

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos  
modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação**

**Vivian Vezzoni de Almeida**

**Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Ciência  
Animal e Pastagens**

**Piracicaba  
2008**

**Vivian Vezzoni de Almeida**  
**Engenheiro Agrônomo**

**Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação**

Orientador:  
Prof. Dr. **VALDOMIRO SHIGUERU MIYADA**

**Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens**

**Piracicaba**  
**2008**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Almeida, Vivian Vezzoni de

Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação / Vivian Vezzoni de Almeida. - - Piracicaba, 2008.

89 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.  
Bibliografia.

1. Carcaça 2. Crescimento animal 3. Dieta animal 4. Metabolismo animal 5. Nutrição animal 6. Suínos - Desempenho I. Título

CDD 636.4085  
A447r

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

*A Deus,*

*A luz que me faz crescer a cada dia e por providenciar tudo o que tenho e sou.*

*DEDICO*

*Com muito carinho, aos meus pais,*

*Sérgio Antônio e Elizabeth, por suas constantes demonstrações de amor, por todos os ditos encorajadores e por todo incentivo e dedicação nos momentos mais importantes da minha vida. Este é o pouco que ofereço a vocês, diante de tanta grandeza que me destes.*

*Aos meus amados irmãos,*

*João Paulo e Renato, pelo constante amor, apoio caloroso e inabalável, pela bondade e pureza de alma. Pessoas que me motivam a viver e sonhar a todo momento.*

*À eterna amiga,*

*Elisa, pela cumplicidade, força inestimável, estímulo incansável e por estar sempre de braços abertos para me ajudar. Você é muito importante e especial para mim.*

*Por todos vocês, ainda irei realizar muitos sonhos.*

*Com todo o meu amor e gratidão,  
OFEREÇO*

*“Aprender será, sempre, reconhecer. Reconhecer no sentido de reaprender as pequenas diferenças que nunca se tinham vislumbrado em tudo o que sabemos, tornando cada conhecimento mais simples, mais útil, mais humano. E reconhecer como sinônimo de gratidão para com aqueles que tenham percebido que a tarefa preponderante de um educador não é fornecer conhecimentos, mas não deixar que se apague o nosso desejo de aprender.”*

*Eduardo Sá*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me ensinar a cada dia o sentido da vida.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Valdomiro Shigueru Miyada, pela amizade e orientação, pelos conhecimentos compartilhados durante toda a minha trajetória, por suas múltiplas e excelentes sugestões e por nunca deixar de acreditar em mim. Obrigada por inserir tamanha evolução científica e pessoal em minha formação. Minha eterna gratidão!

Ao Prof. Dr. Irineu Humberto Packer, pelos valiosíssimos conselhos e sugestões no momento da análise dos dados e por investir seu tempo precioso nos esclarecimentos de minhas dúvidas. Muito obrigada!

Ao Prof. Dr. José Fernando Machado Menten, pelos ensinamentos que muito contribuíram para a minha formação. Sou grata por tudo.

À empresa Nutron Alimentos Ltda., pelo apoio financeiro para realização deste estudo.

À Profa. Dra. Carmen Josefina Contreras Castillo, pela oportunidade de realização das análises laboratoriais de qualidade da carne.

Aos Profs. Raul Machado Neto, Eduardo Francisquine Delgado e Raul Dantas D’Arce, que juntos estimularam minha curiosidade e proporcionaram excelentes e inesquecíveis momentos de aprendizado em fisiologia animal. Muito obrigada por tudo!

Ao Prof. Luiz Cláudio Jubilato, pelo seu nível de exigência e por me ajudar a entender melhor a diferença entre escrever e falar. Muito obrigada!

Agradeço muitíssimo à querida amiga Patrícia W. Z. Pereira, pela amizade demonstrada desde que nos conhecemos, pelo nível de lealdade verdadeiramente incomum, pela cumplicidade e ter sempre o conselho certo na hora certa. Estou mais agradecida do que sou capaz de dizer.

À amiga Aline M. C. Racanicci, pela amizade e por toda ajuda e atenção a mim despendida que contribuíram sobremaneira para a minha projeção profissional. Obrigada por sua incansável capacidade de partilhar comigo seus conhecimentos.

À amiga Ana Beatriz Traldi, por me proporcionar constantemente a oportunidade de trocar idéias em ambientes muito diversos. Obrigada por me estimular com suas corajosas atitudes, tornando cada passo mais fácil.

Toda minha gratidão aos amigos Leandro B. Costa e Bernardo Berenchtein, pela amizade, pela inestimável dedicação e colaboração durante a condução do experimento e por ter feito um trabalho difícil parecer fácil. Isso não passou despercebido. Gostaria sempre de trabalhar com vocês.

Agradeço de coração, ao grande amigo Marcos L. P. Tse, por seu entusiasmo arrebatador, sua sabedoria e competência profissional. Obrigada por toda experiência profissional e de vida. Jamais esquecerei sua constante ajuda.

Às amigas Ligianne D. Shirahigue, Tâmara Z. Silva e Valéria A. Godoy, pelo grande auxílio e dedicação durante as análises laboratoriais de qualidade da carne. Vocês foram essenciais. Muito obrigada pelo profundo comprometimento com este estudo.

À amiga Carla de Andrade, pelos momentos de descontração e por contribuir para o meu aprimoramento pessoal, tornando os dias mais alegres.

À amiga Petra L. Y. C. Chang, pelas risadas e por sempre me mostrar um outro lado.

Ao recente amigo Amoracyr J. C. Nuñez, por seu talento, sua gentileza e parceria nas aventuras do mundo digital, facilitando meu desempenho nos momentos finais deste trabalho.

À Adriana Figueiredo, pelo apoio e atenção despendida.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP, José Pires Alves Sobrinho (Sr. Pires), Gilberto Aliberti Júnior e Leonilço Ramos (Léo), pela infinita paciência, troca de experiências e constante colaboração para a realização do experimento. Muito obrigada de coração!

Ao funcionário da Fábrica de Ração do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP, Antônio Carlos Oliva (Carlão), por sempre estar disposto a me auxiliar na confecção das dietas experimentais. Obrigada por sua fantástica disposição e bom humor!

Aos funcionários de campo do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP, José Augusto Alves (Gusto), José Knapik (Gaúcho), Paulo Marcos de Oliveira (Paulinho), Sr. Mário Aguiar, Ednézio Klimasewski, Gilberto Duarte, Sr. Antônio Ladeira, Otávio Birolo, Alexandre Soares, Luis Fernando Rocha, Francisco Oliveira e Airton Bonato, por toda colaboração despendida nesta pesquisa.

Aos funcionários e colegas do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP, José Henrique Rocha (Ike), Roseli de Almeida (Dna. Rose), Vera Lucia Graciano e Eleonora S. Baeza, pelos momentos vividos, atenção e carinho desprendido no dia a dia com a minha pessoa. Vocês foram extremamente importantes para mim!

Aos amigos e companheiros de caminhada, Julieta Santarosa, Pricila V. Rizzo, Karen P. Tunin, Mohamed Salem, Fabianne L. Silva, pelo convívio e momentos de descontração.

Aos amigos, Urbano S. Ruiz, Pedro Henrique Watanabe, Leonardo A. F. Pascoal e Susana Z. Silva, pela verdadeira amizade e por me ensinarem a ter espírito incansável de trabalho. Aprendi muito com vocês e sou grata por todos os momentos que me concederam!

À minha querida amiga Liliane de P. R. Luiz, por toda cumplicidade e energia inesgotável, que mesmo longe se fez tão presente na minha vida, em todos os momentos.

Sou mais que grata à maravilhosa amiga Elisa T. A. da Silva, por tudo o que passamos, pela forma como lidamos, superamos e crescemos; cujo entusiasmo, lealdade, ajuda sinérgica e encorajamento significaram para mim mais do que ela jamais saberá.

Aos meus padrinhos, Cláudio César e Regiane, e filhos, Henrique e Gisele, por todos os momentos de alegria e imenso apoio que me deram nesta etapa da minha vida.

Aos meus avôs paternos, Sílvio (*in memoriam*) – vivo em minhas lembranças – e Gilka, e avôs maternos, Antonio e Dolores, pessoas iluminadas por Deus, e que foram, são e sempre serão meus anjos da guarda, em qualquer circunstância.

Agradeço especialmente aos meus amados pais, Sérgio Antônio e Elizabeth, e meus adoráveis irmãos João Paulo e Renato, por todo amor, pelo apoio indispensável ao desempenho de minhas atividades e pela compreensão nos momentos em que tive de privá-los de minha atenção e companhia. Vocês inundam a minha vida com carinho, felicidade e muito amor. Minha eterna gratidão! Amo demais vocês!

Por fim, a todas as pessoas que sempre estiveram dispostas a me ajudar e vibram com minhas conquistas.



## SUMÁRIO

RESUMO .....	10
ABSTRACT .....	11
LISTA DE FIGURAS .....	12
LISTA DE TABELAS .....	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 DESENVOLVIMENTO.....	16
2.1 Crescimento e diferenciação do tecido muscular .....	16
2.2 Crescimento e diferenciação do tecido adiposo .....	17
2.3 Partição da deposição tecidual no crescimento dos suínos .....	18
2.4 Aditivos modificadores do metabolismo animal.....	19
2.4.1 Ractopamina.....	20
2.4.1.1 Estrutura química e atividade biológica da ractopamina .....	20
2.4.1.2 Receptores beta-adrenérgicos .....	21
2.4.1.3 Modelo de ação da ractopamina .....	23
2.4.1.4 Efeitos da ractopamina sobre os tecidos muscular e adiposo.....	26
2.4.1.5 Fatores que interferem na resposta à ractopamina.....	27
2.4.2 Cromo-metionina .....	30
2.4.2.1 Essencialidade e biodisponibilidade do cromo .....	30
2.4.2.2 Estrutura química do cromo-metionina .....	31
2.4.2.3 Modelo de ação do cromo .....	32
2.4.2.4 Efeito do cromo na forma orgânica sobre os tecidos muscular e adiposo.....	34
2.5 Parâmetros de qualidade da carne .....	36
2.5.1 Aparência .....	37
2.5.2 pH.....	39
2.5.3 Capacidade de retenção de água .....	40
2.6 Efeitos da ractopamina e do cromo sobre a qualidade da carne suína .....	41
2.7 Material e métodos .....	42
2.7.1 Instalações experimentais e animais .....	42
2.7.2 Tratamentos e dietas basais.....	42
2.7.3 Experimento.....	47

