

EFEITO DA RACTOPAMINA NA PERFORMANCE E NA FISIOLOGIA DO SUÍNO

EFFECTS OF RACTOPAMINE ON PERFORMANCE AND PHYSIOLOGY OF PIGS

Agostini, P.S.¹, Silva, C.A.^{1*}, Bridi, A.M.¹, Abrami, R.A.M.¹, Pacheco, G.D.¹, Lozano, A.P.¹, Ywazaki, M.S.¹, Dalto, D.B.¹, Gavioli, D.F.¹, Oliveira, E.R.¹, Bonafé, E.G.², Souza, N.E.² e Visentainer, J.V.²

¹Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Londrina PR. Brasil. *casilva@uel.br

²Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Química. Maringá PR. Brasil.

PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Beta-adrenérgico. Estresse. Gordura.

ADDITIONAL KEYWORDS

Beta adrenergic. Stress. Fat.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a inclusão de diferentes níveis de ractopamina em rações de suínos em fase de terminação, durante 21 dias pré-abate, sobre as características de desempenho, carcaça, qualidade de carne e sobre parâmetros fisiológicos e sanguíneos indicadores de bem-estar. Foram utilizados 36 suínos comerciais, 18 machos castrados e 18 fêmeas, com peso médio inicial de 87,0±5,02 kg, alimentados *ad libitum* com rações isonutrientes, com 0, 10 e 20 ppm de ractopamina. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, fatorial 3 x 2, com seis repetições para os parâmetros de desempenho e 12 repetições para os demais parâmetros. Houve efeito linear ($p < 0,05$) positivo para o ganho de peso e para a conversão alimentar e efeito quadrático (ponto de mínima de 9,4 ppm de ractopamina) para o consumo de ração. Para os parâmetros de carcaça houve efeito quadrático para o rendimento de carcaça (com ponto de máxima para 9,5 ppm de ractopamina). O valor de a^* (componente vermelho-verde), c^* (índice de saturação) e marmoreio apresentaram efeito linear negativo. O diâmetro da fibra muscular do músculo *L. dorsi* e o ângulo de tonalidade (h^*) apresentaram efeito linear positivo para os níveis de ractopamina. Outros parâmetros relacionados

à qualidade da carne não foram influenciadas pelos tratamentos, resultando em carnes livres de PSE e DFD. A ractopamina pode ser utilizada nas rações de suínos até 20 ppm com efeitos positivos no desempenho e na carcaça, sem alterações no comportamento dos animais e comprometimentos na qualidade da carne.

SUMMARY

The goal of this work was to evaluate the inclusion of different levels of ractopamine to finishing rations for swine, during 21 days before the slaughter, on the performance, carcass and meat quality parameters and on physiologic and serum characteristics related with behavior. Thirty six pigs (Large White x Landrace), 18 barrows and 18 females, weighting 87.0±5.02 kg, fed *ad libitum* with isonutrient rations, with 0, 10 and 20 ppm of ractopamine, were used. The experimental design was randomized blocks, factorial 3 x 2 (3 levels of ractopamine and 2 genders), with 6 repetitions for the performance parameters and 12 repetitions for the other characteristics. There were a positive linear effect ($p < 0.05$) to the weigh gain and to the feed conversion rate and a quadratic effect to the feed consumption (been the minimal

point to 9.4 ppm of ractopamine). To the carcass parameters there was a quadratic effect to the carcass yield (been the minimal point to 9.5ppm of ractopamine). The parameters a^* (red-blue component) and c^* values (saturation index) and marbling presented a negative linear effect according to the levels of ractopamine. The fiber diameter of the *L. dorsi* muscle and the tonality angle index (h^*) showed a positive linear effect to the levels of ractopamine. There were no effects on the other meat quality characteristics, resulting meats without PSE and DFD. The ractopamine can be used until 20 ppm with positive effects on the performance and carcass parameters, without effects on the behavior and on meat quality.

INTRODUÇÃO

A ractopamina é classificada como um agonista beta-adrenérgico, da classe das fenetanolaminas, age no metabolismo animal, inibindo a lipogênese, estimulando a lipólise e retendo o nitrogênio, aumentando assim a síntese protéica (Miyada, 1996).

A ractopamina atua através da liberação de estímulos a partir de receptores especializados que desencadeiam processos bioquímicos relacionados com o AMP cíclico. Esta ação determina um aumento na deposição do músculo pela hipertrofia do diâmetro das fibras musculares, mais especificamente das fibras brancas e intermediárias (Aalhus *et al.*, 1992), incrementando o desempenho e as características de carcaça.

Os resultados promovidos pela ractopamina no ganho de peso, na eficiência alimentar e na deposição de carne magra na carcaça, se identificam com os objetivos da indústria e do consumidor, no entanto, atribuiu-se que esse aditivo, pela ação similar às catecolaminas, pode também determinar alterações no comportamento dos animais, assim como nos parâmetros sanguíneos, refletindo nas características relacionadas com a qualidade da carne (Marchant-Forde, 2003).

