavina, 90 mg; tiamina, 33 mg; colina, 4 g; promotor de crescimento, 2595 mg; Ca, 231 g; Co, 5,5 mg; Cu, 5000 mg; Fe, 2760 mg; F, 881 mg; P, 59 g; I, 43 mg; Mn, 1310 mg; Se, 8,46 mg; Na, 50 g; Zn, 3720 mg.

Os animais foram submetidos aos seguintes tratamentos experimentais:

Tratamento 1 – Ração controle sem ractopamina.

Tratamento 2 – Ração com 10 ppm de ractopamina.

Tratamento 3 – Ração com 20 ppm de ractopamina.

Para avaliação de desempenho, os animais foram pesados semanalmente onde foram computados o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA).

Os preços dos ingredientes utilizados na elaboração das rações experimentais foram coletados na região de Londrina – PR, no mês de maio de 2007: milho, R\$ 0,28/kg; farelo de

soja, R\$ 0,44/kg; núcleo único suínos, R\$ 2,66/kg; ractopamina, R\$ 100,00/kg; L-lisina HCl, R\$ 5,11/kg e inerte (amido de milho), R\$ 5,94/kg.

A viabilidade econômica da utilização de diferentes níveis de ractopamina na ração foi verificada, segundo Bellaver et al. (1985).

Na seqüência, foi calculado o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e o Índice de Custo Médio (IC), segundo Barbosa et al. (1992), segundo as fórmulas:

$$IEE = \frac{MC}{CT} \times 100;$$

$$IC = \frac{CT}{MC} \times 100, \text{ em que:}$$

MC = menor custo médio observado em ração por quilograma de peso vivo ganho entre os tratamentos;

CT = custo médio do tratamento considerado.

O delineamento experimental para a avaliação zootécnica foi em blocos casualizados (divididos em 3 blocos de acordo com o peso inicial dos animais), num modelo fatorial 3x2 (3 níveis de ractopamina e 2 gêneros) com 6 repetições por tratamento (3 baias com machos castrados e 3 baias com fêmeas). Cada baia composta por 2 animais de mesmo gênero, foi definida como uma unidade experimental.

Para avaliação de comportamento, foi realizada a observação visual direta dos animais através de amostragem por varredura. Os animais foram observados individualmente por um período total de 390 minutos divididos igualmente durante três semanas (130 minutos), onde as visualizações ocorreram todas as quartas-feiras (65 minutos no início da manhã e 65 minutos no início da tarde). Os animais foram identificados através de símbolos marcados pelo corpo com bastão de tinta colorido. Os observadores foram treinados para a correta anotação de dados sendo o comportamento avaliado através de fichas etológicas através dos parâmetros (JENSEN et al., 1986): em pé: animal em estação, deitado: animal apoiado nos

quatro membros, comendo: quando o animal aprisiona o alimento e mastiga, bebendo água: animal pressionando o bebedouro.

No momento da última pesagem, realizada antes do embarque dos animais, foram aferidas a frequência cardíaca, frequência respiratória e a temperatura retal.

Foram coletadas amostras de sangue no último dia do experimento para avaliação dos níveis de uréia plasmática, utilizando o analisador automático Airone 200 do Laboratório de Patologia Clínica da Universidade Estadual de Londrina, através do método cinético ultravioleta e o kit Gold Analisa.

Em relação ao manejo pré-abate, a ração foi retirada 12 horas antes do embarque, permanecendo os animais sob dieta hídrica até o abate. O embarque dos suínos foi realizado às seis horas da manhã, sendo o tempo de transporte até o frigorífico de aproximadamente uma hora.

Os suínos foram abatidos com peso médio aproximado de 110 kg em um abatedouro localizado a 45 km da cidade de Londrina. O processo de abate consistiu primeiramente em uma insensibilização via corrente elétrica, com um equipamento da marca Petrovina® IS 2000 com dois eletrodos, utilizando-se 350 volts e 1,3 ampères. O choque elétrico foi aplicado por um período de aproximadamente três segundos. A sangria foi realizada através do corte dos grandes vasos do pescoço, com os animais na posição vertical, suspensos pelo membro posterior. No ato da sangria, foi realizada coleta de sangue de todos os animais e as amostras foram encaminhadas ao Laboratório comercial Lab Med localizado na cidade de Londrina para análises de gasometria e níveis de lactato. Foi aferida a pressão parcial de gás carbônico ($p\text{CO}_2$), pressão parcial de oxigênio ($p\text{O}_2$), concentrações de íons sódio (Na^+) e potássio (K^+) e pH do sangue, através do aparelho automático RapidLab 348, utilizando o princípio da eletroquímica, além de análises dos níveis de lactato sanguíneo utilizando-se um colorímetro e um analisador VITROS 250 através do método de química seca.

Após o abate, escaldagem e evisceração, as carcaças foram divididas ao meio longitudinalmente e resfriadas à temperatura de 2 ± 1 °C, por 24 horas, na câmara de resfriamento do frigorífico.

As carcaças foram avaliadas individualmente de acordo com as orientações de Bridi e Silva (2007), onde foram obtidos os dados de comprimento de carcaça (CC), espessura de toucinho (ET), profundidade do músculo *Longissimus dorsi* (PM), área de olho de lombo (AOL), peso da carcaça quente (PCQ), peso da carcaça fria (PCF) e rendimento de carcaça (RC). A espessura de toucinho e a profundidade do músculo *Longissimus dorsi* foram medidas na altura da última costela a 6 cm da linha média do corte, e a partir dos valores dessas medidas, estimou-se o rendimento e a quantidade de carne na carcaça (RCC e QCC), de acordo com a metodologia estabelecida por Guidoni (2000) para o posterior cálculo do índice de bonificação (IB) expresso em porcentagem, que representa um fator de acréscimo ao valor unitário pago por kg de suíno abatido considerando a qualidade (porcentagem de carne) e o peso da carcaça., conforme descrito por Fávero et al. (1997) e indicado a seguir:

$$IB = 37,004721 + 0,094412 \times PCQ + 1,144822 \times RCC - 0,000053067 \times PCQ \times RCC + 0,000018336 \times PCQ^2 + 0,000409 \times RCC^2.$$

O pH da carne foi medido no músculo *Longissimus dorsi*, na altura da última costela, aos 45 minutos após o abate (pH inicial) e após 24 horas de resfriamento (pH final) a aproximadamente 2 ± 1 ° C.

Após 24 horas de resfriamento, foi retirada de cada meia-carcaça esquerda uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* de aproximadamente 20 cm onde logo após foram encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual de Londrina. De cada lombo retirou-se a gordura adjacente e então foram coletadas 5 amostras de aproximadamente 2,5 cm de espessura.

Em uma das amostras avaliou-se a cor, marmoreio e estimou-se a perda de água por

gotejamento; em outra amostra utilizou-se para medir a perda de água no descongelamento e na cocção e para aferir a força de cisalhamento; na terceira amostra realizou-se a análise sensorial, a quarta amostra realizou-se o perfil dos ácidos graxos e a última para realização de análise histológica para avaliar o diâmetro das fibras musculares.

Com exceção das amostras de cor, marmoreio e de histologia para o diâmetro das fibras, as outras amostras foram acondicionadas individualmente em sacos plásticos, vedados e armazenados em freezer a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ até a realização das análises.

Para a análise de cor, as amostras foram analisadas 24 horas após o abate, utilizando o colorímetro portátil Minolta® CR10, com esfera de integração e ângulo de visão de 8° , ou seja, iluminação d/8 e iluminante C. Os componentes L^* (luminosidade), a^* (componente vermelho-verde) e b^* (componente amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELAB. Com esses valores, calculou-se o ângulo de tonalidade (h^*) pela equação $h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$, e o índice de saturação (c^*) a partir da equação $c^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0,5}$. Estas mesmas amostras também foram avaliadas subjetivamente para marmoreio, utilizando-se padrões fotográficos (NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL, 1991), onde foram atribuídas notas de 1 a 5 (1 = traços de marmoreio e 5 = marmoreio abundante).

A capacidade de retenção de água da carne foi avaliada utilizando-se três metodologias: perda de água por gotejamento, perda de água no descongelamento e perda de água na cocção. A perda de água por gotejamento foi avaliada segundo a técnica descrita por Boccard et al. (1981). A perda de água no descongelamento foi obtida pela diferença de peso da amostra congelada e após o degelo por 24 horas na temperatura de $2 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, a perda de água na cocção foi obtida pela diferença de peso da amostra descongelada e após o cozimento em forno pré-aquecido a $170\text{ }^{\circ}\text{C}$, até alcançarem a temperatura interna de aproximadamente $71\text{ }^{\circ}\text{C}$ (BRIDI; SILVA, 2007).