2.7.3.1	Desempenho.....	47
2.7.3.2	Características de carcaça .....	47
2.7.3.3	Qualidade da carne.....	48
2.7.3.3.1	Cor .....	48
2.7.3.3.2	pH final.....	49
2.7.3.3.3	Perda de peso por gotejamento.....	49
2.7.4	Delineamento experimental e análise dos dados .....	50
2.8	Resultados e discussão .....	50
2.8.1	Desempenho.....	50
2.8.2	Características de carcaça .....	54
2.8.3	Qualidade da carne.....	57
3	CONCLUSÕES .....	60
	REFERÊNCIAS .....	61
	APÊNDICES .....	83

## RESUMO

### **Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação**

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da ractopamina, cromo-metionina e suas combinações nas dietas de suínos em crescimento e terminação sobre o desempenho, as características de carcaça e a qualidade da carne. Sessenta e quatro suínos da linhagem Topigs, com peso médio inicial de  $26,56 \pm 3,11$  kg, foram distribuídos em um delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial  $2 \times 2$ , sendo dois níveis de ractopamina (0 e 5 ppm) e dois níveis de cromo-metionina (0 e 400 ppb), perfazendo quatro tratamentos. Os tratamentos foram: C – controle: dieta basal constituída por milho e farelo de soja; Rac – ractopamina: dieta basal com a inclusão de 5 ppm de ractopamina dos 70,32 aos 114,80 kg de PV; Cr-Met – cromo-metionina: dieta basal com a inclusão de 400 ppb de cromo-metionina dos 26,56 aos 114,80 kg de PV; Rac + Cr-Met – ractopamina + cromo-metionina: dieta basal com a inclusão de 400 ppb de cromo-metionina dos 26,56 aos 114,80 kg de PV e 5 ppm de ractopamina dos 70,32 aos 114,80 kg de PV. Foram utilizados oito repetições (blocos) por tratamento e dois animais por unidade experimental (um macho castrado e uma fêmea). O período experimental foi dividido em três fases, de acordo com o peso dos animais: crescimento I: 26,56 aos 50,51 kg de PV; crescimento II: 50,51 aos 70,32 kg de PV e a terminação: 70,32 aos 114,80 kg de PV. Ao atingirem o peso vivo médio de  $114,80 \pm 4,98$  kg, os animais foram submetidos a jejum sólido de 24 horas e, posteriormente, encaminhados ao abate. As meias-carcaças foram resfriadas por cerca de 24 horas e avaliadas para o rendimento de carcaça fria, comprimento de carcaça, espessura de toucinho, área de olho-de-lombo e relação gordura:carne. Amostras do músculo *Longissimus dorsi* de cada animal, foram coletadas 24 horas *post mortem* para as mensurações da cor, pH e perda de peso por gotejamento da carne. A suplementação de ractopamina melhorou a conversão alimentar ( $P=0,05$ ) e algumas características de carcaça [rendimento de carcaça fria ( $P=0,05$ ), área de olho-de-lombo ( $P<0,004$ ) e relação gordura:carne ( $P<0,04$ )], sem, contudo, alterar a espessura de toucinho ( $P>0,05$ ). Além disso, a adição de ractopamina na dieta dos suínos acarretou diminuição na perda de peso por gotejamento ( $P<0,05$ ), bem como nos valores de  $a^*$  ( $P<0,004$ ) e  $b^*$  ( $P<0,05$ ) da carne. O cromo-metionina, embora tenha ocasionado redução no consumo diário de ração ( $P<0,03$ ), não alterou as demais variáveis de desempenho ( $P>0,05$ ), nem as características de carcaça ( $P>0,05$ ) e a qualidade da carne ( $P>0,05$ ) dos suínos. A suplementação associada de ractopamina com cromo-metionina não afetou o desempenho ( $P>0,05$ ), as características de carcaça ( $P>0,05$ ) e, tampouco, a qualidade da carne dos animais ( $P>0,05$ ). Portanto, o presente estudo mostrou que apenas a inclusão de ractopamina na dieta contribuiu para a melhoria do desempenho, características de carcaça e até mesmo da qualidade da carne dos suínos.

Palavras-chave: Aditivos; Agonista beta-adrenérgico; Carcaça; Carne; Desempenho; Suínos

## ABSTRACT

### **Ractopamine, chromium-methionine and their combinations as metabolism modifier feed additives of growing and finishing pigs**

The purpose of this study was to evaluate the effect of ractopamine, chromium-methionine and their combinations in growing and finishing diets on performance, carcass traits and meat quality of pigs. Sixty-four pigs of Topigs genetic with  $26.56 \pm 3.11$  kg initial live weight were used in a randomized complete block design experiment, in a 2 x 2 factorial arrangement [two ractopamine levels (0 and 5 ppm) and two chromium-methionine levels (0 and 400 ppb)], resulting four treatments. The treatments were: C – control: basal diet with corn and soybean meal; Rac – ractopamine: basal diet with the inclusion of 5 ppm de ractopamine dos 70.32 to 114.80 kg; Cr-Met – chromium-methionine: basal diet with the inclusion of 400 ppb of chromium-methionine dos 26,56 to 114,80 kg; Rac + Cr-Met – ractopamine + chromium-methionine: basal diet with the inclusion of 400 ppb of chromium-methionine dos 26,56 to 114,80 kg and 5 ppm of ractopamine dos 70.32 to 114.80 kg. Eight replications (blocks) per treatment and two animals per experimental unit (one barrow and one gilt) were used. The experimental period was divided in three phases according to average live weight of animals: growing I: 26.56 to 50.51 kg BW, growing II: 50.51 to 70.32 kg BW and finishing: 70.32 to 114.80 kg BW. When pigs reached  $114.80 \pm 4.98$  kg BW, a 24-hour-fasting period was given to animals before slaughter. Pig carcasses were stored for 24 hours in cold camera and then data of cold carcass yield, carcass length, backfat thickness, loin eye area and fat area/loin eye area ratio were registered. Samples of *Longissimus dorsi* of each animal were taken 24 hours *postmortem* to determine colour, pH and drip loss of meat. Ractopamine improved feed conversion ( $P=0.05$ ) and some carcass traits [cold carcass yield ( $P=0.05$ ), loin eye area ( $P<0.004$ ), fat area/loin eye area ratio ( $P<0.04$ ), but not affect the backfat thickness ( $P>0.05$ )]. Ractopamine reduced water drip loss ( $P<0.05$ ), a\* ( $P<0.004$ ) and b\* ( $P<0.05$ ) values of meat. Chromium-methionine decreased daily feed intake ( $P<0.03$ ), but did not affect the carcass traits ( $P>0.05$ ) and meat quality ( $P>0.05$ ) of pigs. Combination of ractopamine and chromium-methionine did not affect performance ( $P>0.05$ ), carcass traits ( $P>0.05$ ) and meat quality ( $P>0.05$ ) of animal. Therefore, this study showed that only ractopamine can enhance performance, carcass traits and some meat quality traits of pigs.

Keywords: Additives; Beta-adrenergic agonist; Carcass; Meat; Performance; Pigs

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – (a) Estrutura química geral das fenetanolaminas. (b) Estrutura química da ractopamina. ....	20
Figura 2 – Modelo de ação dos agonistas beta-adrenérgicos.....	24
Figura 3 – Estrutura química do cromo-metionina .....	31
Figura 4 – Modelo de ação do cromo .....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição percentual e valores calculados das dietas experimentais da fase de crescimento I.....	44
Tabela 2 – Composição percentual e valores calculados das dietas experimentais da fase de crescimento II.....	45
Tabela 3 – Composição percentual e valores calculados das dietas experimentais da fase de terminação .....	46
Tabela 4 – Médias de peso vivo inicial (PI), peso vivo final (PF), consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), e conversão alimentar (CA) dos animais.....	51
Tabela 5 – Médias do rendimento de carcaça fria (RCF), comprimento de carcaça (CC), espessura de toucinho média (ETM), área de olho-de-lombo (AOL) e relação gordura:carne (RGC) dos animais.....	54
Tabela 6 – Médias dos parâmetros de cor ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ), pH final e perda de peso por gotejamento (PPG) do músculo <i>Longissimus dorsi</i> .....	57

## 1 INTRODUÇÃO

A suinocultura cada vez mais se solidifica como uma atividade de extrema valia no cenário nacional de produção de proteína animal. Assim como outras atividades do agronegócio brasileiro, esta vem crescendo substancialmente, promovendo o desenvolvimento de uma cadeia produtiva extremamente complexa. Em 2007, o Brasil produziu 2.998.000 toneladas de carne suína, sendo 88,19% oriunda de sistemas de exploração comercial (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA – ABIPECS, 2008). Com isso, foi registrado um crescimento de 4,45% da produção industrial em relação ao ano de 2006, enquanto a produção de subsistência manteve-se em declínio (ABIPECS, 2008).

O Brasil, tradicionalmente, não é um grande consumidor de carne suína. Em 2002, o consumo per capita de carne suína foi de 13,8 kg, enquanto em 2007, observou-se um quadro muito semelhante, perfazendo um consumo per capita de 13,0 kg (ABIPECS, 2008). Estima-se que, deste montante, cerca de 70% seja referente a produtos industrializados e apenas 30% a carne fresca ou *in natura* (ECKHARDT et al., 2008). Diante deste cenário, percebe-se um grande contraste em relação à realidade mundial. A carne suína é a fonte de proteína animal mais consumida no mundo, apresentando valores de consumo per capita variáveis, desde 3 kg na África do Sul a, por exemplo, 64 kg na Dinamarca (NGAPO; MARTIN; DRANSFIELD, 2007). De maneira distinta, percebe-se que nos países com tradição de consumo de carne suína, a maior percentagem desta é ingerida na forma de carne fresca (ECKHARDT et al., 2008). Atribui-se ao baixo consumo nacional a formação de uma imagem negativa associada à carne suína, resultante de uma série de fatores culturais e educacionais enraizados na sociedade brasileira relacionados a possíveis efeitos deletérios da carne suína à saúde humana como, por exemplo, propiciar doenças cardiovasculares e transmissão de verminoses (SCHLINDWEIN; KASSOUF, 2006).

Nos últimos anos, em decorrência das exigências dos consumidores modernos, relativas a mudanças nas preferências e hábitos alimentares, ou seja, maiores quantidades de cortes nobres, têm-se adotado novas tecnologias na área de nutrição, dentre as quais pode-se destacar o uso de aditivos modificadores do metabolismo animal. Neste aspecto, os agonistas beta-adrenérgicos, como a ractopamina, e o cromo na forma orgânica têm demonstrado capacidade de acarretar o aumento da massa muscular esquelética por meio da hipertrofia celular,

ao mesmo tempo em que reduz consideravelmente os teores de gordura das carcaças (SCHINCKEL et al., 2001). No entanto, a utilização em larga escala na produção animal depende de estudos que esclareçam as mudanças nas exigências nutricionais dos animais submetidos aos modificadores do metabolismo (GONZALES; BERTO; MACARI, 1993).