Segundo Stahly (1990), a magnitude das respostas dos agonistas beta-adrenérgicos

está ligada à dose aplicada, ao tipo de droga utilizada e à duração do tratamento, ou seja, suínos alimentados com diferentes inclusões de ractopamina podem apresentar resultados distintos com relação ao desempenho, às características de carcaça e de carne e aos parâmetros sanguíneos.

Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar os efeitos da inclusão de diferentes níveis de ractopamina nas rações de suínos em fase de terminação, durante 21 dias pré-abate, sobre o desempenho, a hipertrofia das células musculares, as características de carcaça e qualidade de carne e sobre os parâmetros fisiológicos e sanguíneos relacionados com o bem-estar.

MATERIALE MÉTODOS

Foram utilizados 36 suínos mestiços (Landrace x Large White), sendo 18 machos castrados e 18 fêmeas, com idade inicial de $133,5 \pm 1,4$ dias e peso médio inicial de $87,0 \pm 5,021$ kg. Os animais foram alojados em baias de alvenaria, com piso compacto com 3 m^2 , sendo dois animais de mesmo sexo por baia, onde receberam água e ração à vontade durante todo o período experimental.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (estabelecidos de acordo com o peso inicial dos animais), num modelo fatorial 3×2 (3 níveis de ractopamina e 2 gêneros) com 6 repetições por tratamento (3 baias com machos castrados e 3 baias com fêmeas) para os parâmetros de desempenho e 12 repetições por tratamento (6 machos castrados e 6 fêmeas) para os demais parâmetros.

Os animais foram submetidos a 3 tratamentos experimentais: ração sem ractopamina; ração com 10 ppm de ractopamina; ração com 20 ppm de ractopamina. O período experimental foi de 21 dias. As rações fornecidas eram isonutrientes e formuladas para atender as exigências nutricionais mínimas estabelecidas para a fase entre 80 a 110 kg de peso vivo (NRC, 1998).

EFEITO DA RACTOPAMINA NA PERFORMANCE E NA FISIOLOGIA DO SUÍNO

Os ingredientes, a composição percentual e os valores calculados das rações experimentais encontram-se na **tabela I**.

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

Para avaliação do comportamento, foi realizada a observação direta dos animais através de amostragem por varredura. Os animais foram observados individualmente por um período total de 390 minutos divididos igualmente nas três semanas que duraram o experimento. Os comportamentos observados foram: em pé, deitado, comendo, bebendo água.

Amostras de sangue foram coletadas no vigésimo dia do experimento, no período da

manhã, entre as 6:00 e 7:00 horas, para avaliação dos níveis de uréia plasmática, utilizando o analisador automático Airone 200, através do método cinético ultra-violeta e do kit Gold Analisa.

Na pesagem dos animais, realizada antes do embarque para o frigorífico, foram aferidas a frequência cardíaca, a frequência respiratória e a temperatura retal.

Com relação ao manejo pré-abate, a ração foi retirada 12 horas antes do embarque, permanecendo os animais somente com dieta hídrica. O tempo de transporte até o frigorífico foi de aproximadamente uma hora.

O processo de abate consistiu na insensibilização via corrente elétrica, com um equipamento da marca Petrovina® IS 2000 com dois eletrodos, utilizando-se 350 volts e 1,3 ampéres, durante três segundos.

Tabela I. Composição percentual, química e energética das rações experimentais. (Chemical and energy composition of the experimental diets).

Ingredientes (%)	Tratamentos (níveis de ractopamina)		
	0 ppm	10 ppm	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	-
Cloridrato de ractopamina	-	0,05	0,1
Total	100,00	100,00	100,00
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 metabolizável (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.B= 12,538 mcg; vit.D3= 66 000 UI; vit.E= 517 mg; vit.K= 3,60 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.

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 a coleta de sangue para as 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 $2\pm 1^\circ\text{C}$, por 24 horas.

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. 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 cálculo do índice de bonificação (IB), foi utilizada a fórmula descrita por Fávero *et al.* (1997):

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

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 $2\pm 1^\circ\text{C}$.

Após 24 horas de resfriamento, foi retirada das meias-carcaças esquerdas uma amostra do músculo *Longissimus dorsi*. O músculo foi despojado da gordura adjacente e 5 amostras de aproximadamente 2,5 cm de espessura (bifes) foram coletadas para a avaliação da cor, marmoreio, perda de água por gotejamento, perda de água no descongelamento e na cocção, força de cisalhamento, análise sensorial e mensuração do diâmetro das fibras musculares. Com exceção das amostras de cor, marmoreio e da histologia para o diâmetro das fibras, as demais amostras foram acondicionadas individualmente em sacos plásticos, vedadas e armazenadas em freezer a -20°C até a realização das respectivas 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 foram também 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 partir dos valores 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

EFEITO DA RACTOPAMINA NA PERFORMANCE E NA FISIOLOGIA DO SUÍNO

Channon *et al.* (2000).