Em seguida, com os valores obtidos de pH inicial, pH final, valor de L^* e perda de água

por gotejamento, as amostras foram classificadas em “Normal, PSE (carne pálida, mole e exsudativa), ou DFD (carne firme, dura e escura)” de acordo com as metodologias propostas por Warner et al. (1997) e Channon et al. (2000).

Para avaliar a maciez da carne, utilizou-se as amostras das análises de perda de água por descongelamento e cocção, sendo que após a cocção, as amostras permaneceram armazenadas por 24 horas a 2 ± 2 °C. Foram retiradas sub-amostras cilíndricas de 2,5 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro, utilizando-se um amostrador de aço da forma cilíndrica. A força de cisalhamento foi tomada perpendicularmente à orientação das fibras musculares com a lâmina Warner-Bratzler adaptada no texturômetro Stable Mycro Systems TA-XT2i (BOUTON et al., 1971). As velocidades utilizadas foram de 5 mm/s no pré e pós teste e de 2 mm/s no teste.

A análise sensorial foi realizada com o auxílio de 40 provadores, através do Teste de Ordenação (DUTCOSKY, 1996). Esse teste teve como objetivo comparar as amostras de carne em relação ao atributo de sabor e verificar se estas diferiam entre si. As amostras, sendo uma de cada tratamento, foram assadas sem adição de tempero e foram apresentadas aos provadores, que deveriam ordenar as amostras de acordo com o sabor, ou seja, de mais saborosa para a menos saborosa.

Para a realização do perfil de ácidos graxos, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Química da Universidade Estadual de Maringá onde os lipídios totais foram extraídos conforme metodologia de Bligh e Dyer (1959) e a transesterificação dos ácidos graxos realizada segundo os procedimentos de Hartman e Lago (1973), onde utilizou-se para a separação dos ésteres de ácidos graxos um cromatógrafo gás 14-A (Shimadzu).

Quanto às medidas de diâmetros das células musculares, após o abate, amostras do músculo *Longissimus dorsi* foram dissecadas e armazenadas por 24 horas em solução Bouin e, posteriormente, conservadas em álcool 70%. As amostras foram processadas e fixadas em lâminas histológicas seguidas de coloração pela hematoxilina e eosina no Laboratório de

Anatomia Patológica da Universidade Estadual de Londrina para posterior aferição do diâmetro em microscopia óptica. Para capturar as imagens das lâminas, utilizou-se uma Câmera Digital Samsung SDC-415 e um microscópio Motic BA 300. Para determinar o diâmetro das células musculares foi utilizado o programa Images Plus 2.0 ML. Foram amostrados 6 campos microscópicos aleatórios de cada corte e foi medido o menor diâmetro das células musculares, conforme Dubowitz e Brooke (1973). De cada campo foi medido o diâmetro menor de 15 células, aleatoriamente, totalizando 90 observações por lâmina e 1080 por tratamento.

O delineamento experimental utilizado para a qualidade de carcaça e carne, parâmetros sanguíneos e comportamento foi em blocos ao acaso (divididos em 3 blocos de acordo com o peso inicial dos animais), num modelo fatorial 3x2 (3 níveis de ractopamina e 2 gêneros) com 12 repetições por tratamento (6 machos castrados e 6 fêmeas) onde cada animal foi considerado uma unidade experimental.

Os dados relativos aos tratamentos foram submetidos à análise de variância com derivação dos polinômios e aqueles relacionados ao sexo, à análise de variância, utilizando-se o programa SAEG (UFV, 1997).

Resultados e discussão

Não houve efeito de interação entre tratamento e gênero em todas as variáveis analisadas.

Os resultados referentes ao desempenho zootécnico dos suínos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias e desvio-padrão observadas do consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero dos suínos.

Tratamentos	Parâmetros		
	CDR (kg)	GDP (kg)	CA
0 ppm	2,83±0,28	1,04±0,10	2,72±0,33
10 ppm	2,69±0,21	1,02±0,14	2,66±0,42
20 ppm	2,87±0,26	1,19±0,10	2,41±0,27
Efeito da regressão	QUADRÁTICA ¹	LINEAR ²	LINEAR ³
Gênero			
Castrados	2,90±0,28 a	1,09±0,16	2,70±0,43
Fêmeas	2,63±0,20 b	1,07±0,16	2,53±0,54
Coefficiente de variação (%)	6,14	11,59	13,10

Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo Teste de F (5%).

¹ $Y = 2,83182 - 0,0302723X + 0,00160907X^2$ ($R^2 = 1,00$).

² $Y = 1,01328 + 0,00748632X$ ($R^2 = 0,67$).

³ $Y = 2,75731 - 0,0156555X$ ($R^2 = 0,88$).

Como pode-se observar, houve efeito de regressão quadrática com ponto de mínimo para o consumo diário de ração em que o menor consumo se deu com a inclusão de 9,4 ppm de ractopamina.

O aumento nos níveis de inclusão de ractopamina nas rações levou ao efeito linear crescente e decrescente para ganho diário de peso e conversão alimentar, respectivamente.

Os resultados foram semelhantes aos encontrados por Carr et al. (2005) que, trabalhando com as mesmas inclusões de ractopamina, em rações de suínos, obtiveram efeitos

lineares no ganho diário de peso e conversão alimentar proporcional ao aumento da inclusão de ractopamina.

Com relação ao consumo diário de ração, Carr et al. (2005) e Budiño et al. (2005) não verificaram efeito ($P>0,05$) entre os tratamentos. Semelhante ao observado no presente trabalho, os autores identificaram o menor consumo de ração na inclusão de 10 ppm. Porém, Mimbs et al. (2005) observaram um menor consumo diário de ração em suínos tratados com 10 ppm de ractopamina comparados ao grupo controle, proporcionando melhora na conversão alimentar de 6,89%.

Neste sentido, o menor consumo observado com a inclusão de 10 ppm de ractopamina pode ter ocorrido devido a uma melhor eficiência na utilização dos nutrientes pelos suínos em comparação ao controle, sendo necessário menor quantidade de ração para o suprimento de suas necessidades (MARINHO et al., 2005).

Apesar dos animais tratados com 20 ppm de ractopamina terem consumido maior quantidade de ração em relação aos outros tratamentos, apresentaram também ganho de peso proporcional ao consumo, mostrando um melhor aproveitamento da ração consumida o que gerou uma melhor conversão alimentar em relação aos outros tratamentos.

Segundo Moser et al. (1986), esse melhor aproveitamento da ração está associado ao fato de que a eficiência alimentar aumenta em função da maior quantidade de energia que é requerida para produzir 1 kg de tecido adiposo do que para produzir 1 kg de tecido muscular.

Na Figura 2 está demonstrado o efeito dos níveis de ractopamina nas rações de suínos sobre o consumo diário de ração (onde o menor consumo se deu no nível de 9,4 ppm do beta-agonista), a conversão alimentar e o ganho diário de peso (em que aumentando-se o nível do beta-agonista, houve um aumento no ganho diário de peso e uma melhora na conversão alimentar).

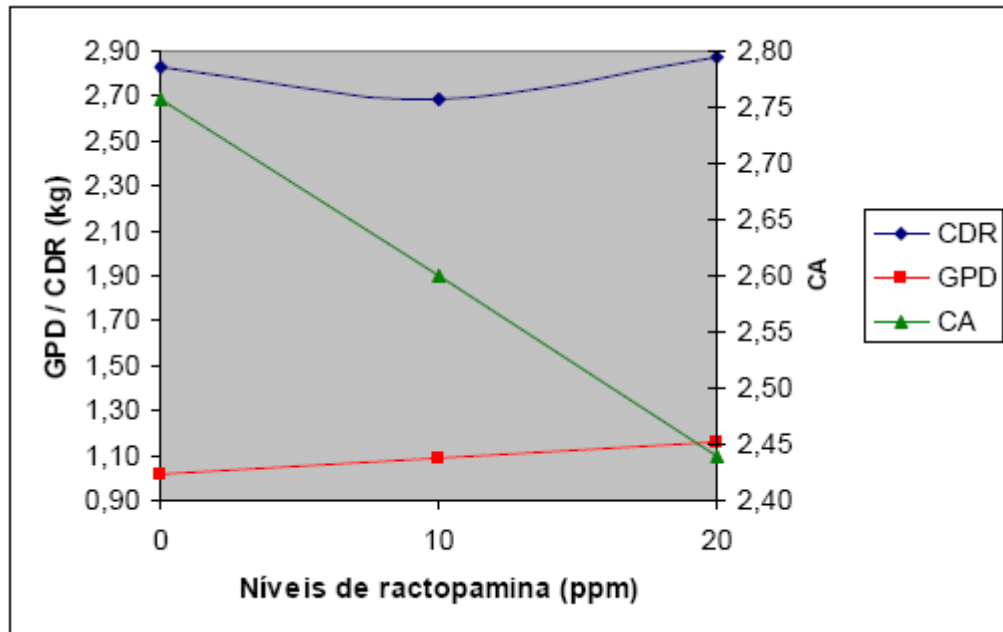


Figura 2 – Ganho diário de peso (GPD), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA) de suínos submetidos a diferentes níveis de ractopamina nas rações.