Apesar de comprovada a ação da ractopamina, existem poucas informações sobre o uso do cromo, na forma inorgânica ou orgânica, como potencial modificador do metabolismo dos suínos e, conseqüente, mudança na carcaça do animal. Os resultados encontrados na literatura no que concerne a este mineral essencial são controversos e pouco conclusivos. Além disso, pouco se sabe sobre os efeitos da suplementação associada de ractopamina com cromo na forma orgânica em dietas para suínos. Assim, este trabalho teve como objetivo estudar os efeitos da ractopamina, cromo-metionina e suas combinações sobre o desempenho, as características de carcaça e a qualidade da carne de suínos em crescimento e terminação.



## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Crescimento e diferenciação do tecido muscular**

Originário do mesoderma, o tecido muscular esquelético é constituído por células alongadas denominadas fibras musculares ou miofibras, que contêm grande quantidade de filamentos citoplasmáticos de proteínas contráteis, sendo as principais a actina e a miosina (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004b). De maneira geral, a massa muscular do animal é resultante do número e tamanho de fibras musculares, sendo o número de fibras determinado nos estádios iniciais do desenvolvimento embrionário, enquanto o volume das miofibras aumenta durante o período de crescimento pós-natal (COUTINHO; GABRIEL; ALVARES, 1999).

O crescimento da musculatura esquelética durante o desenvolvimento embrionário é conhecido como miogênese (KOKTA et al., 2004). O processo de miogênese compreende dois eventos distintos: (1) determinação – as células pluripotentes multiplicam-se e são mobilizadas para o processo miogênico, transformando-se em mioblastos, fenômeno nomeado de hiperplasia; e (2) diferenciação – os mioblastos unem-se para a formação de células multinucleadas, denominadas miotúbulos (SCHIERHOLT et al., 2004). A diferenciação ocorre quando os genes dos miotúbulos iniciam sua expressão-específica, assim as células param de se multiplicar e as fibras musculares passam a crescer quase que somente em volume, fenômeno conhecido como hipertrofia (COUTINHO; GABRIEL; ALVARES, 1999). A hipertrofia ocorre primeiramente no sentido longitudinal da fibra muscular em virtude do aumento do número de sarcômeros e, posteriormente, ocorre um aumento do diâmetro pela deposição de proteínas miofibrilares (BRIDI; SILVA; HIOSHI, 2008).

Durante a miogênese, as fibras musculares desenvolvem-se em duas populações distintas (BRIDI; SILVA; HIOSHI, 2008). As fibras que se formam nos primeiros estágios da fusão dos mioblastos são denominadas fibras primárias ou vermelhas, que apresentam quantidade abundante de mioglobina e mitocôndria, além de realizarem contrações lentas (KOKTA et al., 2004). Quando a inervação se estabelece no embrião, ocorre a segunda diferenciação dos mioblastos e, assim, formam-se as fibras secundárias, ou também conhecidas como brancas, que possuem contrações rápidas (KOKTA et al., 2004). Uma terceira população de mioblastos não se diferencia em fibras musculares, sendo denominada células satélites em razão da sua localização

anatômica na periferia de fibras musculares multinucleadas maduras (FOSCHINI; RAMALHO; BICAS, 2004).

As células satélites fazem parte de uma população de células com grande atividade mitogênica que contribuem para o crescimento muscular pós-natal, reparo de fibras musculares danificadas e a manutenção do músculo esquelético adulto (FOSCHINI; RAMALHO; BICAS, 2004). São células mononucleadas, cuja membrana basal está em continuidade com a membrana basal da miofibra (BRIDI; SILVA; HIOSHI, 2008). Enquanto o tecido muscular esquelético mantém-se livre de agressões, as células satélites permanecem em estado de quiescência (FOSCHINI; RAMALHO; BICAS, 2004). Entretanto, em resposta a estímulos como hipertrofia muscular, remodelação ou trauma, as células satélites são ativadas, proliferam-se por divisão mitótica e expressam fatores regulatórios de miogênese como *MyoD*, *Myf-5*, *MRF-4* e *miogenina* (KOKTA et al., 2004). Assim, estas células fundem-se as fibras musculares pré-existent, contribuindo para a hipertrofia do músculo ou fundem-se as células satélites vizinhas para gerar novas fibras musculares esqueléticas (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004b).

## **2.2 Crescimento e diferenciação do tecido adiposo**

O tecido adiposo é um tipo especial de tecido conjuntivo, portanto de origem mesodérmica, caracterizado por sua capacidade de armazenamento de energia, sob a forma de triglicerídeos (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004a). As células adiposas, comumente denominadas adipócitos, apresentam pequena quantidade de citoplasma funcionante e são adaptadas à estocagem e liberação de energia, contribuindo para a homeostase energética do organismo animal (FRÜHBECK et al., 2001). Nos mamíferos, existem dois tipos de tecido adiposo: o branco e o marrom (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004a). O adipócito branco maduro armazena triglicerídeos em uma única e grande gota lipídica que ocupa 85-90% do citoplasma, deslocando o núcleo e uma fina camada de citosol para a periferia da célula (FONSECA-ALANIZ et al., 2006). Praticamente todo o tecido adiposo presente nos animais adultos é branco, enquanto o tecido adiposo marrom, especializado na termogênese, é encontrado nos mamíferos hibernantes, fetos e recém-nascidos (FONSECA-ALANIZ et al., 2006).

Os estudos sobre o processo de diferenciação do tecido adiposo, fenômeno denominado adipogênese, têm sido extensivamente realizado *in vitro*, com o intuito de desvendar

a base molecular e celular do desenvolvimento do referido tecido (GREGOIRE; SMAS; SUL, 1998). A partir de estudos morfológicos realizados em embriões de suínos comprovou-se que a adipogênese inicia-se antes do nascimento (FONSECA-ALANIZ et al., 2006). Após o nascimento, ocorre uma expansão rápida do tecido adiposo branco, como resultado do aumento do número e, principalmente, do tamanho das células, sendo que o potencial de gerar novas células adiposas persiste mesmo na fase adulta (GREGOIRE; SMAS; SUL, 1998). Portanto, as células adiposas não são previamente estabelecidas como as fibras musculares, sendo continuamente formadas durante o crescimento do animal (MERSMANN, CAREY, SMITH, 1997).

O atual entendimento da diferenciação dos adipócitos indica que precursores de células troncos pluripotentes são capazes de originar células precursoras mesenquimais com o potencial de diferenciarem-se em mioblastos, condroblastos, osteoblastos e pré-adipócitos (GREGOIRE; SMAS; SUL, 1998). A diferenciação dos pré-adipócitos em adipócitos é um processo altamente controlado por fatores de transcrição adipogênicos, incluindo o receptor gama ativado por proliferadores de peroxissomas (PPAR $\gamma$ ) e as proteínas ligantes ao amplificador CCAAT (C/EBPs) (FONSECA-ALANIZ et al., 2006). Durante a fase inicial da diferenciação, há intensa proliferação dos pré-adipócitos, bem como expressão da lipase lipoprotéica (LPL) (KOKTA et al., 2004). Cessada a proliferação, as células sintetizam glicerol-3-fosfato desidrogenase (GPDH) e ácido graxo sintetase (FAS), caracterizando o término da diferenciação (KOKTA et al., 2004). Com isso, as células começam a acumular lipídeos no citosol e adquirem sensibilidade à insulina, sendo nomeadas de adipócitos (GREGOIRE; SMAS; SUL, 1998).

### **2.3 Partição da deposição tecidual no crescimento dos suínos**

O crescimento é resultante da progressiva deposição de nutrientes e seus metabólitos, que se inicia na concepção e prossegue até a obtenção da maturidade dos tecidos que compõem o animal (COUTINHO, 1990). Dentre os principais tecidos constituintes da carcaça suína, o tecido ósseo é o primeiro a atingir a máxima deposição, apresentando a partir de então acréscimo praticamente constante (BOGGS; MERKEL, 1993). Em contrapartida, os tecidos muscular e adiposo apresentam diferentes padrões de deposição durante o desenvolvimento do animal, com pontos distintos de máximo acúmulo (BUDIÑO; FRAGA, 2006).

O crescimento de um suíno segue normalmente um padrão sigmóide e apresenta características alométricas (PENZ JÚNIOR; VIOLA, 1998). Nos estágios iniciais de crescimento, os suínos têm seu metabolismo dirigido prioritariamente para funções proteínogênicas e lipolíticas em detrimento das proteolíticas e lipogênicas, resultando em um processo que favorece a deposição da massa muscular (GONZALES; BERTO; MACARI, 1993). Durante a maturidade, o crescimento cessa, pois o suprimento de nutrientes é igual às necessidades oxidativas e de regeneração de tecidos (COUTINHO, 1990). Assim, observa-se que durante esta fase a deposição de gordura pode superar a deposição de proteína (BERGEN, 1974). Portanto, com o avançar do peso vivo do animal, as carcaças apresentam maior percentagem de gordura em detrimento do menor conteúdo relativo de carne (BERTOL; LUDKE; BELLAVER, 2001).

#### **2.4 Aditivos modificadores do metabolismo animal**

Aditivos são substâncias ou microrganismos adicionados intencionalmente aos alimentos com a finalidade de conservar, intensificar ou modificar suas propriedades desejáveis ou suprimir suas propriedades indesejáveis de modo, a afetar ou melhorar as características do alimento ou dos produtos animais (BRASIL, 2004; COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 1998). Dentre os aditivos, os modificadores metabólicos têm grande utilidade na produção animal, uma vez que possuem a capacidade de alterar o crescimento animal (COUTINHO, 1990).

Os aditivos modificadores do metabolismo animal podem melhorar as taxas de acreção protéica, modificar a proporção da proteína em relação à gordura, alterar o perfil de ácidos graxos na carne ou alterar o metabolismo *post mortem* (RADCLIFFE, 2004). Muitos modificadores metabólicos compõem-se de vitaminas (CORINO et al., 1999), metabólitos vitamínicos (LAWRENCE et al., 2002) e compostos semelhantes à vitamina (HEO et al., 2000), que fornecem benefícios adicionais à carcaça quando adicionados além das exigências dos animais. Além disso, têm sido utilizados como aditivos modificadores do metabolismo animal, os agonistas beta-adrenérgicos e minerais essenciais, dentre os quais se destacam a ractopamina e o cromo na forma orgânica, respectivamente. Estes aditivos redirecionam os nutrientes para o anabolismo protéico em detrimento do lipídico, contribuindo sobremaneira para a melhoria da carcaça do animal (LINDEMANN et al., 1995; SCHINCKEL et al., 2001).