Para avaliar a maciez da carne, utilizou-se as sub-amostras cilíndricas, de 2,5 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro, provenientes das amostras utilizadas nas análises de perda de água. 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).

A análise sensorial foi realizada com o auxílio de 40 provadores, através do teste de ordenação (Dutcosky, 1996). Foram comparadas as amostras da carne em relação ao atributo de sabor, onde os provadores recebiam uma amostra de cada tratamento e as ordenavam da mais saborosa para a menos saborosa (Bridi e Silva, 2007). Os resultados foram submetidos à análise não paramétrica do Teste de Friedman.

Quanto às medidas de diâmetros das células musculares, 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 e coradas pela hematoxilina e eosina. Para capturar as imagens 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 de 15 células musculares escolhidas aleatoriamente, conforme Dubowitz e Brooke (1973), totalizando 90 observações por lâmina.

Os dados 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 níveis de

ractopamina com o gênero em todas as variáveis analisadas.

Os resultados referentes ao desempenho zootécnico dos suínos estão apresentados na **tabela II**.

Foi observado efeito quadrático para consumo diário de ração, com o ponto de mínima para a inclusão de 9,4 ppm de ractopamina.

O aumento nos níveis de inclusão de ractopamina nas rações determinou um efeito linear crescente para o ganho diário de peso e para a conversão alimentar ($p < 0,05$).

Os resultados foram semelhantes aos encontrados por Carr *et al.* (2005) que, trabalhando com suínos em terminação, com as mesmas inclusões de ractopamina, obtiveram efeitos lineares no ganho diário de peso e na conversão alimentar proporcional ao aumento da inclusão de ractopamina.

Com relação ao consumo diário de ração, Budiño *et al.* (2005) e Carr *et al.* (2005) não verificaram efeito ($p > 0,05$) entre os tratamentos, 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%.

Em relação ao gênero, os machos apresentaram maior ($p \leq 0,05$) consumo diário de ração, enquanto que o ganho diário de peso e a conversão alimentar não foram afetados ($p > 0,05$). Não foram observados efeitos de interação entre os fatores.

Não houve efeito dos tratamentos ($p > 0,05$) sobre o comportamento dos animais, conforme indicado na **tabela III**. No entanto, Marchant-Ford *et al.* (2003) observaram que suínos tratados com ractopamina ficaram mais ativos e alertas e apresentaram maiores dificuldades de manejo quando comparados ao controle. Em relação ao gênero, verificou-se que os machos castrados passaram mais tempo deitados enquanto que as fêmeas apresentaram-se mais

Tabela II. Médias \pm desvios-padrão dos parâmetros de desempenho zootécnico dos suínos, de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero. (Average \pm standard deviations of performance parameters of pigs according to the level of ractopamine and gender).

Parâmetros	Níveis de ractopamina			Efeito da regressão	Gênero		CV(%)
	0 ppm	10 ppm	20 ppm		Castrado	Fêmea	
CDR	2,83 \pm 0,28	2,69 \pm 0,21	2,87 \pm 0,26	Q ¹	2,90 \pm 0,28a	2,63 \pm 0,20b	6,14
GDP	1,04 \pm 0,10	1,02 \pm 0,14	2,66 \pm 0,42	L ²	1,09 \pm 0,16	1,07 \pm 0,16	11,59
CA	2,72 \pm 0,33	2,66 \pm 0,42	2,41 \pm 0,27	L ³	2,70 \pm 0,43	2,53 \pm 0,54	13,10

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

CDR= Consumo diário de ração; GDP= Ganho diário de peso; CA= Conversão alimentar; CV= coeficiente de variação; ¹Y= 2,83182-0,0302723X+0,00160907X² (R²= 1,00); ²Y= 1,01328+0,00748632X (R²= 0,67); ³Y= 2,75731-0,0156555X (R²= 0,88);

ativas, permanecendo mais tempo em pé (p<0,05).

Os dados referentes às características de carcaça estão apresentados na **tabela IV**.

Os resultados indicam somente efeito quadrático para o rendimento de carcaça, com ponto de máxima para a inclusão de 9,5 ppm de ractopamina.

Os resultados obtidos são diferentes

dos encontrados por Budiño *et al.* (2005), que obtiveram melhorias também 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).

Os resultados referentes à qualidade da carne e ao diâmetro das fibras musculares do músculo *Longissimus dorsi* são de-

Tabela III. Médias \pm desvios-padrão das características comportamentais dos suínos de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e gênero. (Average \pm standard deviations of behaviour characteristics of pigs according to the level of ractopamine and gender).