Em relação ao gênero, os machos apresentaram maior ($P \leq 0,05$) consumo diário de ração, enquanto o ganho diário de peso e a conversão alimentar não foram afetados ($P > 0,05$).

Esse maior consumo diário de ração encontrado nos castrados pode ter ocorrido em função destes terem apresentado maior acúmulo de gordura, levando-os conseqüentemente a necessitarem de maior quantidade de energia para a formação desse tecido.

Os dados referentes às características de carcaça estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Médias e desvio-padrão observadas no peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), comprimento de carcaça (CC), rendimento de carcaça (RC), espessura de toucinho (ET), profundidade do músculo (PM), rendimento de carne na carcaça (RCC), quantidade de carne na carcaça (QCC), área de olho de lombo (AOL) e índice de bonificação (IB) de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero dos suínos.

Tratamentos	Parâmetros									
	PCQ (kg)	PCF (kg)	CC (cm)	RC (%)	ET (mm)	PM (mm)	RCC (%)	QCC (kg)	AOL (cm ²)	IB (%)
0 ppm	83,60 ±3,28	81,55 ±3,29	96,63 ±3,95	76,22 ±0,92	12,08 ±3,45	63,17 ±6,68	61,40 ±2,60	48,32 ±1,77	46,38 ±3,32	116,59 ±2,93
10 ppm	84,36 ±6,52	82,35 ±6,46	95,75 ±2,83	77,44 ±1,67	11,19 ±4,42	65,56 ±7,88	62,22 ±3,11	49,40 ±3,68	48,78 ±5,28	117,63 ±3,48
20 ppm	85,00 ±5,75	83,04 ±5,67	96,08 ±2,99	76,01 ±2,40	10,62 ±2,50	65,81 ±8,46	62,61 ±1,80	50,16 ±3,63	47,93 ±5,68	118,17 ±2,13
Efeito da regressão	NS	NS	NS	QUA. ¹	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Gênero										
Castrado	83,21 ±5,74	81,30 ±5,69	95,65 ±2,88	76,59 ±1,23	11,93 ±3,53	65,12 ±6,53	61,70 ±2,59	48,38 ±2,92	46,57 ±4,68	117,02 ±2,85
Fêmea	85,58 ±4,75	83,46 ±4,73	96,50 ±2,76	77,01 ±2,23	10,73 ±3,13	65,68 ±7,40	62,51 ±2,24	50,34 ±2,91	49,78 ±5,18	117,93 ±2,93
Coefficiente de variação (%)	5,12	5,15	3,14	2,34	28,20	10,98	4,00	5,74	9,47	2,46

NS – Não significativo (P>0,05).

¹Y = 76,2296 + 0,254661X – 0,0132728X² (R² = 1,00).

Houve efeito de regressão quadrática com ponto de máximo para o rendimento de carcaça entre os tratamentos em que o maior rendimento se deu com a inclusão de 9,5 ppm de ractopamina (Figura 3).

Para as demais características não houve diferença (P>0,05) entre os tratamentos.

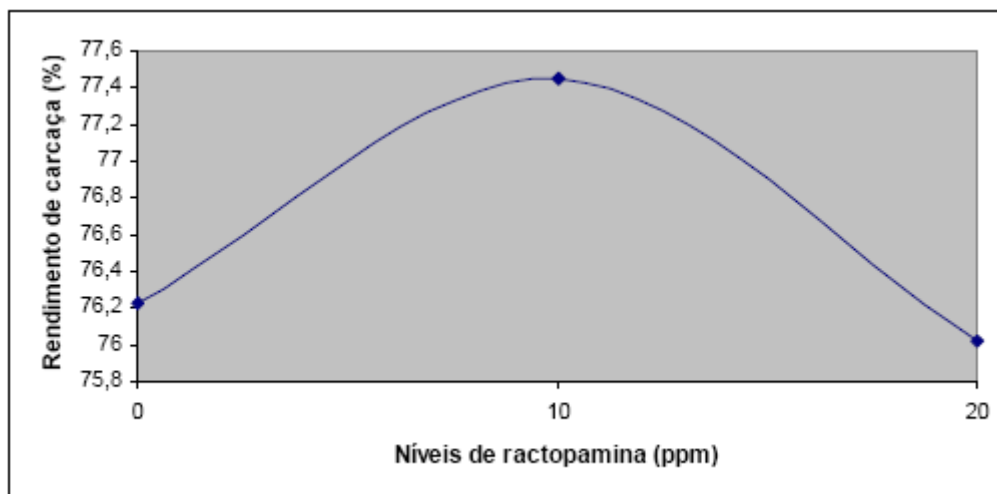


Figura 3 – Rendimento de carcaça de suínos submetidos a diferentes níveis de ractopamina nas rações.

Os resultados não estão de acordo com os encontrados por Budiño et al. (2005) que obtiveram melhorias no peso da carcaça e na área de olho de lombo com a utilização de níveis crescentes de ractopamina em comparação ao grupo controle ($P < 0,05$).

Segundo Williams et al. (1994), a maior deposição de tecido muscular nas carcaças de suínos alimentados com rações contendo ractopamina deve-se à maior retenção de nitrogênio proporcionada por este agonista beta-adrenérgico, o qual aumenta a relação músculo-gordura, onde a energia consumida é direcionada mais para crescimento do tecido magro do que para o tecido adiposo, havendo uma redução deste.

Bark et al. (1992) e Engeseth et al. (1992) indicaram que a adição de ractopamina à dieta de suínos numa concentração de 20 ppm melhora os valores de desempenho e as características de carcaça, especialmente se os suínos forem geneticamente selecionados para produção de carne magra e se o seu abate for efetuado até os 114 kg de peso (GU et al., 1991)

Esse maior valor no rendimento de carcaça observada nos animais tratados com 10 ppm de ractopamina pode ter ocorrido em função do melhor aproveitamento dos nutrientes contidos na ração, causados pelo uso deste beta-agonista, que segundo Mills (2002), leva a um aumento na porcentagem de carne devido ao efeito que a ractopamina tem sobre o músculo

esquelético e não em outros órgãos, pois esse aumenta a proporção de nutrientes depositados na carcaça em relação à deposição nos órgãos internos (STAHLY, 1990).

Em relação ao gênero não foram verificadas diferenças ($P>0,05$) para todas as características de carcaça.

Os resultados referentes aos diâmetros das fibras musculares do músculo *Longissimus dorsi* são demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Médias e desvio-padrão observadas sobre o diâmetro das fibras do músculo *Longissimus dorsi* de suínos de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero.

Tratamentos	Parâmetro
	Diâmetro da fibra (μm)
0 ppm	34,63 \pm 2,13
10 ppm	34,17 \pm 1,52
20 ppm	37,06 \pm 5,13
Efeito da regressão	LINEAR ¹
Gênero	
Castrado	33,91 \pm 2,00 a
Fêmea	38,04 \pm 4,06 b
Coefficiente de Variação (%)	6,78

Letras diferentes indicam diferença significativa ao Teste de F (5%).

¹Y= 34,0748+0,121654X ($R^2= 0,62$).

Houve efeito de regressão linear crescente ($P\leq 0,05$) para o diâmetro das fibras do músculo *Longissimus dorsi* em função do acréscimo de ractopamina na ração (Figura 4).

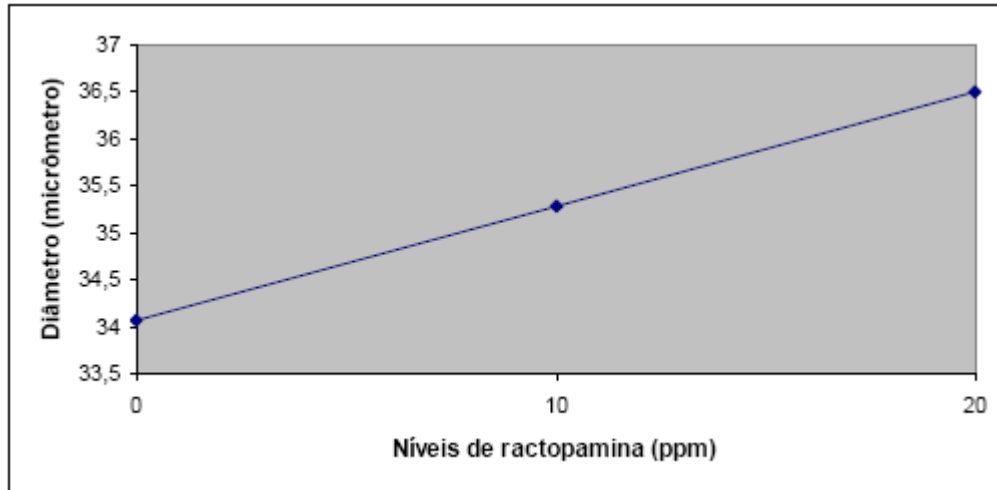


Figura 4 – Diâmetro das fibras do músculo *Longissimus dorsi* de suínos submetidos a diferentes níveis de ractopamina nas rações.