## 2.4.1 Ractopamina

### 2.4.1.1 Estrutura química e atividade biológica da ractopamina

A ractopamina é um agonista beta-adrenérgico pertencente à família das fenetanolaminas pelo fato de possuir uma estrutura essencialmente constituída por um anel aromático substituível, uma cadeia lateral com o grupo etanolamina e um nitrogênio alifático, conforme mostra a Figura 1 (SMITH, 1998). Dessa maneira, a ractopamina é uma substância pertencente a uma classe genérica de catecolamina que apresenta estrutura e propriedades farmacológicas análogas à epinefrina e norepinefrina, porém de ação mais específica sobre receptores adrenérgicos do tipo beta (GONZALES; BERTO; MACARI, 1993).

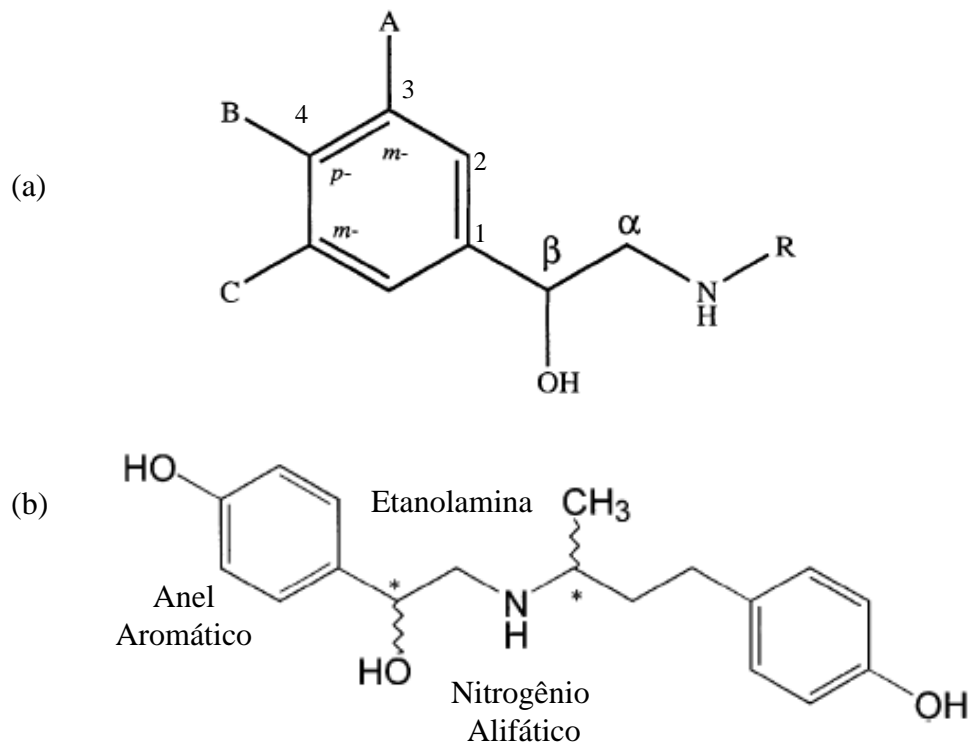


Figura 1 - (a) Estrutura química geral das fenetanolaminas. (b) Estrutura química da ractopamina. Onde: A, B e C: posições de substituição no anel aromático; *m*:- posição *meta* (substituições nos carbonos 1 e 3), *p*:- posição *para* (substituições nos carbonos 1 e 4), \*: carbono quiral (assimétrico).

Fonte: Adaptado de Smith (1998)

Como se depreende da análise da Figura 1, a ractopamina é constituída por dois centros quirais, fato que possibilita a formação de quatro estereoisômeros, RR, RS, SR, SS (RICKE et al., 1999). Portanto, a preparação comercial da ractopamina é uma mistura equimolar dos quatro estereoisômeros (MILLS et al., 2003; SMITH, 1998), originando uma mistura racêmica (RICKE et al., 1999).

Como atribuições primárias das ações dos agonistas beta-adrenérgicos é conferido ao anel aromático uma importância ligada à potência, enquanto à cadeia lateral é imputada a seletividade (MORGAN, 1990). Os mecanismos químicos envolvidos na potência devem-se, principalmente, às ligações de hidrogênio e à transferência de cargas, enquanto a afinidade para os receptores do tipo beta depende, fundamentalmente, da propriedade estereo-seletiva da cadeia lateral aminada (RAMOS; SILVEIRA, 2001). Assim, para um agonista beta-adrenérgico ter atividade biológica, é necessário que apresente um anel aromático com, pelo menos, uma substituição em A, B e/ou C (Figura 1), um grupo hidroxila no carbono beta do radical amina em configuração R e um nitrogênio carregado positivamente na cadeia etanolamina, sendo este plenamente substituível no nitrogênio alifático para conferir especificidade aos receptores do tipo beta (SMITH, 1998).

Para evitar inativação rápida dos agonistas beta-adrenérgicos por ação da enzima catecol-O-metil transferase (COMT), sintetizaram-se compostos nos quais as hidroxilas do anel aromático foram substituídas por átomos de halogêneos (PALERMO NETO, 2002). De fato, as substituições que são compatíveis com a ligação aos receptores beta<sub>2</sub>-adrenérgicos previnem a fenetanolamina de uma rápida metabolização, ocasionando uma meia-vida mais longa para os compostos obtidos (PALERMO NETO, 2002). Entretanto, pelo fato de a ractopamina apresentar substituição na posição *para* (carbono 4) do anel aromático pelo grupo hidroxila, originando um simples fenol, não é considerada substrato para a COMT, sendo rapidamente hidrolisada por enzimas presentes no fígado e intestino delgado dos animais (SMITH, 1998).

#### **2.4.1.2 Receptores beta-adrenérgicos**

O interesse pelos mecanismos responsáveis pela resposta celular a determinados estímulos extracelulares tem, há muito tempo, sido motivo de intensa investigação científica (KAHN, 1976). Inicialmente, foi proposto que agentes, quando atuando sobre terminações

nervosas, não interagem diretamente com as células e sim com substâncias receptoras, que seriam as mediadoras da resposta celular (LANGLEY et al., 1905 apud OPIE, 1991). Ehrlich, em 1913, utilizou o termo receptor para designar um grupo químico específico que reagia a determinada droga (LIMBIRD, 2004). Mais tarde, sugeriu-se que a estimulação adrenérgica interagia com dois tipos de receptores, os alfa e beta-adrenérgicos (AHLQUIST, 1948 apud LIMBIRD, 2004). No entanto, foi Kahn, em 1976, quem melhor definiu o termo receptor, como sendo uma molécula ou complexo de moléculas, capaz de reconhecer e interagir com hormônio, droga ou neurotransmissor e, após esta interação, gerar sinal capaz de iniciar uma cadeia de eventos que resulta em resposta biológica.

Os receptores adrenérgicos são classificados em tipos alfa e beta, que são, por sua vez, subclassificados em alfa<sub>1</sub>, alfa<sub>2</sub>, bem como beta<sub>1</sub>, beta<sub>2</sub> e beta<sub>3</sub> (CAO et al., 1998; LIANG et al., 1997; MERSMANN, 2002). A subdivisão alfa refere-se aos eventos pós (alfa<sub>1</sub>) e pré-sinápticos (alfa<sub>2</sub>), enquanto a subdivisão beta receptores é baseada na sua distribuição tissular (FIEMS, 1987). Os receptores do tipo beta<sub>1</sub> predominam nos tecidos cardíacos e sistema nervoso central, enquanto os receptores do tipo beta<sub>2</sub> encontram-se, principalmente, nos tecidos não-neuronais (GONZALES; BERTO; MACARI, 1993). Em certos tecidos, como o adiposo e muscular, receptores do tipo beta<sub>1</sub> e beta<sub>2</sub> podem estar presentes quase que na mesma proporção (TIMERMAN, 1989 apud COUTINHO, 1990). Entretanto, estudos demonstraram que o tecido adiposo dos suínos expressa os três tipos de receptores beta-adrenérgicos, com o beta<sub>1</sub> perfazendo aproximadamente 75%, o beta<sub>2</sub> 20%, e o beta<sub>3</sub> 5% do total dos receptores beta-adrenérgicos no referido tecido (LIANG; MILLS, 2002; McNEEL; MERSMANN, 1999).

As fenetanolaminas representam uma classe de compostos com capacidade de ligarem-se aos receptores alfa e/ou beta-adrenérgicos (SMITH, 1998). Entre os quatro estereoisômeros da ractopamina, o RR provavelmente é o ligante funcional, uma vez que possui alta afinidade e grande habilidade para gerar resposta celular após seu acoplamento com o receptor (MILLS et al., 2003). Estudo baseado em roedores demonstrou que a ractopamina apresenta seletividade para os receptores beta<sub>1</sub>-adrenérgicos (SMITH; LEE; COUTINHO, 1990). Entretanto, nos adipócitos dos suínos, a conformação RR da ractopamina possui afinidade similar para ambos receptores do tipo beta-adrenérgico, tanto beta<sub>1</sub> como beta<sub>2</sub>, sendo classificada como não-seletiva para estes dois subtipos de receptores (MILLS et al., 2003; SPURLOCK; CUSUMANO; MILLS, 1993). Contudo, o sinal transducional é mais eficiente quando o

estereoisômero RR da ractopamina se acopla aos receptores beta<sub>2</sub> em relação aos beta<sub>1</sub>-adrenérgicos, presentes nas células do tecido adiposo dos suínos (MILLS et al., 2003). Assim, o estereoisômero RR mostra-se ser um agonista parcial e completo por meio do receptor beta<sub>1</sub> e beta<sub>2</sub>-adrenérgicos, respectivamente (MILLS; SPURLOCK; SMITH, 2003). A consequência direta deste fato é que, quando o estereoisômero RR comporta-se como agonista completo, seu efeito pode não ser compreendido, particularmente, no tecido adiposo de suínos, onde há predominância de receptores do tipo beta<sub>1</sub> (MILLS et al., 2003).

Os receptores beta<sub>1</sub>-adrenérgicos parecem estar intimamente relacionados com a lipólise, enquanto os receptores beta<sub>2</sub>, possivelmente, não estão envolvidos com a cascata lipolítica (MILLS, 2002). No entanto, apesar do estereoisômero RR da ractopamina ser um agonista parcial mediante os receptores beta<sub>1</sub>, ambos subtipos de receptores, tanto beta<sub>1</sub> como o beta<sub>2</sub>-adrenérgicos, quando acoplados a configuração RR contribuem para a estimulação da lipólise em suínos (MILLS; SPURLOCK; SMITH, 2003). Em adição, é possível que haja competição pelos receptores beta<sub>2</sub>-adrenérgicos entre os múltiplos estereoisômeros presentes na mistura racêmica da ractopamina, fato que limita os efeitos da mistura de estereoisômeros em relação ao estereoisômero RR (MILLS et al., 2003).