Parâmetros	Níveis de ractopamina			Efeito da regressão	Gênero		CV(%)
	0 ppm	10 ppm	20 ppm		Castrado	Fêmea	
Empé (minutos)	67,91 \pm 28,07	60,41 \pm 21,15	70,00 \pm 18,46	NS	57,77 \pm 12,36 ^b	73,24 \pm 23,61 ^a	24,94
Deitado (minutos)	270,41 \pm 78,43	282,08 \pm 74,42	267,50 \pm 85,55	NS	287,67 \pm 80,27 ^a	261,03 \pm 76,24 ^b	10,67
Comendo ração (minutos)	40,00 \pm 22,05	38,33 \pm 26,22	39,16 \pm 16,62	NS	33,39 \pm 19,91	43,58 \pm 20,37	52,76
Bebendo água (minutos)	11,66 \pm 9,12	9,16 \pm 7,63	13,33 \pm 7,48	NS	10,53 \pm 7,56	12,11 \pm 8,42	70,76

NS= não significativo (p<0,05).

^{a,b}Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo Teste de F (5%).

EFEITO DA RACTOPAMINA NA PERFORMANCE E NA FISIOLOGIA DO SUÍNO

monstrados na **tabela V**.

Houve efeito de regressão, linear crescente ($p \leq 0,05$), para a característica diâmetro das fibras musculares em função do nível de ractopamina na ração. 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 o conseqüente aumento na massa muscular.

Em relação aos gêneros foi verificada diferença ($p < 0,05$) somente para o diâmetro das fibras musculares, onde as fêmeas apresentaram as maiores médias.

Para os valores de pH na carne, não houve efeito ($p > 0,05$) dos tratamentos so-

bre o pH inicial e final (**tabela V**).

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 betaadrenérgicos consomem o glicogênio muscular, resultando em menor produção e acúmulo de ácido láctico na carcaça pós-abate. Este quadro, entretanto, não foi confirmado no presente trabalho.

Em relação ao gênero não foi verificada diferença ($p > 0,05$) para os valores de pH.

Para os valores de a^* (componente vermelho-verde), c^* (índice de saturação) e marmoreio, foram verificados efeitos lineares decrescentes, demonstrando que o aumen-

Tabela IV. Médias \pm desvios-padrão das características de carcaça dos suínos de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e gênero. (Average \pm standard deviations of carcass characteristics of pigs according to the level of ractopamine and gender).

Parâmetros	Níveis de ractopamina			Efeito da regressão	Gênero		CV (%)
	0 ppm	10 ppm	20 ppm		Castrado	Fêmea	
Peso de carcaça quente (kg)	83,6 $\pm 3,28$	84,36 $\pm 6,52$	85,00 $\pm 5,75$	NS	83,21 $\pm 5,74$	85,58 $\pm 4,75$	5,12
Peso de carcaça fria (kg)	81,55 $\pm 3,29$	82,35 $\pm 6,46$	83,04 $\pm 5,67$	NS	81,30 $\pm 5,69$	83,46 $\pm 4,73$	5,15
Comprimento de carcaça (cm)	96,63 $\pm 3,95$	95,75 $\pm 2,83$	96,08 $\pm 2,99$	NS	95,65 $\pm 2,88$	96,50 $\pm 2,76$	3,14
Rendimento de carcaça (%)	76,22 $\pm 0,92$	77,44 $\pm 1,67$	76,01 $\pm 2,40$	Q ¹	76,59 $\pm 1,23$	77,01 $\pm 2,23$	2,34
Espessura de toucinho (mm)	12,08 $\pm 3,45$	11,19 $\pm 4,42$	10,62 $\pm 2,50$	NS	11,93 $\pm 3,53$	10,73 $\pm 3,13$	28,20
Profundidade de músculo (mm)	63,17 $\pm 6,68$	65,56 $\pm 7,88$	65,81 $\pm 8,46$	NS	65,12 $\pm 6,53$	65,68 $\pm 7,40$	10,98
Rendimento de carne na carcaça (%)	61,40 $\pm 2,60$	62,22 $\pm 3,11$	62,61 $\pm 1,80$	NS	61,70 $\pm 2,59$	62,51 $\pm 2,24$	4,00
Quantidade de carne na carcaça (kg)	48,32 $\pm 1,77$	49,40 $\pm 3,68$	50,16 $\pm 3,63$	NS	48,38 $\pm 2,92$	50,34 $\pm 2,91$	5,74
Área de olho de lombo (cm ²)	46,38 $\pm 3,32$	48,78 $\pm 5,28$	47,93 $\pm 5,68$	NS	46,57 $\pm 4,68$	49,78 $\pm 5,18$	9,47
Índice de bonificação (%)	116,59 $\pm 2,93$	117,63 $\pm 3,48$	118,17 $\pm 2,13$	NS	117,02 $\pm 2,85$	117,93 $\pm 2,93$	2,46

NS= não significativo ($p < 0,05$).

¹Q= quadrática. $Y = 76,2296 + 0,254661X - 0,0132728X^2$ ($R^2 = 1,00$).