Segundo Pozza et al. (2003), os efeitos anabólicos da ractopamina incluem a hipertrofia de fibras brancas e intermediárias, justificando o aumento no diâmetro das fibras musculares e conseqüente aumento na massa muscular sem alterações quantitativas no comprimento muscular.

Neste sentido, o aumento do tamanho da fibra muscular está limitado por fatores genéticos e nutricionais que irão determinar a capacidade do músculo sintetizar proteínas musculares (HOSHI et al., 2004).

Em relação ao gênero foi verificada diferença ($P \leq 0,05$) para o diâmetro das fibras musculares, em que as fêmeas apresentaram as maiores médias.

Este resultado pode ter ocorrido pelo fato da existência na atualidade de inúmeras linhagens genéticas onde algumas apresentam vantagens produtivas das fêmeas em relação aos castrados e outras vice-versa.

Os valores de pH inicial e pH final do músculo *Longissimus dorsi* estão demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5 – Médias e desvio-padrão observadas sobre os valores de pH inicial e pH final do músculo *Longissimus dorsi* de suínos de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero.

Tratamentos	Parâmetros	
	pH inicial	pH final
0 ppm	6,18±0,44	5,51±0,12
10 ppm	6,10±0,38	5,54±0,16
20 ppm	6,26±0,33	5,55±0,13
Efeito da regressão	NS	NS
Gênero		
Castrado	6,16±0,43	5,56±0,13
Fêmea	6,10±0,33	5,49±0,12
Coefficiente de Variação (%)	5,50	2,42

NS – Não significativo ($P>0,05$).

Não houve efeito ($P>0,05$) dos tratamentos sobre os valores de pH inicial e pH final.

Os resultados concordam com os encontrados por Carr et al. (2005), que não verificaram diferenças ($P>0,05$) no pH inicial e pH final no músculo *Longissimus dorsi*.

O pH pode exercer influência direta ou indireta sobre as diversas características de qualidade da carne, tais como cor, capacidade de retenção de água, maciez, suculência e sabor (RÜBERSAM, 2000).

De acordo com Warris et al. (1990), Moller et al. (1992) e Wood et al. (1994), o pH final da carne tende a ser mais elevado em suínos tratados com ractopamina, isso ocorre porque os agonistas beta-adrenérgicos consomem o glicogênio muscular, resultando em menor produção e acúmulo de ácido láctico na carcaça pós-abate.

Em relação ao gênero não foi verificada diferença ($P>0,05$) para os valores de pH inicial e final entre os tratamentos.

Os resultados referentes aos valores de cor e marmoreio do músculo *Longissimus dorsi* encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Médias e desvio-padrão observadas sobre os valores de cor (a*, b*, L*, c*, h*) e marmoreio do músculo *Longissimus dorsi* de suínos de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero.

Tratamentos	Parâmetros					
	a*	b*	L*	c*	h* (°)	Marmoreio
0 ppm	3,89±1,56	8,80±1,56	53,95±3,95	9,68±1,95	66,99±6,67	1,68±0,51
10 ppm	2,21±1,98	7,97±1,16	55,72±1,99	8,40±1,69	76,05±10,04	1,54±0,33
20 ppm	2,09±1,39	7,77±1,29	55,18±2,20	8,12±1,54	76,07±8,19	1,33±0,32
Efeito da regressão	LINEAR ¹	NS	NS	LINEAR ²	LINEAR ³	LINEAR ⁴
Gênero						
Castrado	3,18±1,82	8,62±1,38	55,58±2,82	9,17±1,92	70,99±9,00a	1,58±0,46a
Fêmea	2,23±1,69	7,81±1,11	54,69±2,32	8,26±1,62	75,31±9,24b	1,33±0,31b
Coefficiente de Variação (%)	51,60	15,97	5,10	18,41	9,12	24,41

Letras diferentes indicam diferença significativa ao Teste de F (5%).

NS – Não significativo (P>0,05).

¹Y= 3,61866-0,0890361X (R²=0,79).

²Y= 9,50340-0,0771148X (R²=0,87).

³Y= 1,19748+0,00781049X (R²=0,74).

⁴Y= 1,69403-0,0174751X (R²=1,00).

Para os valores de a*, c* e marmoreio foi verificado efeito de regressão linear decrescente para os tratamentos, demonstrando que com o aumento dos níveis de inclusão de ractopamina houve diminuição nos valores de a* (carne menos vermelha), c* (menor saturação) e no marmoreio na carne.

Para o ângulo de tonalidade (h*) observou-se efeito de regressão linear crescente onde com o aumento dos níveis de inclusão da ractopamina aumentou-se o ângulo de tonalidade.

Na figura 5 está demonstrado o efeito de regressão linear dos valores de a*, c*, h* e marmoreio no músculo *Longissimus dorsi*.

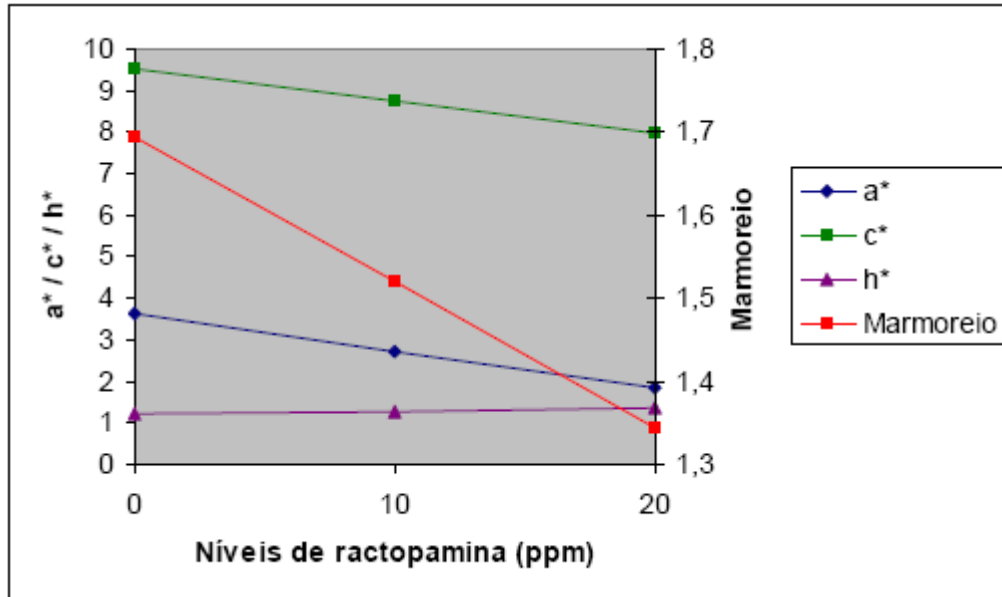


Figura 5 – Valores de a*, c*, h* e marmoreio do músculo *Longissimus dorsi* de suínos submetidos a diferentes níveis de ractopamina nas rações.

Os resultados do valor de a* estão de acordo com os achados por Carr et al. (2005), que obtiveram valor de a* e b* no músculo *Longissimus dorsi* menores ($P \leq 0,05$) para os animais tratados com 10 ppm de ractopamina em relação ao controle e valor numericamente inferior dos animais tratados com 20 ppm de ractopamina em relação aos animais tratados com 10 ppm.

Segundo Warris et al. (1990); Moloney e Allen (1992); Ferreira e Bastos (1994), o menor valor de a* (índice de vermelho) encontrado é devido a uma menor quantidade de mioglobina oxigenada na carne de suínos tratados com ractopamina, deixando a mesma com coloração menos vermelha. Isso pôde ser observado pela redução e aumento significativos nos valores do índice de saturação (c*) e do ângulo de tonalidade (h*) respectivamente, sendo indicativo da cor mais clara (menos vermelha) obtida.

Quanto ao marmoreio, os resultados encontrados são diferentes dos obtidos por Carr et al. (2005), que não obtiveram diferenças ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Bridi et al. (2006) trabalhando com animais controle e tratados com 10 ppm de ractopamina também não

observaram diferenças ($P>0,05$) com relação ao marmoreio.

A redução no valor do marmoreio observada com o aumento dos níveis de ractopamina é indicativo de um aumento no diâmetro das fibras musculares associado à redução da lipogênese e aumento da lipólise do tecido adiposo.

Segundo Moloney e Beermann (1996) o decréscimo da gordura intramuscular, pode conduzir a uma menor qualidade da carne, especialmente ao nível do paladar, com uma succulência diminuída, após o respectivo processamento culinário.