#### **2.4.1.3 Modelo de ação da ractopamina**

A ligação da ractopamina ao receptor beta-adrenérgico, seguida da conversão do estímulo extracelular em resposta intracelular, denomina-se sinalização ou via beta-adrenérgica (BARROS; OKOSHI; CICOGNA, 1999). De maneira geral, a via beta-adrenérgica é constituída por receptores beta-adrenérgicos, proteína de ligação estimuladora (G<sub>s</sub>), enzima adenilato ciclase (AC) e monofosfato cíclico de adenosina (AMPc) (McGRAW; LIGGETT, 2005).

As ações mediadas pela ractopamina ocorrem no interior da membrana celular das fibras musculares e adipócitos após a estimulação do receptor beta<sub>2</sub> pelo agonista (PALERMO NETO, 2002). O complexo agonista-receptor fixa-se sobre uma proteína heterotrimérica, G<sub>s</sub>, a qual consiste de três subunidades designadas alfa<sub>s</sub>, beta e gama, e quando na forma inativa, a subunidade alfa<sub>s</sub> encontra-se acoplada à guanina difosfato (GDP) (ANJOS NETO; RASCADO; BENDHACK, 2006). Após a ação da ractopamina, que atua como primeiro mensageiro, sobre o receptor beta<sub>2</sub>, a subunidade alfa<sub>s</sub> substitui o GDP por guanina trifosfato (GTP), dissocia-se das



subunidades beta e gama e, conseqüentemente, o complexo  $\alpha_s$ -GTP induz uma modificação na fluidez da membrana permitindo, assim, o seu deslocamento lateral, o que acarreta a estimulação da ação catalítica da AC (BARROS; OKOSHI; CICOGNA, 1999). A unidade catalítica da AC transforma trifosfato de adenosina (ATP) em AMPc (McGRAW; LIGGETT, 2005). O AMPc, que atua como segundo mensageiro, desempenha papel crucial na ativação de proteínas quinases A (PKA) (MERSMANN, 1998). As PKA, que normalmente encontram-se na forma inativa, são organizadas na forma de tetrâmeros com duas subunidades regulatórias (R) e duas subunidades catalíticas (C) (ANJOS NETO; RASCADO; BENDHACK, 2006). Assim, o AMPc interage com a PKA inativa, liga-se às subunidades R e libera as subunidades C, tornando-a ativa, a qual conduz à fosforilação de enzimas, responsáveis pela resposta final da célula (McGRAW; LIGGETT, 2005), conforme apresentado na Figura 2.

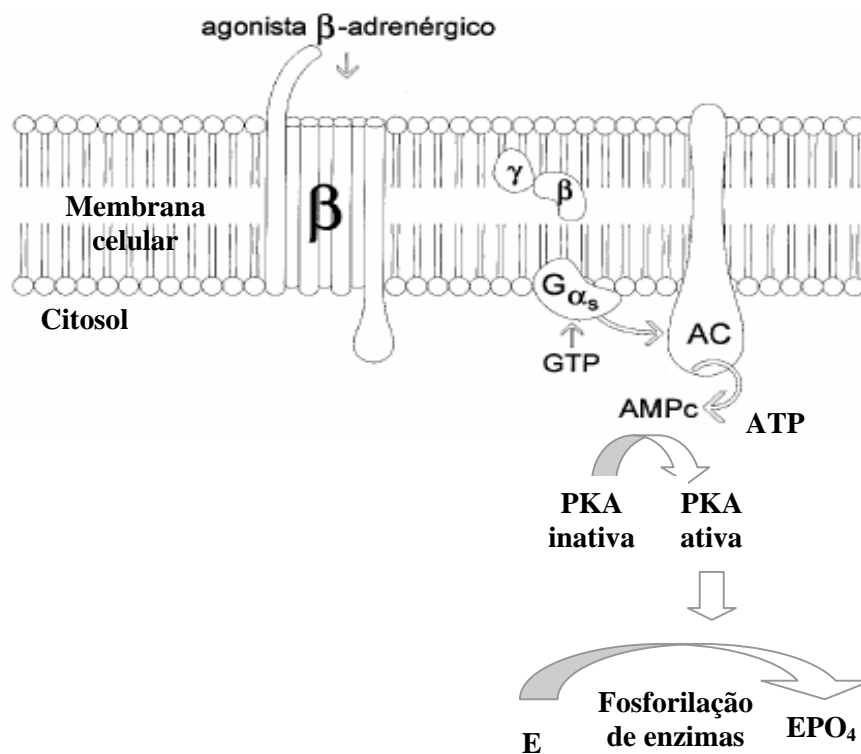


Figura 2 - Modelo de ação dos agonistas beta-adrenérgicos. Onde:  $\beta$ : receptor beta-adrenérgico,  $\gamma/\beta$ : subunidades gama e beta, respectivamente, da proteína de ligação estimuladora,  $G\alpha_s$ : subunidade alfa da proteína de ligação estimuladora, GTP: guanina trifosfato, AC: enzima adenilato ciclase, ATP: trifosfato de adenosina, AMPc: monofosfato cíclico de adenosina, PKA: proteína quinase A, E: enzima, EPO<sub>4</sub>: enzima fosforilada.

Fonte: Adaptado de Barros, Okoshi e Cicogna (1999)

Sob ação contínua do agonista beta-adrenérgico, o AMPc pode ativar uma proteína quinase, a beta-adreno-receptor quinase (beta-ARK) que, ao fosforilar o receptor, o torna inativo, acarretando desacoplamento do complexo receptor-G<sub>s</sub>-adenilato ciclase (LEFKOWITZ; CARON, 1986). Desacoplado do efetor, o receptor passa para o espaço intracitoplasmático, diminuindo momentaneamente o número de receptores disponíveis na membrana (BARROS; OKOSHI; CICOGNA, 1999). Este fenômeno, usualmente denominado dessensibilização, acarreta diminuição da resposta à estimulação beta-adrenérgica promovida pela ractopamina (SPURLOCK et al., 1994). Além disso, no espaço intracitoplasmático, o receptor beta-adrenérgico pode ser consumido, fenômeno este chamado de seqüestro, o que acarreta diminuição do número de receptores celulares (BENOVIC et al., 1988). Esta redução é resultante da interiorização, seqüestro e consumo dos receptores, por mecanismos lisossômicos ou não lisossômicos (RAYMOND et al., 1990) e/ou por diminuição na velocidade de síntese (HADCOCK; WANG; MALBON, 1989). Assim, a densidade dos receptores, isto é, o número de receptores por unidade de sarcolema, não é fixa, podendo reduzir, sendo esta variação denominada *down-regulation* (BARROS; OKOSHI; CICOGNA, 1999). Tanto os receptores beta<sub>1</sub> como os beta<sub>2</sub>-adrenérgicos podem sofrer os processos de dessensibilização e *down-regulation*, porém estes fenômenos são mais expressivos com receptores do tipo beta<sub>2</sub> (ANJOS NETO; RASCADO; BENDHACK, 2006).

Estudos demonstraram que os adipócitos suínos são pouco induzidos à lipólise promovida pela ractopamina, um evento que pode ter sido provocado pela *down-regulation* dos receptores (LIU et al., 1994; MILLS et al., 1990). De fato, foi observado que a ractopamina reduziu em, aproximadamente, 50% a densidade dos receptores beta-adrenérgicos presentes no tecido adiposo de suínos (SPURLOCK et al., 1994). Em contrapartida, a ractopamina não afetou o número de receptores beta-adrenérgicos localizados no músculo esquelético de suínos, apesar do referido agonista apresentar alta afinidade para a população de receptores beta neste tecido (MILLS, 2002). Portanto, a ausência de *down-regulation* dos receptores verificada no músculo esquelético pode ser indicativo de uma interação atípica entre agonista e receptor neste tecido (SPURLOCK et al., 1994).

#### 2.4.1.4 Efeitos da ractopamina sobre os tecidos muscular e adiposo

Um dos efeitos mais conhecidos da ractopamina em suínos é o incremento da musculatura esquelética por meio da hipertrofia das fibras musculares, mais especificamente das fibras brancas e intermediárias (AALHUS et al., 1992). Além disso, foi demonstrado que a estimulação da proliferação e incorporação de células satélites às fibras musculares pré-existentes não são componentes essenciais para a hipertrofia das miofibras (BEERMANN, 2002).

Diversos estudos comprovam que a suplementação de ractopamina para suínos em terminação aumenta a massa muscular (BARK et al., 1992; BUDIÑO et al., 2005; SEE; ARMSTRONG; WELDON, 2004; STAHL et al., 2007), em virtude de um aumento na síntese de proteína (ADEOLA; BALL; YOUNG, 1992) e/ou diminuição na degradação de proteína (COUTINHO, 1990). Provavelmente, o aumento na síntese de proteína no músculo pode ser resultado do aumento da expressão gênica das miofibrilas, pois o incremento na concentração de RNAm da alfa-actina foi observado no músculo de suínos alimentados com ractopamina (BERGEN et al., 1989; GRANT et al., 1993). No entanto, a diminuição na degradação protéica é apoiada pela observação feita por Forsberg et al. (1987) apud Coutinho (1990), na qual redução na atividade da catepsina B, enzima ligada à degradação de proteína, foi constatada com a utilização de agonista beta-adrenérgico. Por outro lado, as atividades de enzimas associadas com a degradação protéica, catepsinas e proteases dependentes de cálcio, não foram alteradas quando suínos foram suplementados com ractopamina (BEERMANN, 2002).

Outro efeito da administração da ractopamina é a diminuição da deposição de gordura na carcaça (LEONARDO, 2008; MARINHO et al., 2007a, b; WATKINS et al., 1990). A eficiência da ractopamina na redução do tecido adiposo do animal pode estar mais relacionada à atividade desta substância em bloquear a lipogênese do que estimular a lipólise (RUTZ; XAVIER, 1998). De fato, foi constatado que a ractopamina reduz a sensibilidade à insulina nos adipócitos suínos (LIU; MILLS, 1990), sendo, portanto, capaz de inibir a lipogênese (MILLS et al., 1990). Por outro lado, estudos *in vitro* com suínos demonstraram que os agonistas beta-adrenérgicos promovem aumento na produção de AMPc, os quais ativam quinases que, por sua vez, fosforilam a enzima limitante na lipólise, ou seja, a lipase hormônio sensível (LHS) (COUTINHO et al., 1989). Em estado ativado, esta enzima promove a quebra de triglicerídeos e, conseqüentemente, aumenta a taxa de lipólise (GARCIA-SAINZ; FAIN, 1982; HERMSDORFF;

MONTEIRO, 2004). Adicionalmente, foi demonstrado que a ractopamina aumenta a apoptose no tecido adiposo branco de ratos (PAGE et al., 2004), fato que pode explicar parcialmente a razão de suínos suplementados com ractopamina geralmente apresentarem menor quantidade de gordura na carcaça (WEBER et al., 2006).