Tabela V. Médias \pm desvios-padrão do diâmetro das fibras musculares e da qualidade de carne do músculo *Longissimus dorsi* de suínos de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero. (Average \pm standard deviations of diameter of muscle fiber and meat quality of *Longissimus dorsi* muscle of pigs according to the level of ractopamine and gender).

Parâmetros	Níveis de ractopamina			Efeito da regressão	Gênero		CV(%)
	0 ppm	10 ppm	20 ppm		Castrado	Fêmea	
pH inicial	6,18 $\pm 0,44$	6,10 $\pm 0,38$	6,26 $\pm 0,36$	NS	6,16 $\pm 0,43$	6,10 $\pm 0,33$	5,50
pH final	5,51 $\pm 0,12$	5,54 $\pm 0,16$	5,55 $\pm 0,13$	NS	5,56 $\pm 0,13$	5,59 $\pm 0,12$	2,42
a*	3,89 $\pm 1,56$	2,21 $\pm 1,98$	2,09 $\pm 1,39$	L ¹	3,18 $\pm 1,82$	2,23 $\pm 1,69$	51,60
b*	8,80 $\pm 1,56$	7,97 $\pm 1,16$	7,77 $\pm 1,29$	NS	8,62 $\pm 1,38$	7,81 $\pm 1,11$	15,97
L*	53,95 $\pm 3,95$	55,72 $\pm 1,99$	55,18 $\pm 2,20$	NS	55,58 $\pm 2,82$	54,69 $\pm 2,32$	5,10
c*	9,68 $\pm 1,95$	8,40 $\pm 1,69$	8,12 $\pm 1,54$	L ²	9,17 $\pm 1,92$	8,26 $\pm 1,62$	18,41
h*(°)	66,99 $\pm 6,67$	76,05 $\pm 10,04$	76,07 $\pm 8,19$	L ³	70,99 $\pm 9,00^a$	75,31 $\pm 9,24^b$	9,12
Perdas de água gotejamento (%)	3,65 $\pm 0,78$	4,42 $\pm 0,87$	4,51 $\pm 1,19$	NS	4,29 $\pm 1,10$	3,96 $\pm 0,92$	22,12
No descongelamento (%)	8,57 $\pm 2,08$	9,64 $\pm 2,47$	8,59 $\pm 2,06$	NS	8,52 $\pm 2,27$	9,34 $\pm 2,15$	25,35
Na cocção (%)	37,44 $\pm 2,94$	37,72 $\pm 2,36$	37,03 $\pm 2,24$	NS	38,97 $\pm 1,69^b$	36,0 $\pm 2,23^a$	5,67
Marmoreio	1,68 $\pm 0,51$	1,54 $\pm 0,33$	1,33 $\pm 0,32$	L ⁴	1,58 $\pm 0,46^a$	1,33 $\pm 0,31^b$	24,41
Força decisalhamento (Kgf)	5,30 $\pm 0,79$	5,50 $\pm 0,89$	5,28 $\pm 0,66$	NS	5,33 $\pm 0,83$	5,39 $\pm 0,74$	15,73
Diâmetro da fibra (μ m)	34,63 $\pm 2,13$	34,17 $\pm 1,52$	37,06 $\pm 5,13$	L ⁵	33,91 $\pm 2,00^b$	38,04 $\pm 4,06^a$	6,78

^{ab}Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo Teste de F (5%). L= linear; NS= não significativo; CV= coeficiente de variação; ¹Y= 3,61866-0,0890361X (R²= 0,79); ²Y= 9,50340-0,0771148X (R²= 0,87); ³Y= 68,6106+0,447508X (R²= 0,74); ⁴Y= 1,69403-0,0174751X (R²= 1,00); ⁵Y= 34,0748+0,121654X; (R²= 0,62).

to dos níveis de inclusão de ractopamina na ração determinou uma carne menos vermelha e com menor saturação e marmoreio. Para o índice h*(ângulo de tonalidade), observou-se efeito de regressão linear crescente.

Os resultados do valor de a* estão de acordo com os obtidos por Carr *et al.* (2005), que observaram valor de a* e b*(componente amarelo-azul) no músculo

Longissimus dorsi menores (p<0,05) para os animais tratados com 10 ppm de ractopamina em relação ao controle, e valores numericamente inferiores 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) e Ferreira e Bastos (1994), o menor valor de a* na carne de suínos trata-

EFEITO DA RACTOPAMINA NA PERFORMANCE E NA FISIOLOGIA DO SUÍNO

dos com ractopamina é decorrente da menor quantidade de mioglobina oxigenada. 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 verificaram diferenças ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

A redução no valor do marmoreio de acordo com o aumento dos níveis de ractopamina é indicativo de um aumento no diâmetro das fibras musculares associado à redução da lipogênese e ao aumento da lipólise do tecido adiposo, ações específicas determinadas pela droga. Com relação ao gênero foram verificadas diferenças ($p \leq 0,05$) para o marmoreio e para a tonalidade (h^*), onde as fêmeas apresentaram respectivamente, menores e maiores valores. O menor valor de marmoreio encontrado nas fêmeas pode ter relação com o maior diâmetro das fibras musculares e a consequente redução na quantidade de mioglobina oxigenada na carne, desencadeando o aumento no ângulo de tonalidade da cor (h^*).