Em relação ao gênero foi verificada diferenças ($P\leq 0,05$) para o marmoreio e tonalidade (h^*), em que as fêmeas apresentaram respectivamente os menores e os maiores valores.

Com relação ao gênero, o menor valor de marmoreio encontrado nas fêmeas foi em decorrência destas terem apresentado maior diâmetro das fibras musculares e conseqüente redução na quantidade de mioglobina oxigenada na carne, desencadeando o aumento no ângulo de tonalidade da cor (h^*).

Os valores de perda de água por gotejamento, perda de água no descongelamento, perda de água na cocção e força de cisalhamento estão presentes na Tabela 7.

Tabela 7 – Médias e desvio-padrão observadas sobre os valores de perda de água por gotejamento (PAG), perda de água no descongelamento (PAD), perda de água na cocção (PAC) e força de cisalhamento (FCis) do músculo *Longissimus dorsi* de suínos de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero

Tratamentos	Parâmetros			
	PAG (%)	PAD (%)	PAC (%)	FCis (kgf)
0 ppm	3,65±0,78	8,57±2,08	37,44±2,94	5,30±0,79
10 ppm	4,42±0,87	9,64±2,47	37,72±2,36	5,50±0,89
20 ppm	4,51±1,19	8,59±2,06	37,03±2,24	5,28±0,66
Efeito da regressão	NS	NS	NS	NS
Gênero				
Castrado	4,29±1,10	8,52±2,27	38,97±1,69 a	5,33±0,83
Fêmea	3,96±0,92	9,34±2,15	36,02±2,23 b	5,39±0,74
Coefficiente de Variação (%)	22,12	25,35	5,67	15,73

Letras diferentes indicam diferença significativa ao Teste de F (5%).

NS – Não significativo ($P>0,05$).

Não houve efeito ($P>0,05$) dos tratamentos sobre os valores de perda de água por gotejamento, perda de água no descongelamento, perda de água na cocção e força de cisalhamento.

Com relação à perda de água por gotejamento, os resultados encontrados contrariaram aos obtidos por Carr et al. (2005), que obtiveram redução significativa nas porcentagens de perda de água por gotejamento dos animais tratados com 10 e 20 ppm de ractopamina em relação ao controle. Com relação à perda de água no descongelamento e no cozimento, o mesmo autor não verificou diferenças ($P>0,05$) entre os tratamentos.

No entanto, Bridi et al. (2006) não encontraram diferenças ($P>0,05$) para perda de água por gotejamento, perda de água no descongelamento e perda de água na cocção entre animais controle e animais tratados com 10 ppm de ractopamina.

Warriss et al. (1990) e Wood et al. (1994) verificaram que animais tratados com o beta-adrenérgico salbutamol apresentaram menor concentração de glicogênio muscular, diminuindo a queda do pH e a desnaturação protéica, o que resultou em aumento da capacidade de retenção de água da carne (STOCK; NANCY, 1986) e diminuição da incidência de PSE.

Warriss et al. (1990) referiram que a capacidade de retenção de água da carne está aumentada em animais tratados com ractopamina, sendo inclusive reduzida a perda por “gotejamento” durante o armazenamento.

Segundo Crome et al. (1996), isso ocorre porque suínos tratados com ractopamina reduzem a deposição de gordura e aumentam a deposição protéica, o que leva a uma maior deposição muscular e conseqüente retenção de água na carne.

Os resultados encontrados para a força de cisalhamento, estão de acordo com os obtidos por Bridi et al. (2006), que não verificaram diferenças ($P>0,05$) entre os tratamentos. Porém, Carr et al. (2005) verificaram aumento linear ($P\leq 0,05$) na força de cisalhamento com o

aumento na concentração de ractopamina.

Warris et al. (1990) e Wood et al. (1994) observaram que suínos que consumiram ractopamina apresentaram carne mais dura, como resultado do aumento do diâmetro das fibras musculares ou, possivelmente, da redução da atividade da enzima proteolítica calpaína que ocorre em decorrência do aumento na eficiência de crescimento magro, diminuindo assim a degradação *post mortem* da proteína miofibrilar, aumentando a força de cisalhamento. (LONERGAN et al., 2001).

No entanto, Walker et al. (1989) e Moloney; Beermann, (1996) afirmaram que a força de cisalhamento é dependente da inclusão de beta-agonista utilizado, ou seja, quanto maior for a inclusão, mais dura será a carne.

Em relação ao gênero foi verificada diferença ($P \leq 0,05$) para a perda de água na cocção onde os castrados apresentaram as maiores perdas.

Isso pode ter ocorrido em função do derretimento pela cocção da gordura intramuscular (marmoreio), que está contida em maior proporção na carne dos castrados em comparação às fêmeas, levando à maior perda de água.

Quanto à classificação das carnes (normal, PSE ou DFD), apenas uma amostra apresentou-se como PSE (carne pálida, mole e exsudativa) enquanto todas as outras apresentaram-se normais.

Os valores referentes à composição em ácidos graxos, somatórios e razões obtidas entre os tratamentos são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Médias e desvio-padrão observadas sobre a composição, somatório e razões de ácidos graxos na carne de suínos de acordo com o nível de inclusão de ractopamina.

Ácidos graxos (%)	Tratamentos		
	0 ppm	10 ppm	20 ppm
14:0	1,00±0,02	1,06±0,01	1,03±0,01
16:0	23,78±0,63	25,18±0,44	24,21±0,29
16:1	2,49±0,01	3,20±0,15	2,18±0,09
17:0	0,38±0,01	0,22±0,00	0,33±0,01
17:1	0,32±0,01	0,24±0,00	0,28±0,01
18:0	12,56±0,36	11,46±0,16	12,71±0,12
18:1 n-9	41,21±0,44	46,55±0,52	43,64±0,95
18:1 n-7	2,49±0,10	2,52±0,10	2,14±0,10
18:2 n-6	13,56±0,31	7,97±0,22	11,80±0,31
18:3 n-3	0,71±0,01	0,88±0,00	0,78±0,03
22:0	1,51±0,03	0,71±0,02	0,90±0,03
AGPI	14,27±0,32	8,85±0,22	12,58±0,34
AGMI	46,51±0,56	52,51±0,77	48,24±1,15
AGS	39,23±0,21	38,63±0,63	39,18±0,46
n-6	13,56±0,31	7,97±0,22	11,80±0,31
n-3	0,71±0,01	0,88±0,00	0,78±0,03
AGPI/AGS	0,36±0,10	0,23±0,19	0,32±0,49
n-6/n-3	19,09±0,16	8,95±0,24	15,13±0,18

Os valores dados na tabela são médias \pm desvio padrão das análises em triplicata. AGPI = ácidos graxos poliinsaturados; AGMI = ácidos graxos monoinsaturados; AGS = ácidos graxos saturados; n-6 = ácido graxo ômega-6; n-3 = ácido graxo ômega-3.

Os ácidos graxos em maiores porcentagens entre os tratamentos foram: oléico (18:1n-9), ácido palmítico (16:0), ácido esteárico (18:0) e ácido linoléico (18:2n-6). Além disso, os suínos tratados com 10 e 20 ppm de ractopamina apresentaram em comparação com o controle respectivamente, 5,42 e 1,69% menos AGPI; 6,0 e 1,73% mais AGMI; 0,6 e 0,05% menos AGS; 5,6 e 1,76% menos ácido graxo ômega-6 e 0,17 e 0,07% mais ácido graxo ômega-3. Quanto à relação AGPI/AGS, o tratamento com 10 e 20 ppm de ractopamina apresentaram em comparação ao controle, respectivamente, 36,11 e 11,11% menor razão.

Já na relação dos ácidos graxos ômega-6/ômega-3, o tratamento com 10 e 20 ppm de ractopamina apresentaram em comparação ao controle respectivamente, 52,60 e 20,74%

menor razão.

Segundo Fagundes (2002), doenças degenerativas como diabetes, artrite e o câncer, estão relacionadas em parte à desproporção atual da concentração dos ácidos ômega-6 e ômega-3 que constituem nossa alimentação, ou seja, uma grande concentração de ômega-6 e uma escassez de ômega-3, sendo necessário reduzir a quantidade de ácidos graxos ômega-6 das dietas e aumentar a concentração de ácidos ômega-3 (SIMOPOULOS et al., 1999).

Segundo Williams (1989) e Fernandes (1995), com a administração da ractopamina em suínos, o perfil dos ácidos graxos saturados é modificado, aumentando a relação insaturados/saturados, o que confirma a atividade lipolítica que ocorre nos adipócitos.

No entanto, os resultados não concordaram com Carraud (1989), que afirmou que com a utilização de um agonista beta-adrenérgico, a relação de ácidos graxos saturados/insaturados praticamente dobra passando de 1/1,2 para 1/2,3.