#### **2.4.1.5 Fatores que interferem na resposta à ractopamina**

Diversos fatores podem influenciar a resposta dos suínos suplementados com ractopamina, dentre os quais se destacam a utilização de diferentes populações genéticas, nível de inclusão do agonista nas dietas, período de fornecimento do agonista, nível de lisina, relação lisina:energia metabolizável da ração (SCHINCKEL et al., 2001) e programa alimentar (SMITH et al., 1995).

Suínos com capacidade genética média para deposição de tecido magro apresentaram maior deposição de músculo do que aqueles com baixa capacidade de deposição de tecido muscular quando suplementados com ractopamina (BARK et al., 1989). Da mesma maneira, suínos de alto potencial genético suplementados com ractopamina apresentaram maior taxa de deposição muscular e maior proporção na redução da taxa de acreção de gordura em relação aos suínos de baixo potencial genético (BARK et al., 1992). Esta resposta pode estar relacionada ao maior número de fibras musculares encontradas em suínos com maior propensão ao desenvolvimento muscular, expondo assim um maior número de células à ação dos agonistas beta-adrenérgicos (STAHLY; BARK, 1991). Além disso, é possível que o efeito da ractopamina seja maior em suínos geneticamente melhorados para maior ganho de carne magra, pois a concentração de DNA no músculo é maior (LUNDSTROM et al., 1983). Adicionalmente, diferenças na densidade de receptores beta-adrenérgicos presentes nas células dos tecidos muscular e adiposo entre os genótipos suínos podem influenciar a resposta destes à ractopamina (BÖCKLEN et al., 1986).

A magnitude da resposta à ractopamina é função do seu nível de inclusão às dietas (STAHLY; BARK, 1991). De modo geral, os níveis de inclusão de ractopamina à dieta de suínos variam de 5 a 20 ppm (WATKINS et al., 1990). A suplementação de 10 ou 20 ppm de ractopamina para suínos em terminação proporcionou ganho mais rápido e mais eficiente (CROME et al., 1996). Da mesma maneira, não foi verificado efeito adicional da ractopamina ao

nível de 20 ppm para o ganho diário de peso em relação ao nível de 10 ppm (BELLAVÉR et al., 1991). Portanto, a inclusão de 10 e/ou 20 ppm de ractopamina à dieta de suínos melhora o desempenho e as características de carcaça dos animais (BUDIÑO et al., 2005). No entanto, provavelmente, os atuais suínos selecionados para ganho de carne magra e para conversão alimentar em carne magra sejam mais sensíveis a níveis inferiores de ractopamina, ou seja, 5 ppm (SCHINCKEL et al., 2001), conforme verificado em estudo em que a suplementação de 5 ppm de ractopamina proporcionou melhora no desempenho, redução na espessura de toucinho e aumentos na percentagem de carne magra e na taxa de deposição de carne magra diária (MARINHO et al., 2007a).

A resposta à ractopamina é alterada pela duração do fornecimento (BARK et al., 1992). Suínos suplementados com níveis constantes de 11,6 ou 20 ppm de ractopamina, durante 35 dias antes do abate, demonstraram menor taxa de crescimento e pior conversão alimentar (HERR et al., 2000). Somente um aumento do nível de ractopamina pode ser capaz de gerar uma taxa maior de crescimento após 35 a 42 dias de utilização do agonista (SCHINCKEL et al., 2001). Entretanto, é possível que os suínos com alta deposição de músculo apresentem resposta à ractopamina com uma menor duração de fornecimento (SCHINCKEL; RICHERT; HERR, 2002). Assim, a ractopamina mostrou-se mais eficaz quando administrada nos últimos 28 dias que antecedem ao abate, uma vez que este período é caracterizado por aumento na deposição de gordura e piora na conversão alimentar (SCHINCKEL et al., 2001). Todavia, melhorias no desempenho e nas características de carcaça de suínos em terminação foram observadas com a suplementação de ractopamina durante 21 dias pré-abate (MARINHO et al., 2007b). Diversos estudos sugerem que a maior resposta à ractopamina ocorre com 14 dias de uso, antes de haver uma redução lenta (MENDES, 2005; WILLIAMS et al., 1994). Isto porque, nas células, a mudança na resposta com períodos prolongados de utilização da ractopamina pode ser atribuída a *down-regulation* dos receptores beta-adrenérgicos, fato que ocasiona atividade parcial do referido agonista (MILLS, 2002).

Dentre todos os aminoácidos essenciais, a lisina é considerada o primeiro aminoácido limitante para o crescimento dos suínos, além de ter uma única função no organismo animal, ou seja, deposição de proteína (MIYADA, 2001). Sendo assim, animais alimentados com dietas que contenham ractopamina devem consumir, aproximadamente, 30% a mais de lisina para atingirem resultados significativos de desempenho e características de carcaça (MITCHELL; SOLOMON;

STEELE, 1991). Por outro lado, Schinckel, Richert e Kendall (2000), relataram que suínos suplementados com ractopamina exigem 41,7% a mais de lisina durante os primeiros 21 dias e 21,5% a mais de lisina após 21 dias. Sugere-se que suínos suplementados com ractopamina exijam, no mínimo, 0,88 % de lisina digestível (WEBSTER et al., 2001). O nível de 0,67% de lisina digestível atende às exigências de suínos em terminação para o desempenho, porém o de 0,87% proporciona melhor características de carcaça, reduzindo a espessura de toucinho e aumentando a percentagem de carne magra, a taxa de deposição de carne magra diária e a profundidade de lombo (MARINHO et al., 2007a). Além disso, dietas formuladas para atender o nível de lisina digestível por meio da inclusão de L-lisina.HCl com o ajuste para os demais aminoácidos para a relação ideal ou pela inclusão de maior quantidade de farelo de soja (aumento do teor de proteína bruta) proporcionaram melhor conversão alimentar em suínos suplementados com ractopamina durante 28 dias pré-abate (MARINHO et al., 2007b).

A exigência de lisina e energia metabolizável (EM) para altos ganhos de carne magra, durante a fase de terminação, é de 0,69% e 3,26 Mcal/kg, respectivamente, que é equivalente a relação lisina:energia metabolizável de 2,11 g/Mcal (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1998). Porém, 1,024% de lisina e 3,30 Mcal/kg de EM, resultando na relação lisina:energia metabolizável de 3,10 g/Mcal, mostrou-se mais eficiente na melhoria do desempenho e características de carcaça de suínos alimentados com 10 ppm de ractopamina durante 28 dias antes do abate (APPLE et al., 2004), fato que dá suporte as conclusões de Webster et al. (2001), os quais relatam que suínos suplementados com ractopamina exigem, no mínimo, 1,0% de lisina.

A restrição alimentar associada à ractopamina proporcionou melhora no ganho de peso e na conversão alimentar, além de aumentar a área de olho-de-lombo de suínos em terminação (SMITH et al., 1995). Além disso, a suplementação de ractopamina associada à restrição alimentar reduziu a quantidade e a percentagem de gordura na carcaça de suínos em terminação, sendo uma alternativa importante para ganhos em bonificação (CANTARELLI, 2007). Todavia, suínos machos castrados em terminação alimentados com ração suplementada com 5 ppm de ractopamina, à vontade ou restrita, apresentaram maior peso final, melhorias no ganho diário de peso e na conversão alimentar, além de aumentar a área de olho-de-lombo dos animais (CANTARELLI, 2007).

## 2.4.2 Cromo-metionina

### 2.4.2.1 Essencialidade e biodisponibilidade do cromo

A primeira constatação de que o cromo é um nutriente essencial para os mamíferos foi demonstrada em ratos por Schwartz e Mertz (1959), após terem sugerido que um composto, denominado fator de tolerância à glicose (GTF), sendo o cromo o componente ativo, pudesse ser encontrado na levedura (MERTZ, 1993).

O cromo é considerado um mineral traço essencial que representa menos que 0,01% do total da massa corporal dos animais (OLIVEIRA et al., 2007). Quimicamente, existe em vários estados de oxidação desde as valências -2 a +6, sendo as mais comuns +2 ( $\text{Cr}^{2+}$ ), +3 ( $\text{Cr}^{3+}$ ) e +6 ( $\text{Cr}^{6+}$ ) (GOMES; ROGERO; TIRAPEGUI, 2005). Sua forma mais comum, presente nos alimentos, é o  $\text{Cr}^{3+}$ , pois é o estado de oxidação de maior estabilidade química (GARCÍA; GARNES, 2004). Os principais ingredientes que compõem as dietas de suínos são pobres em cromo (SCHROEDER, 1971). Todavia, as recomendações de exigência deste micromineral para suínos não são listadas nas tabelas do NRC (1998) e Rostagno et al. (2005).

A absorção do cromo na forma inorgânica, tais como cloreto crômico ( $\text{CrCl}_3$ ) e óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), em geral, é baixa, apresentando valores que não ultrapassam 3% (ANDERSON, 1986), e esta percentagem de absorção parece ser inversamente proporcional à quantidade de cromo ingerida pelo animal (HOSSAIN; BARRETO; SILVA, 1998). A razão desta pobre absorção é em virtude da formação de complexos insolúveis durante o processo digestivo, bem como a aderência de íons de cromo livres a carboidratos presentes na dieta (SILVA, 2007). Aminoácidos como a metionina e a histidina, assim como a vitamina C favorecem a absorção (GARCÍA; GARNES, 2004), enquanto os fitatos e a excessiva quantidade de minerais no intestino como zinco, ferro e vanádio a inibem (GOMES; ROGERO; TIRAPEGUI, 2005). Por outro lado, as formas orgânicas do cromo são bem utilizadas pelos suínos, podendo apresentar absorção intestinal na faixa de 15 a 30% (CHANG; MOWAT, 1992). Dentre elas, destacam-se o picolinato de cromo (KORNEGAY et al., 1997; LINDEMANN et al., 1995; MOONEY; CROMWELL, 1995; PAGE et al., 1993), o cromo nicotínico (CHANG; MOWAT; MALLARD, 1995; LIMA; GUIDONI, 1998; MERTZ, 1993) e o cromo-metionina (GARCÍA-CASTILLO et al., 2004).