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 (**tabela V**), identificando-se com os resultados obtidos por Bridi *et al.* (2006), que utilizaram o nível de 10 ppm de ractopamina na ração.

Segundo Warriss *et al.* (1990), a capacidade de retenção de água da carne aumenta nos animais tratados com ractopamina. Crome *et al.* (1996) tratam que este efeito deve-se a menor deposição de gordura e a maior deposição protéica, que determina um incremento na retenção de água.

Baseado nos valores de L^* (luminosidade da carne), no pH inicial e final e na perda de água por gotejamento, não foram verificadas alterações de PSE e DFD na carne tanto para os níveis de ractopamina quanto para o

fator sexo.

Para a força de cisalhamento, 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, pela redução da atividade da enzima proteolítica calpaína, que, em decorrência do aumento na eficiência de crescimento magro, apresenta-se mais baixa, resultando em menor degradação *post mortem* da proteína miofibrilar (Lonerger *et al.*, 2001).

Segundo Walker *et al.* (1989) e Moloney e Beermann (1996), a força de cisalhamento é dependente da inclusão de beta-agonista, ou seja, quanto maior for a inclusão, mais dura será a carne.

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

Os dados relativos aos parâmetros fisiológicos e sanguíneos são apresentados na **tabela VI**, não sendo verificados efeitos da inclusão da ractopamina e do gênero sobre as características avaliadas, bem como a interação dos fatores. Somente foi observado efeito linear para o nível de lactato.

Com relação à frequência cardíaca, os resultados encontrados contrariam os obtidos por Marchant-Forde *et al.* (2003) que, avaliando suínos tratados com 0 e 10 ppm de ractopamina, observaram diferença ($p < 0,05$) no tratamento com 10 ppm do beta-agonista, onde este apresentou os maiores valores. Segundo os autores, o aumento na frequência cardíaca nos animais tratados com ractopamina é consequência da elevação dos valores de adrenalina e noradrenalina séricos.

O maior nível de catecolaminas ocorre devido a uma baixa regulação nos receptores beta-adrenérgicos em suínos alimentados com ractopamina. O quadro pode levar o sistema nervoso simpático a aumentar a produção das catecolaminas para otimizar sua ligação com o menor número de recep-

Tabela VI. Médias \pm desvios-padrão dos parâmetros fisiológicos e sanguíneos de acordo com o nível de inclusão de ractopamina e do gênero dos suínos. (Average \pm standard deviations of physiological and blood parameters of pigs according to the level of ractopamine and gender).

Parâmetros	Níveis de ractopamina			Efeito da regressão	Gênero		CV(%)
	0 ppm	10 ppm	20 ppm		Castrado	Fêmea	
Frequência cardíaca (bat/min.)	160,45 \pm 13,04	163,33 \pm 24,41	166,66 \pm 16,99	NS	160,69 \pm 17,16	162,87 \pm 20,46	11,14
Respiratória (mov./min.)	44,00 \pm 7,15	40,33 \pm 6,91	45,33 \pm 6,45	NS	43,65 \pm 7,22	41,70 \pm 7,58	14,70
Temperatura retal (°C)	39,48 \pm 0,16	39,57 \pm 0,31	39,60 \pm 0,28	NS	39,56 \pm 0,29	39,50 \pm 0,26	0,66
Ph	7,26 \pm 0,62	7,24 \pm 0,62	7,26 \pm 0,61	NS	7,24 \pm 0,66	7,26 \pm 0,66	0,97
Pressão parcial O ₂ (mmHg)	44,92 \pm 5,55	47,90 \pm 10,49	48,69 \pm 9,74	NS	45,47 \pm 7,78	49,36 \pm 8,26	17,52
Pressão parcial CO ₂ (mmHg)	64,46 \pm 9,55	59,87 \pm 10,16	58,30 \pm 11,01	NS	63,14 \pm 10,4	58,93 \pm 9,58	16,24
Concentração íons Na(mEq/l)	150,18 \pm 3,09	152,41 \pm 3,47	152,18 \pm 4,60	NS	151,26 \pm 3,74	152,46 \pm 3,82	2,10
Concentração ions K(mEq/l)	4,70 \pm 1,44	5,54 \pm 1,44	5,57 \pm 1,32	NS	5,75 \pm 1,52	4,83 \pm 1,29	18,82
Lactato (mg/dl)	117,65 \pm 23,38	151,29 \pm 33,10	156,99 \pm 24,60	L ¹	134,19 \pm 31,10	149,76 \pm 31,57	18,54

NS= não significativo ($p < 0,05$).