Neste sentido, os lípidios da carcaça, depositados em menores quantidades e com uma relação mais favorável de ácidos graxos insaturados, podem transformar a carne num alimento mais interessante do ponto de vista dietético, tornando-se, porém, num produto mais limitado durante os processos de armazenagem, devido à sua maior capacidade de oxidação (FERRANDO; VANBELLE, 1989; FERNANDES, 1995).

Apesar do menor valor de marmoreio encontrado nos tratamentos com 10 e 20 ppm, a análise sensorial não revelou diferença entre os tratamentos quanto ao sabor da carne, porém, quanto menor a pontuação obtida, mais saborosa foi a carne. A diferença crítica entre os totais de ordenação ao nível de 5% de significância deveria ser no mínimo de 21 pontos entre os tratamentos para que houvesse diferença, porém, a pontuação obtida pela apreciação dos provadores foi respectivamente 74, 76 e 90 para os tratamentos com 0, 10 e 20 ppm de inclusão de ractopamina nas rações, indicando que o valor máximo de diferença encontrada foi de 16 pontos entre os tratamentos com 0 e 20 ppm de inclusão de ractopamina. Esse

resultado está de acordo com o encontrado por Stites et al. (1994) que também não encontraram alterações sensoriais no lombo de suínos tratados com ractopamina em comparação ao controle.

Na Tabela 9 encontram-se os resultados referentes à frequência cardíaca, frequência respiratória e temperatura retal e na Tabela 10 encontram-se os valores de pH, pressão parcial de CO₂, pressão parcial de O₂ e concentração de íons sódio e potássio no sangue.

Tabela 9 – Médias e desvio-padrão observadas da frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR) e temperatura retal de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero dos suínos.

Tratamentos	Parâmetros		
	FC (bat./min.)	FR (mov./min.)	Temperatura retal (°C)
0 ppm	160,45±13,04	44,00±7,15	39,48±0,16
10 ppm	163,33±24,41	40,33±6,91	39,57±0,31
20 ppm	166,66±16,99	45,33±6,45	39,60±0,28
Efeito da regressão	NS	NS	NS
Gênero			
Castrado	160,69±17,16	43,65±7,22	39,56±0,29
Fêmea	162,87±20,46	41,70±7,58	39,50±0,26
Coefficiente de Variação (%)	11,146	14,706	0,661

NS – Não significativo (P>0,05).

Tabela 10 – Médias e desvio-padrão observadas de pH, pressão parcial de CO₂, pressão parcial de O₂, concentração de Na⁺ e concentração de K⁺ no sangue de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero dos suínos.

Tratamentos	Parâmetros				
	pH	pCO ₂ (mmHg)	pO ₂ (mmHg)	Na ⁺ (mEq/L)	K ⁺ (mEq/L)
0 ppm	7,26±0,62	64,46±9,55	44,92±5,55	150,18±3,09	4,70±1,44
10 ppm	7,24±0,62	59,87±10,16	47,90±10,49	152,41±3,47	5,54±1,44
20 ppm	7,26±0,61	58,30±11,01	48,69±9,74	152,18±4,60	5,57±1,32
Efeito da regressão	NS	NS	NS	NS	NS
Gênero					
Castrado	7,24±0,66	63,14±10,41	45,47±7,78	151,26±3,74	5,75±1,52
Fêmea	7,26±0,66	58,93±9,58	49,36±8,26	152,43±3,82	4,83±1,29
Coefficiente de Variação (%)	0,97	16,24	17,52	2,10	18,82

NS – Não significativo (P>0,05).

Não foi verificada, em ambas as tabelas, diferença significativa ($P>0,05$) entre os parâmetros avaliados com a inclusão de ractopamina.

Com relação à frequência cardíaca, os resultados encontrados contrariaram aos obtidos por Marchant-Forde et al. (2003) que, avaliando animais tratados com 0 e 10 ppm de ractopamina, observaram diferença ($P\leq 0,05$), com o tratamento com 10 ppm do beta-agonista apresentando os maiores valores. Segundo os autores, o aumento na frequência cardíaca nos animais tratados com ractopamina é consequência de uma elevação nos valores de adrenalina e noradrenalina.

Esse maior nível de catecolaminas ocorre devido a uma baixa regulação nos receptores beta-adrenérgicos em suínos alimentados com ractopamina. Este quadro pode levar o sistema nervoso simpático a aumentar a produção das catecolaminas a fim de otimizar sua ligação com o menor número de receptores disponíveis, mantendo assim sua capacidade efetiva de regular o sistema nervoso simpático (MARCHANT-FORDE et al., 2003).

Assim, acredita-se que a ractopamina por ser similar às catecolaminas naturais possa causar alterações fisiológicas nos animais, determinando aumento na frequência cardíaca, que por sua vez pode desencadear mudanças na frequência respiratória, alterando consequentemente o pH, as pressões parciais de O_2 e CO_2 e as concentrações dos íons Na^+ e K^+ no sangue, levando-os a quadros de estresse alterando o comportamento (dificultando o manejo).

Em relação ao gênero, não houve diferença ($P>0,05$) para as variáveis analisadas.

Os resultados referentes ao comportamento dos animais durante o período experimental encontram-se na Tabela 11.

Tabela 11 – Médias e desvio-padrão observadas do tempo de permanência dos suínos nas seguintes características comportamentais: animal em pé, animal deitado, animal comendo ração e animal bebendo água de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero.

Tratamentos	Parâmetros			
	Em pé (minutos)	Deitado (minutos)	Comendo ração (minutos)	Bebendo água (minutos)
0 ppm	67,91±28.07	270,41±78.43	40,00±22.05	11,66±9.12
10 ppm	60,41±21.15	282,08±74.42	38,33±26.22	9,16±7.63
20 ppm	70,00±18.46	267,50±85.55	39,16±16.62	13,33±7.48
Efeito da Regressão	NS	NS	NS	NS
Gênero				
Castrado	57,77±12,36 a	287,67±80,27 a	33,39±19,91	10,53±7,56
Fêmea	73,24±23,61 b	261,03±76,24 b	43,58±20,37	12,11±8,42
Coefficiente de Variação (%)	24,94	10,67	52,76	70,76

Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo Teste de F(5%).

NS – Não significativo.

Não houve efeito ($P>0,05$) dos tratamentos sobre o comportamento dos animais, indicando que os tratamentos com 10 e 20 ppm de ractopamina não causaram alterações no bem-estar dos animais quando comparados ao controle.

No entanto, Marchant-Forde et al. (2003), avaliando semanalmente o comportamento de suínos alimentados com ractopamina durante 4 semanas, observaram que estes ficaram mais ativos e alertas, gastaram mais tempo em decúbito esternal, menos tempo em decúbito lateral e apresentaram maiores dificuldades de manejo quando comparados ao controle, sendo estas características, fatores indicativos de alterações no bem-estar causadas pelo estresse principalmente nas semanas 1 e 2 e poucas alterações na semana 4.

Schaefer et al. (1992), comparando animais tratados com ractopamina e animais controle após a utilização do beta-agonista entre as semanas 5 e 6, observaram que os animais tratados foram menos ativos em comparação ao controle.

Schinkel et al. (2002), afirmaram que os benefícios da produção de suínos alimentados com níveis constantes de ractopamina são minimizados após cinco semanas de tratamento.

Segundo Rutz e Xavier (1998), a intensidade da resposta mediada pelo receptor é reduzida com a exposição prolongada da célula à ractopamina. Esta redução é denominada dessensibilização e está associada ao sistema da adenilato ciclase, tendo sido constatada após redução da lipólise de tecido suíno tratado *in vitro* com ractopamina.

Stella (2007), avaliando possíveis interações entre o comportamento do suíno e a ractopamina concluiu que a raça, condição sexual e a dose desse beta-agonista podem interagir, alterando as condutas de suínos em teste de campo.

Em relação ao gênero, verificou-se que os machos castrados passaram a maior parte do tempo deitados ($P \leq 0,05$). Pôde-se observar que as fêmeas apresentaram-se mais ativas comparadas aos machos castrados, pois permaneceram maior período em pé ($P \leq 0,05$).

Isso pode ter ocorrido em função da castração dos machos, que os deixaram menos ativos devido à redução dos níveis circulantes de testosterona causada pela extirpação dos testículos.

Os valores encontrados para os níveis séricos de lactato e uréia durante o período experimental encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12 – Médias e desvio-padrão observadas das concentrações séricas de lactato e uréia de suínos de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero.

Tratamentos	Parâmetros	
	Lactato (mg/dL)	Uréia (mg/dL)
0 ppm	117,65±23,38	30,16±4,07
10 ppm	151,29±33,10	30,50±3,20
20 ppm	156,99±24,60	34,66±4,17
Efeito da regressão	LINEAR ¹	LINEAR ²
Gênero		
Castrado	134,19±31,10	33,12±5,56
Fêmea	149,76±31,57	31,81±5,39
Coeficiente de Variação (%)	18,54	8,90

$$^1Y=122,311+1,96718X (R^2 = 0,86).$$

$$^2Y=29,5278+0,225X (R^2 =0,96).$$

Houve efeito de regressão linear crescente para as concentrações séricas de lactato e uréia ($P \leq 0,05$), ou seja, aumentando-se os níveis de inclusão de ractopamina nas rações aumentou-se as concentrações séricas de lactato e uréia (Figura 6).