### 2.4.2.2 Estrutura química do cromo-metionina<sup>1,2</sup>

Quando um cátion metálico liga-se a uma substância que possui dois ou mais grupos doadores de pares de elétrons (grupamentos contendo pares isolados de elétrons), de maneira que se forma uma ou mais estruturas em anel heterocíclico, o complexo resultante é denominado quelato (GARCIA, 1998) e a substância doadora de elétrons, o ligante, agente quelante (HACKENHAAR, 1992). Pelo fato de os agentes quelantes serem moléculas orgânicas como aminoácidos, peptídeos e polissacarídeos (KIEFER, 2005), os ligantes, nos quelatos, podem ser acoplados ao átomo central por mais de um ponto de ligação (LAVORENTI, 2002).

A “Association of American Feed Control Officials” – AAFCO (1997) define quelato, como sendo o produto resultante da reação de um íon metálico de um sal solúvel com aminoácidos em uma relação molar de um mol de metal para um a três moles, preferencialmente dois, de aminoácidos, de maneira a formar ligações coordenadas. Além disso, o peso molecular do quelato hidrolisado não deve exceder a 800 daltons (AAFCO, 1997). O cromo-metionina pode ser observado na Figura 3.

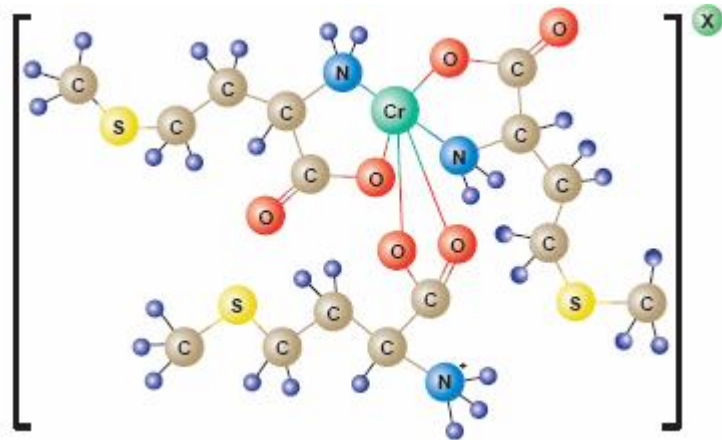


Figura 3 - Estrutura química do cromo-metionina.  
Onde: C: carbono; S: enxofre; O: oxigênio; N: nitrogênio; Cr: cromo; x: valência.

Fonte: Fakler e Cuarón (2004)

<sup>1</sup> Neste estudo, o cromo-metionina utilizado é um quelato.

<sup>2</sup> Nesta revisão, o termo cromo-metionina será utilizado exclusivamente para designar cromo quelatado ao aminoácido metionina, caso contrário, será indicado a forma orgânica do mineral a que se refere.



### 2.4.2.3 Modelo de ação do cromo

Os mecanismos fisiológicos de ação do cromo ainda não foram totalmente esclarecidos (OLIVEIRA et al., 2007). As principais evidências estão relacionadas com sua função na potencialização da insulina (MERTZ, 1993). Sabe-se que o cromo não atua de forma isolada ou mesmo na forma de co-fator enzimático, como a maioria dos minerais (LLOBERA, 2006). Sendo assim, o referido micromineral age como componente integral e biologicamente ativo de um complexo orgânico de baixo peso molecular denominado fator de tolerância à glicose (GTF), formado por  $\text{Cr}^{3+}$ , ácido nicotínico, glicina, cisteína e ácido glutâmico (MORAES, 2001).

A insulina é o hormônio protéico mais conhecido e é essencial para a manutenção da homeostase glicêmica, reduzindo a produção hepática de glicose, via diminuição da gliconeogênese e glicogenólise, e aumentando a captação periférica de glicose, principalmente, nos tecidos muscular e adiposo, estimulando a síntese de proteína e a lipogênese, respectivamente (CARVALHEIRA; ZECCHIN; SAAD, 2002). O mecanismo de participação do cromo na ação da insulina começou a ser esclarecido em meados dos anos 80 por meio do isolamento e da caracterização de um oligopeptídeo ligador de cromo de baixo peso molecular (LMWCr) (GOMES; ROGERO; TIRAPEGUI, 2005). O LMWCr, em decorrência da sua semelhança com a calmodulina em estrutura e função, foi denominado cromodulina quando ligado a quatro íons de cromo, enquanto na forma livre de minerais é denominado apocromodulina e encontra-se, predominantemente, no meio intracelular, mais especificamente no citosol e no núcleo das células sensíveis à insulina (VINCENT, 1999).

Sobre a descrição dos mecanismos pelo qual o cromo age, propôs-se que o átomo de cromo, presente no GTF, aumenta a fluidez da membrana celular para facilitar a união da insulina com seu receptor, aumentando a sensibilidade da célula à glicose (EVANS; BOWMAN, 1992; MERTZ; ROGINSKI, 1969). Além disso, o GTF funciona como um carreador de cromo para proteínas celulares deficientes no referido mineral (VINCENT, 1994). Mais recentemente, a cromodulina foi caracterizada como componente participante do sistema de auto-amplificação da sinalização celular da insulina (VINCENT, 2000).

A sinalização intracelular da insulina inicia-se com a sua ligação a um receptor específico de membrana, uma proteína heterotetramérica com atividade tirosina quinase intrínseca, composta por duas subunidades alfa e duas subunidades beta (NORMAN; LITWACK,

1997), que atua como uma enzima alostérica na qual a subunidade alfa inibe a atividade tirosina quinase da subunidade beta (CARVALHEIRA; ZECCHIN; SAAD, 2002). A resposta à ação da insulina é dependente do conteúdo de cromo na cromodulina intracelular (SILVA, 2007). A cromodulina favorece a sensibilidade à insulina por estimular a atividade tirosina quinase do receptor insulínico na membrana plasmática da célula-alvo (SILVA, 2007). O sítio de ativação parece estar localizado próximo ou no próprio sítio ativo da tirosina quinase, que causa a inibição da enzima fosfotirosina fosfatase, um inativador da tirosina quinase (VINCENT, 2000).

Em resposta ao aumento da glicemia, a insulina é rapidamente secretada para a circulação e acopla-se à subunidade alfa de seu receptor, localizada na face externa da membrana plasmática (NORMAN; LITWACK, 1997). Tal fato provoca uma alteração conformacional promovendo a fosforilação dos resíduos de tirosina na subunidade beta, localizada na face interna da membrana (NORMAN; LITWACK, 1997). Uma vez ativado, o receptor de insulina desencadeia uma série de reações de fosforilação em cascata com a finalidade de estimular a translocação dos transportadores de glicose (GLUT4) para a membrana plasmática das células sensíveis à insulina (GOMES; ROGERO; TIRAPEGUI, 2005). Os GLUT4 são os transportadores insulina-dependentes, abundantes nas membranas celulares do músculo esquelético, cardíaco e adiposo (SILVA, 2005).

O modelo proposto, mostrado na Figura 4, para explicar a ação da cromodulina como parte do sistema de auto-amplificação da sinalização da insulina, sugere que a cromodulina é estocada na forma de apocromodulina no citosol e núcleos de células sensíveis à insulina (VINCENT, 2000). O aumento da insulina circulante provoca duas situações concomitantes: (1) maior mobilização do cromo para células-alvo mediada, principalmente, pela transferrina; e (2) mobilização de receptores de transferrina a partir de vesículas intracelulares para se fundirem com a membrana (VICENT, 2000). Sendo assim, a transferrina saturada com o cromo liga-se a seus respectivos receptores e o complexo formado é internalizado por endocitose (GOMES; RAGERO; TIRAPEGUI, 2005). No espaço intravesicular, o pH ácido promove a digestão deste complexo e a liberação do cromo para o citosol (GOMES; RAGERO; TIRAPEGUI, 2005). Quatro íons de cromo trivalente unem-se à apocromodulina tornando-a ativa sob a forma de cromodulina que, por sua vez, se liga ao sítio ativo no receptor insulínico, completando a ativação do mesmo e amplificando o sinal da insulina (VINCENT, 2000).

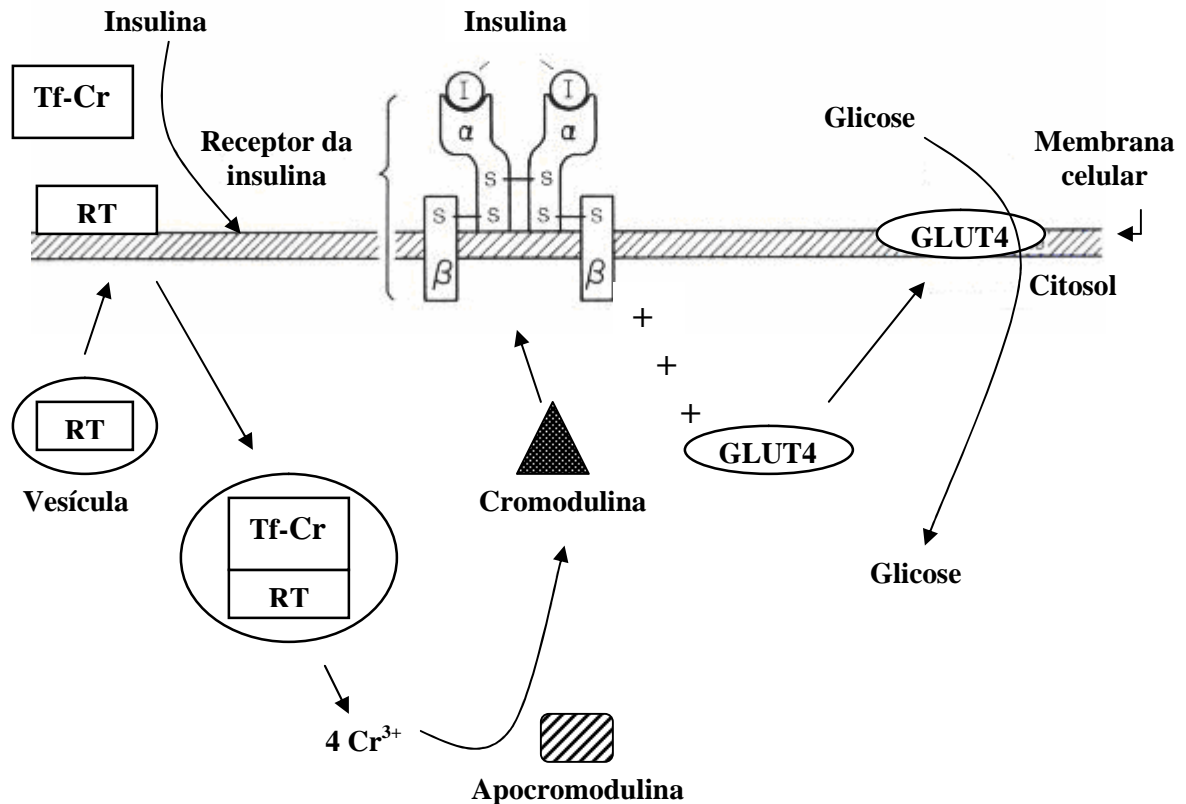


Figura 4 - Modelo de ação do cromo. Onde: Tf-Cr: transferrina ligada ao cromo; RT: receptor da transferrina; +: reações de fosforilação em cascata; GLUT4: transportador de glicose.