¹Y= 122,311+1,96718X ($R^2 = 0,86$).

tores disponíveis, a fim de manter sua capacidade de regulação do sistema nervoso simpático (Marchant-Forde *et al.*, 2003).

Atribui-se que a ractopamina, por ser similar às catecolaminas naturais, pode causar alterações fisiológicas nos animais, determinando aumento na frequência cardíaca, que por sua vez pode desencadear mudanças na frequência respiratória, alterando conseqüentemente o pH, as pressões parciais de O₂ e CO₂ e as concentrações dos íons Na⁺ e K⁺ no sangue, levando-os a quadros de estresse e à modificação do comportamento.

Quanto aos níveis séricos de lactato o aumento dos níveis de ractopamina nas rações elevou suas concentrações.

Segundo Palermo-Neto (2002), os agonistas beta-adrenérgicos são capazes de aumentar os níveis sanguíneos de lactato, sendo um forte indicador da ocorrência de glicogenólise muscular.

Quanto à análise sensorial, não foi observada diferença para os níveis de ractopamina, gênero e interação entre os fatores. A pontuação obtida pela apreciação dos provadores foi respectivamente 74, 76 e 90 para os tratamentos com 0, 10 e 20 ppm de ractopamina. Quanto menor a pontuação mais saborosa é a carne. Entretanto, segundo a tabela de Newell e MarcFarlane (Dutcosky, 1996) a diferença crítica entre os totais de ordenação, ao nível de 5% de significância, deveria ser de 21 pontos para que houvesse diferença entre os trata-

EFEITO DA RACTOPAMINA NA PERFORMANCE E NA FISILOGIA DO SUÍNO

mentos, e a diferença máxima encontrada foi de 16 pontos entre os tratamentos 0 e 20 ppm de inclusão de ractopamina. Esse resultado está de acordo com Stites *et al.* (1994), que também não encontraram alterações sensoriais no lombo de suínos tratados com ractopamina em comparação ao controle.

CONCLUSÕES

A utilização da ractopamina para suínos em fase de terminação até o nível de 20 ppm resulta efeitos positivos nas características de desempenho, promove o incremento do diâmetro das fibras musculares e de-

termina ações negativas nos parâmetros de cor e marmoreio da carne. Contudo, estas repercussões não representam comprometimento da avaliação sensorial relacionado ao sabor da carne e, tampouco, promovem alterações que conduzam ao PSE e ao DFD. A ausência de influências nos parâmetros sanguíneos e fisiológicos, com exceção de um efeito linear positivo no nível de lactato sérico, indica que a ractopamina não compromete o bem estar dos animais. A ractopamina, na condição utilizada, é segura para os aspectos produtivos, de qualidade da carne e comportamental.

BIBLIOGRAFIA

- Aalhus, J.L., Schaefer, A.L., Murray, A.C. and Jones, S.D.M. 1992. The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. *Meat Sci.*, 31: 397-409.
- Bridi, A.M., Oliveira, A.R., Fonseca, N.A.N., Shimokomaki, M., Coutinho, L.L. e Silva, C.A. 2006. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. *Rev. Bras. Zootec.*, 35: 2027-2033.
- Bridi, A.M. e Silva, C.A. 2007. Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína. 1ª ed. Midiograf. Londrina. 97 pp.
- Bouton, P.E., Harris, P.V. and Shorthose, W.R. 1971. Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. *J. Food Sci.*, 36: 435-439.
- Budiño, F.E.L., Thomaz, M.C., Neme, R., Ruiz, U.S., Fraga, A.L., Huaynate, R.A.R., Cavalcante Neto, A. e Santos, V.M. 2005. Desempenho e características de carcaça de suínos em terminação recebendo diferentes níveis e marcas comerciais de cloridrato de ractopamina. *Bol. Ind. Anim.*, 62: 245-250.
- Cantarelli, V.S., Zangeronimo, M.G., Almeida, E.C., Wolp, R.C., Pereira, L.M. e Fialho, E.T. 2008. Qualidade de cortes de suínos recebendo ractopamina na ração em diferentes programas alimentares. *Acta Scient. Anim. Sci.*, 30: 165-171.
- Carr, S.N., Ivers, D.J., Anderson, D.B., Jones, D.J., Mowrey, D.H., England, M.B., Killefer, J., Rincker, P.J. and McKeith, F.K. 2005. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. *J. Anim. Sci.*, 83: 2886-2893.
- Channon, H.A., Payne, A.M. and Warner, R.D. 2000. Halothane genotype, preslaughter handling and stunning method all influence pork quality. *Meat Sci.*, 56: 291-299.
- Crome, P.K., McKeith, F.K., Carr, T.R., Jones, D.J., Mowrey, D.H. and Cannon, J.E. 1996. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. *J. Anim. Sci.*, 74: 709-716.
- Dubowitz, V. and Brooke, M. 1973. Muscle biopsy: a modern approach. Saunders. London.
- Dutcosky, S.D. 1996. Análise sensorial dos alimentos. 2ª ed. Universitária Champagnat. Curitiba. 123 pp.
- Fávero, J.A., Guidoni, A.L. e Belaver, C. 1997. Predição do índice de valorização de carcaças suínas em função do peso e do percentual de carne. Anais do Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suíno. Foz do Iguaçu. Brasil. 1: 405-406.
- Ferreira, M. e Bastos, M.L. 1994. Os agonistas β_2 na produção de carne. Sociedade Portuguesa de Farmacologia. 87: 61-67.
- Guidoni, A.L. 2000. Melhoria de processos para a tipificação e valorização de carcaças suínas no