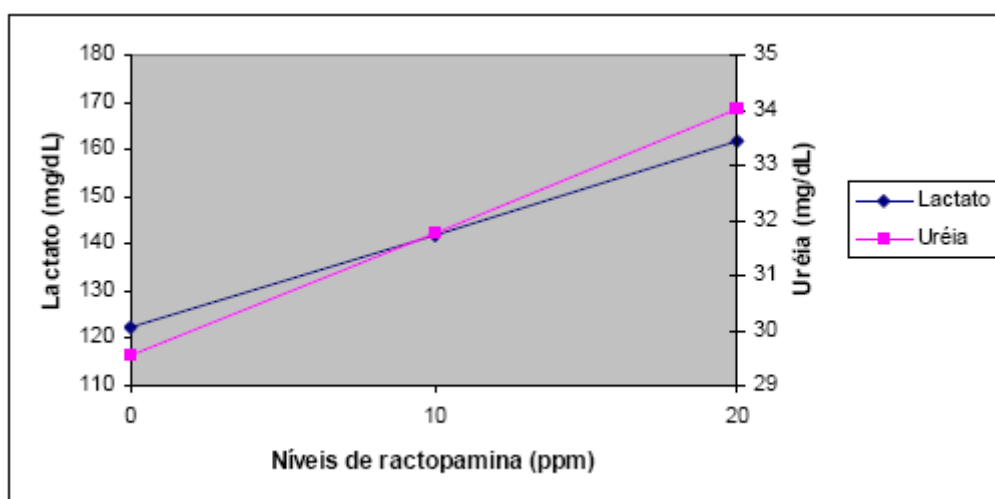


Figura 6 – Concentrações séricas de lactato e uréia em suínos submetidos à diferentes níveis de ractopamina nas rações.

Os resultados encontrados para os níveis séricos de lactato contrariaram os valores obtidos anteriormente (Tabelas 9, 10 e 11), onde não observou-se diferenças significativas ($P > 0,05$) relacionados a um possível aumento do estresse causado pela ractopamina.

De acordo com Ludtke (2004), em situações de estresse intenso pode ocorrer exaustão muscular, formando grandes quantidades de ácido láctico, resultante da degradação intensa do glicogênio muscular, que poderá ser liberado na corrente circulatória. Adicionalmente, a liberação de catecolaminas como resultado do medo ou de excitação podem também causar rápida glicogenólise (SHAW; TUME, 1992).

Segundo Palermo-Neto (2002), são irrefutáveis as diversas observações que mostraram ser os agonistas beta-adrenérgicos capazes de aumentar os níveis sanguíneos de lactato, sendo um forte indicador da ocorrência de glicogenólise muscular, como comprovado após o uso do salbutamol e clenbuterol em bovinos, e da terbutalina, fenoterol, clenbuterol e ractopamina

em bubalinos e suínos.

Quanto aos níveis séricos de uréia, os resultados foram semelhantes aos encontrados por Yen et al. (1990), que não encontraram efeito positivo nas concentrações de uréia plasmática em animais suplementados com ractopamina.

Porém, resultados contrários foram encontrados por See et al. (2004) e Cantarelli (2007), que observaram que suínos recebendo ractopamina apresentaram concentrações menores de uréia plasmática.

Segundo Cantarelli (2007), a diminuição da uréia plasmática com a suplementação de ractopamina é consistente com o modo de ação dessa molécula, uma vez que a ractopamina resulta em aumento na síntese de proteína no músculo (HELFRICH et al., 1990; ADEOLA et al., 1992). Esta melhora na síntese indica maior utilização de nitrogênio que, conseqüentemente, diminui o teor de uréia circulante no plasma.

Em relação ao gênero, não foi verificada diferença ($P > 0,05$) para as concentrações séricas de lactato e uréia entre os tratamentos.

Os resultados calculados para avaliação econômica estão demonstrados na Tabela 13.

Tabela 13 – Custo médio de ração por quilograma de peso vivo ganho, índice de custo médio e índice de eficiência econômica, de acordo com os níveis de ractopamina utilizados em suínos.

Tratamentos	Parâmetros		
	Custo em ração (R\$/kg de PV ganho)	Índice de custo	Índice de eficiência econômica
0 ppm	1,09	101,87	98,16
10 ppm	1,07	100,00	100,00
20 ppm	1,18	110,28	90,67

Observou-se, de acordo com as condições deste experimento e dos preços das matérias primas no período experimental, que os melhores índices econômicos e de custo médio foram obtidos para a ração com 10 ppm de inclusão de ractopamina.

Porém, os valores apresentados na tabela não são constantes, pois os preços de ingredientes como o milho, farelo de soja e a própria ractopamina podem sofrer constantes mudanças, dependendo da oferta e procura no mercado.

Os valores de correlação entre as diferentes características analisadas estão demonstrados na Tabela 14.

Tabela 14 – Valores de correlação entre as características avaliadas: conversão alimentar, peso de carcaça quente, espessura de toucinho, rendimento de carne na carcaça, índice de bonificação, profundidade de músculo, perda de água por gotejamento e área de olho de lombo de suínos.

Correlação	Valor da correlação	P
Conv. alimentar x esp. de toucinho	0,41	**
Conv. alimentar x rend. de carne na carcaça	-0,38	*
Conv. alimentar x ind. de bonificação	-0,44	**
Peso de carcaça quente x esp. de toucinho	0,41	**
Peso de carcaça quente x rend. de carne na carcaça	-0,33	*
Prof. de músculo x ind. de bonificação	0,33	*
Prof. de músculo x perda de água por gotejamento	-0,37	**
Ind. de bonificação x esp. de toucinho	-0,72	**
Ind. de bonificação x área de olho de lombo	0,58	**

* $P \leq 0,05$

** $P \leq 0,01$

Os valores das correlações mostram que com o aumento da eficiência alimentar, há uma redução na espessura de toucinho e um conseqüente aumento no rendimento de carne de carcaça e no índice de bonificação pago ao produtor, ou seja, com o aumento do peso do animal, há uma piora na conversão alimentar e no rendimento de carne na carcaça devido à maior deposição de gordura.

A correlação observada entre a profundidade do músculo *Longissimus dorsi* e a perda de água por gotejamento mostra uma maior retenção de água na carne à medida que há um aumento na profundidade do músculo, devido à maior síntese de proteína pelo músculo diminuindo dessa forma a perda de água do mesmo.

Conclusões

Os resultados do presente trabalho permite concluir que a utilização de ractopamina na dieta de suínos durante 21 dias pré-abate proporciona melhor desempenho dos animais, melhor índice de eficiência econômica, sem alterar as características físicas, químicas e sensoriais da carne e o bem estar dos animais.

Referências bibliográficas

- AALHUS, J.L. 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.
- ADEOLA, O.; BALL, R.O.; YOUNG, L.G. Porcine skeletal muscle myofibrillar protein synthesis is stimulated by ractopamine. **Journal of Nutrition**, v.122, p.488- 495, 1992.
- BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T.; FERREIRA, A.S. et al. Triguilho para suínos nas fases inicial de crescimento, crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.21, n.5, p.827-837, 1992.
- BARK, L.J. et al. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3391-3400, 1992.
- BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; PROTAS, J.F.S. et al. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.20, n.8, p.969-974, 1985.
- 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, v.26, n.10, p.1795-1802, out.1991.
- BLIGH, E.; DYER, W.J. A rapid methods of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry**, 37, 911-917, 1959.
- BRIDI, A.M. et al. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2027-2033, 2006.
- BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. 1.ed. Londrina; Ph Editora, 2007, 97p.
- BOCCARD, R. et al. Proceedings for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. **Beef Production Program: Report of a working group in the Commission of the European Communities**. 1981.
- BOUTON P.E.; HARRIS, P.V.; SHORTHOSE, W.R. Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. **Journal of Food Science**, v.36, p.435-439, 1971.
- BUDIÑO, F.E.L. et al. Desempenho e características de carcaça de suínos em terminação recebendo diferentes níveis e marcas comerciais de cloridrato de ractopamina. **Boletim de Indústria Animal**, N. Odessa, v.62, n.3, p.245-250, 2005.
- CANTARELLI, V.S. **Ractopamina em rações para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita**. 2007. Dissertação (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Nutrição de Monogástricos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CARRAUD, A. Les Bêta-agonistes; effects zootechniques; modes d'action. **Bulletin- GTV**, v.3, p.45-53, 1989.
- CARR, S.N. et al. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. **Journal of Animal Science**, v.83, p.2886–2893, 2005.
- CHANNON, H. A.; PAYNE, A.M.; WARNER, R.D. Halothane genotype, pre- slaughter handling and stunning method all influence pork quality. **Meat Science**, Barking, v.56, p.291-299, 2000.
- CROME, P.K. et al. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. **Journal of Animal Science**, v.74, n.4, p.709-716, 1996.