- Brasil. Anais da Conferência Internacional Virtual sobre a Qualidade de Carne Suína. Concórdia. Brasil. 1: 221-234.
- Loneragan, S.M., Huff-Loneragan, E., Rowe, L.J., Kuhlert, D.L. and Jungst, S.B. 2001. Selection for lean growth efficiency in Duroc pigs influences pork quality. *J. Anim. Sci.*, 79: 2075-2085.
- Marchant-Forde, J.N., Lay Jr., D.C., Pajor, E.A., Richert, B.T. and Schinckel, A.P. 2003. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 81: 416-422.
- Mimbs, K.J., Pringle, T.D., Azain, M.J., Meers, S.A. and Armstrong, T.A. 2005. Effects of ractopamine on performance and composition of pigs phenotypically sorted into fat and lean groups. *J. Anim. Sci.*, 83: 1361-1369.
- Miyada, V.S. 1996. Fatores que influenciam as exigências nutricionais dos suínos. Anais do Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos. Viçosa. Brasil. 1: 435-446.
- Moller, A.J., Bertelsen, G. and Olsen, A. 1992. Processed pork technological parameters related to type of raw material - review. In: Puolanne, E. *et al.* (Eds.). Pork quality: genetic and metabolic factors. Redwood Books. Wallingford. 225 pp.
- Moloney, A.P. and Allen, P. 1992. Repartitioning effects of β -adrenergic agonists in meat. In: Kuiper, H.A., Hoogenboom, L.A.P. *In vitro* toxicological studies and real time analysis of residues in food- flair concerted action n. 8. Proceedings of the Workshops held in Ghent. Wageningen. 1: 89-101.
- Moloney, A.P. and Beermann, D.H. 1996. Mechanisms by which β -adrenergic agonists alter growth and body composition in ruminants. In: Enne, G., Kuiper, H.A. and Valentini, A. Residues of veterinary drugs and mycotoxins in animal products. Wageningen Pers. Wageningen. pp. 124-136.
- National Pork Producers Council. 1991. Procedures to evaluate market. 3^a ed. Des Moines. Iowa.
- NRC. 1998. Nutritional requirements of swine. 10^a ed. National Research Council. Washington. DC. 189 pp.
- Palermo-Neto, J. 2002. Agonistas de receptores β 2-adrenérgicos e produção animal. In: Spinosa, H.S., Górnaiak, S.L. and Bernardi, M.M. Farmacologia aplicada à medicina veterinária. 3^a ed. Rio de Janeiro. Guanabara Kogan. pp. 545-557.
- Pozza, P.C., Santos, M.S., Nunes, R.V., Oelke, C.A., Souza, F.H., Petry, L. e Dunke, L.J. 2003. Avaliação da suplementação de ractopamina sobre o desempenho e características de carcaça de suínos fêmeas na fase de terminação. Anais do Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos. Goiânia. Brasil. 1: 291-292.
- Stites, C.R., Mckeith, F.K., Singh, S.D., Bechtel, P.J., Jones, D.J. and Mowrey, D.H. 1994. Palatability and visual characteristics of hams and loin chops from swine treated with ractopamine hydrochloride. *J. Muscle Foods*, 5: 367-376.
- Stahly, T.S. 1990. Impact of somatotropin and beta-adrenergic agonists on growth, carcass composition and nutrient requirements of pigs. *Recent Advances in Animal Nutrition*. 103 pp.
- UFV. 1997. SAEG. Sistemas de análise estatísticas e genéticas. Versão 7.1. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. MG. 150 pp.
- Walker, W.R., D.D. Johnson, J.H. Brendemuhl, R.H. Dalrymple and G.E. Combs. 1989. Evaluation of cimaterol for finishing swine including a drug withdrawal period. *J. Anim. Sci.*, 67: 168-176.
- Warner, R.D., Kauffman, R.G. and Greaser, M.L. 1997. Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits. *Meat Sci.*, 45: 339-352.
- Warriss, P.D., Brown, S.N., Rolph, T.P. and Kestin, S.C. 1990. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. *J. Anim. Sci.*, 68: 3669-3676.
- Wood, J.D., Wiseman, J. and Cole, D.J.A. 1994. Control and manipulation of meat quality. In: Cole, D.J.A., Wiseman, J. and Varley, M.A. (Eds.). Principles of pig science. Nottingham University Press. London. 78: 446-448.