- DUBOWITZ, V.; BROOKE, M. **Muscle biopsy: a modern approach**. London, Sunders, 1973.
- DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial dos alimentos**. 2.ed. Curitiba: Universitária Champagnat, 1996. 123p.
- ENGESETH, N.J. et al. Fatty acid profiles of lipid depots and cholesterol concentration in muscle tissue of finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Food Science**, v. 57, p.1060-1062, 1992.
- FAGUNDES, L. A. **Ômega-3 & Ômega-6: O equilíbrio dos ácidos gordurosos essenciais na prevenção de doenças**. Porto Alegre: Fundação de Radioterapia do Rio Grande do Sul, 2002. 111 p.
- FÁVERO, J.A.; GUIDONI, A.L.; BELAVER, C. Predição do índice de valorização de carcaças suínas em função do peso e do percentual de carne. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNO, 8., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA - CNPSA, 1997. p.405-406.
- FERNANDES, T. (1995). Utilização de beta-agonistas como estimuladores do crescimento em animais destinados à produção de carne. In: **Instituto de Protecção da Produção Agro-Alimentar - Utilização dos promotores de crescimento (beta- agonistas) em animais destinados à produção de carne**. Lisboa, p. 39 - 49.
- FERRANDO, R., VANBELLE, M. β -agonistes et production de la viande: considérations et réflexions. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v.165, p.91-96, 1989.
- FERREIRA, M., BASTOS, M.L. Os agonistas β_2 na produção de carne. **Sociedade Portuguesa de Farmacologia**, v.87, p.61-67, 1994.
- GU, Y. et al. Effects of ractopamine, genotype, and growth phase on finishing performance and carcass value in swine: II. Estimation of lean feed efficiency. **Journal of Animal Science**, v.69, p.2694-2702, 1991.
- GUIDONI, A.L. Melhoria de processos para a tipificação e valorização de carcaças suínas no Brasil. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE A QUALIDADE DE CARNE SUÍNA. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2000. p.221-234.
- HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, London, v.22, n.8, p. 175-176, 1973.
- HELFRICH, W.G. et al. Skeletal muscle α -actin synthesis is increased pretranslationally in pigs feed the phenethanolamine ractopamine. **Endocrinology**, v.126, p.3096-3100, 1990.
- HOSHI, E.H. **Ractopamina em porcas gestantes: efeitos nos parâmetros reprodutivos, na hiperplasia muscular fetal, no desempenho e nas características de carcaça da progênie**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina.
- JENSEN, P.; ALGERS, B.; EKESBO, I. Methods of sampling and analysys of data in farm animal ethology. Stuttgart, 1986.
- LONERGAN, S. M. et al. Selection for lean growth efficiency in Duroc pigs influences pork quality. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2075-2085, 2001.
- LUDTKE, C.B. **Influência do estresse no manejo pré-abate e na qualidade da carne suína**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- MARCHANT-FORDE, J.N. et al. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.416–422, 2003.
- MARINHO, P.C. et al. Efeito da ractopamina e de métodos de formulação sobre o desempenho de suínos machos castrados em terminação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 12, 2005, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABRAVES, 2005. p.341-342.

- MILLS, S.E. et al. Stereoselectivity of porcine beta-adrenergic receptors for ractopamine stereoisomers. **Journal of Animal Science**. v.81, p.122-194, 2002.
- MIMBS, K.J. et al. 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.
- MIYADA, V.S. Fatores que influenciam as exigências nutricionais dos suínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 1996. p.435-446.
- MOLLER, A.J.; BERTELSEN, G.; OLSEN, A. Processed pork technological parameters related to type of raw material – review. In: PUOLANNE, E. et al. (Eds.) **Pork quality: genetic and metabolic factors**. Wallingford: Redwood Books, 1992. p.225.
- MOLONEY, A.P., ALLEN, P. (1992). Repartitioning effects of β -adrenergic agonists in meat. In: KUIPER, H.A., HOOGENBOOM, L.A.P., ed. - In Vitro Toxicological Studies and Real Time Analysis of Residues in Food – FLAIR Concerted Action N° 8: **Proceedings** of the Workshops held in Ghent, May 22 - 24, 1992 and Thessaloniki, October 30 - 31, 1992. Wageningen, p. 89-101.
- MOLONEY, A.P., BEERMANN, D.H. (1996). Mechanisms by which β -adrenergic agonists alter growth and body composition in ruminants. In: ENNE, G., KUIPER, H.A., VALENTINI, A. - Residues of veterinary drugs and mycotoxins in animal products. Wageningen: **Wageningen Pers**, p.124 - 136.
- MOSER, R.L. et al. Effect of Cimaterol (CL 263.780) as a repartitioning agent in the diet for finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.62, n.1, p.21-26, 1986.
- NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL. **Procedures to evaluate market**. 3. ed. Des Moines, Iowa, 1991.
- PALERMO-NETO, J. Agonistas de receptores β_2 -adrenérgicos e produção animal. In: SPINOSA, H.S., GÓRNIK, S.L.; BERNARDI, M.M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Kogan, 2002. p.545-557.
- POZZA, P.C. et al. Avaliação da suplementação de Ractopamina sobre o desempenho e características de carcaça de suínos fêmeas na fase de terminação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11, 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABRATES, 2003. p.291-292.
- RÜBERSAM, J.M. Transformações *postmortem* e qualidade da carne suína. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Concórdia. **Anais eletrônicos...** Concórdia: EMBRAPA- CNPSA, 2000.
- 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.
- SCHAEFER, A. L. et al. The effect of feeding the betaadrenergic agonist ractopamine on the behaviour of marketweight pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.72, p.15–21, 1992.
- SCHINCKEL, A.P. et al. Efeito da ractopamina sobre o crescimento, a composição de carcaça, e a qualidade dos suínos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. **Anais...** Concórdia: 2001. p.324-335.
- SCHINCKEL, A. P. et al. Effect of nutritional level while feeding ractopamine to late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, 80(Suppl. 2):79 (Abstr.), 2002.
- SEE, M.T.; ARMSTRONG, T.A.; WELDON, W.C. Effect of a ractopamina feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2474-2480, 2004.

- 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**, v.32, p.311- 329, 1992.
- SIMOPOULOS, A. P. et al. Workshop on the essentiality of a recommended dietary intakes of omega-6 and omega-3 fatty acids. **Journal of American College of Nutrition**. v. 18, p. 487. 1999.
- STEELE, N. C., CAMPBELL, R. G., CARPENA, T. J. Proceedings of Georgia Nutrition Conference, 1990, p. 9-18.
- STELLA, I. **Avaliação de comportamento de suínos Large-White e Duroc durante a fase de terminação tratados com ractopamina e relação com qualidade de carne**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- STAHLY, T.S. Impact of somatotropin and Beta-Adrenergic agonists on growth, carcass composition and nutrient requirements of pigs. **Recent Advances in Animal Nutrition**. p.103, 1990.
- STITES, C. R. et al. Palatability and visual characteristics of hams and loin chops from swine treated with ractopamine hydrochloride. **Journal of Muscle Foods**, 5:367– 376, 1994.
- STOCK, M.J.; NANCY, J.R. Effects of b-adrenergic agonists on metabolism and body composition. In: BUTTERY, R.J.; LINDSAY, D.B.; HAYNES, N.B. (Eds.) **Control and manipulation of animal growth**. London: Butterworths, 1986. p.252- 253.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG – Sistemas de análise estatísticas e genéticas**. Versão 7,1, Viçosa. MG, 1997 (Manual do usuário).
- WALKER, W.R. et al. Evaluation of cimaterol for finishing swine including a drug withdrawal period. **Journal of Animal Science**, 67, 168 – 176, 1989.
- WARNER, R.D.; KAUFFMAN, R.G.; GREASER, M.L. Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits. **Meat Science**, Barking, v.45, n.3, p.339- 352, 1997.
- WARRISS, P.D. et al. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, v.68, p.3669-76, 1990.
- WILLIAMS, N. H. et al. The impact of ractopamine, energy intake and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. **Journal of Animal Science**, 72:3152–3162, 1994.
- WILLIAMS, P.E.V. Brève revue et nouvelles donnés sur les effets du traitement des animaux d'élevage par des Bêta-agonistes. **Bulletin-GTV**, 3, 33 – 42, 1989.
- 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. (Eds.) **Principles of pig science**. London: Nottingham University Press, 1994. p.446-448.
- YEN, J.T. et al. Effects of ractopamine on genetically obese and lean pigs. **Journal of Animal Science**, v.68 n.11, p.3705-3712, 1990.