Fonte: Adaptado de Gomes, Rogero e Tirapegui (2005)

#### 2.4.2.4 Efeito do cromo na forma orgânica sobre os tecidos muscular e adiposo

Ao cromo atribuem-se funções que abrangem, principalmente, o metabolismo de carboidratos, proteínas, lipídeos e dos ácidos nucléicos (ANDERSON, 1986). Sua participação no metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídeos relaciona-se, mais especificamente, ao estímulo da captação de glicose pelas células de tecidos-alvos (GOMES; ROGERO; TIRAPEGUI, 2005), dentre os quais merecem destaque as fibras musculares e os adipócitos. Além disso, o cromo protege o RNA da desnaturação, sugerindo que este micromineral pode estar envolvido na manutenção da estrutural terciária dos ácidos nucléicos (ANDERSON, 1986).

Aumentos na internalização da insulina acompanhada pelo incremento na entrada de glicose e leucina nas células do músculo esquelético foram observados quando suínos receberam

picolinato de cromo na dieta (EVANS; BOWMAN, 1992). De fato, aumento de 31% no desaparecimento da glicose plasmática foi constatado em suínos alimentados com dietas contendo picolinato de cromo (AMOIKON et al., 1995). Dessa maneira, é possível que o cromo na forma de picolinato de cromo aumente a síntese protéica na musculatura esquelética (MERTZ; ROGINSKI, 1969). O aumento na deposição da massa muscular pode envolver ou a capacidade do cromo aumentar o número de receptores da insulina na membrana celular (MARANGON; FERNANDES, 2005), ou aumentar a afinidade da insulina ao seu receptor, ou a combinação de ambos os processos (ANDERSON, 1986).

Vários trabalhos têm mostrado que a suplementação de 200 ppb de picolinato de cromo em dietas de suínos em crescimento e terminação aumenta a área de olho-de-lombo (KORNEGAY et al., 1997; LIEN et al., 2001; LINDEMANN et al., 1995; MOONEY; CROMWELL, 1997; PAGE et al., 1993), enquanto em outros estudos, utilizando esta mesma dosagem, não foi verificada qualquer alteração na área de olho-de-lombo (BOLEMAN et al., 1995; HARPER; KORNEGAY, 1996; MATTHEWS et al., 2001; MOONEY; CROMWELL, 1995, 1999). O cromo nicotínico, por sua vez, não acarretou internalização da insulina nas fibras musculares (EVANS; BOWMAN, 1992), porém foi evidenciado sua capacidade de aumentar a área de olho-de-lombo e a percentagem de músculo (SMITH et al., 1994).

A adição de picolinato de cromo na dieta de suínos em crescimento propiciou aumento no nitrogênio retido, quando expresso em percentagem do nitrogênio ingerido, resultando em menor excreção tanto de nitrogênio fecal como urinário (LINDEMANN et al., 1995; OLIVEIRA et al., 2007). A menor quantidade de nitrogênio excretada nas fezes está associada ao aumento do nitrogênio absorvido, enquanto a menor concentração de nitrogênio eliminada na urina ocorreu devido à utilização mais eficiente do nitrogênio absorvido (OLIVEIRA et al., 2007). Outros estudos demonstraram redução no nitrogênio uréico sanguíneo o que indica utilização mais eficiente do nitrogênio absorvido para a síntese de proteína (AMOIKON et al., 1995; LIEN et al., 2001).

A resposta à suplementação de cromo pode ser dependente do nível de lisina ou da proteína bruta presente nas dietas (LINDEMANN et al., 1995). Assim, suínos alimentados com dietas contendo 200 ppb de picolinato de cromo associado à exigência de lisina (0,60%) recomendada pelo NRC (1988), que é inferior à exigência de lisina (0,75%) de acordo com o NRC (1998), apresentaram incremento na área de olho-de-lombo e redução na espessura de

toucinho (LINDEMANN et al., 1995). No entanto, a combinação de 400 ppb de picolinato de cromo com dietas contendo 20% a menos ou 20 % a mais da exigência de lisina descrita pelo NRC (1988) não resultou efeito nas características de carcaça de suínos em crescimento e terminação (WARD; SOUTHERN; BIDNER, 1997).

Sugere-se que o cromo, como picolinato de cromo, aumenta a entrada de glicose no tecido adiposo do suíno por facilitar o acoplamento da insulina ao seu receptor presente nos adipócitos (MOONEY; CROMWELL, 1995). Como o tecido adiposo é o sítio predominante da síntese de ácidos graxos em suínos, espera-se que o cromo tenha efeito lipogênico e, conseqüentemente, aumente a deposição de gordura (MOONEY; CROMWELL, 1995). De fato, a suplementação de 200 ppb de picolinato de cromo para suínos demonstrou incremento na espessura de toucinho na primeira (BOLEMAN et al., 1995) e na décima costela (VAN de LIGT; LINDEMANN; CROMWELL, 2002). Entretanto, a grande maioria das pesquisas com picolinato de cromo não sustentam esta teoria, observando redução na espessura de toucinho (LIEN et al., 2001; LINDEMANN et al., 1995; PAGE et al., 1993), enquanto outros estudos não verificaram qualquer efeito na deposição de gordura em suínos (KORNEGAY et al., 1997; MATTHEWS et al., 2001; MOONEY; CROMWELL, 1995, 1997, 1999). Portanto, o picolinato de cromo deve ser tecido-específico e/ou agir sobre mediadores desconhecidos nos adipócitos (MOONEY; CROMWELL, 1995).

Algumas evidências mostram que a função do cromo no metabolismo lipídico deve estar relacionada com o aumento das concentrações de lipoproteínas de alta densidade (HDL) e redução do colesterol total, triglicerídeos, ácidos graxos não esterificados (NEFA), lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e lipoproteínas de muita baixa densidade (VLDL), por meio do aumento da atividade da enzima lipase lipoprotéica (AMOIKON et al., 1995; LIEN et al., 1998, 2001). Em contrapartida, outros estudos não observaram qualquer efeito na glicose sérica, colesterol total, HDL (MATTHEWS et al., 2001) e triglicerídeos plasmáticos (OLIVEIRA et al., 2007), quando suínos foram suplementados com picolinato de cromo.

## **2.5 Parâmetros de qualidade da carne**

A qualidade de um produto pode ser definida como o conjunto de atributos que satisfaçam o consumidor ou até mesmo que superem suas expectativas iniciais (KOTLER, 2000).

Destacam-se como os principais atributos da qualidade da carne suína a aparência, a textura, a suculência, o sabor e o valor nutricional (MARCHI, 2001). Dentre estes, a aparência e a textura são os parâmetros mais importantes que influenciam o consumidor na seleção inicial e na satisfação final do produto (FORREST et al., 1979).

### 2.5.1 Aparência

A aparência da carne é uma das principais características observadas pelos consumidores, sendo a cor um importante atributo de qualidade que influencia na aquisição ou rejeição do produto pelo consumidor no momento da compra, além de estar sempre associada ao frescor da carne, ou seja, impressão que se tem de que o produto é fresco e saudável (YANG; JIANG, 2005). As alterações na cor constituem, portanto, o maior problema de varejo, uma vez que os consumidores são mais sensíveis às variações de cor, do que às cores absolutas, baseando sua decisão de compra na atratividade do produto (FLETCHER, 2002).

Os principais componentes que contribuem para a coloração da carne são os teores de hemoglobina e mioglobina, proteínas do sangue e tecido muscular, respectivamente, que se ligam reversivelmente com o oxigênio (GILL; HOLLEY, 2005). Em virtude da mioglobina representar 80 a 90% do total dos pigmentos contidos no músculo (ROÇA, 2008), ao descrever os efeitos das possíveis variações na cor da carne, somente as reações da mioglobina necessitam ser consideradas (GILL; HOLLEY, 2005). A quantidade de mioglobina existente nos músculos varia de acordo com a espécie, sexo, idade, localização anatômica do músculo e atividade física exercida pelo animal (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007).

Tanto a mioglobina como a hemoglobina são proteínas globulares com um grupo prostético heme (HEDRICK et al, 1994b). O estado químico da mioglobina depende da valência do íon ferro contido no grupo heme (LAWRIE, 2005). Assim, quando o íon ferro encontra-se no estado reduzido, ou seja, forma ferrosa ( $Fe^{2+}$ ), tem a capacidade de ligar-se a uma molécula de água ou de oxigênio molecular (LAWRIE, 2005). Quando o íon  $Fe^{2+}$  combina com a água, a mioglobina torna-se desoximioglobina e adquire uma coloração vermelho-escura, de baixa luminosidade (SOUZA, 2005), porém quando o íon  $Fe^{2+}$  se liga ao oxigênio do ar, a mioglobina transforma-se num pigmento relativamente estável, responsável pela cor vermelho brilhante, denominado oximioglobina (HEDRICK et al, 1994b). No entanto, a mioglobina pode também

sofrer oxidação sob baixa tensão de oxigênio, com o ferro heme sendo convertido para a forma férrica ( $\text{Fe}^{3+}$ ) (FELÍCIO, 1999). Assim, a mioglobina transforma-se em metamioglobina, de coloração amarronzada, indesejável do ponto de vista comercial (SOUZA, 2005). Aproximadamente 20% de metamioglobina é suficiente para causar a rejeição da carne pelo consumidor (VENTURINI, 2006). A metamioglobina formada ainda pode ser revertida a desoximioglobina e, em seguida, oxigenada (SOUZA, 2005).

Dependendo do estado bioquímico do músculo no momento do abate e do desenvolvimento do *rigor mortis* (FLETCHER, 2002), o pH pode ter uma contribuição substancial na cor da carne (LAWRIE, 2005). Um dos efeitos do pH sobre a cor da carne deve-se ao fato de que todas as reações associadas ao grupo heme são pH dependentes (BROSSI, 2007). Além disso, o pH do músculo afeta o poder de ligação das proteínas com a água e, assim, atinge diretamente a estrutura física da carne e suas propriedades de reflexão da luz (BRISKEY, 1964 apud FLETCHER, 2002). Tal fato ocorre porque a cor observada na superfície da carne é resultado da absorção seletiva da luz pela mioglobina, fibras musculares e proteínas, sendo também influenciada pela quantidade de líquido livre presente na carne (BROSSI, 2007).

Não existe uma recomendação geral quanto aos procedimentos de mensuração da cor, pois os instrumentos de medição, colorímetros e espectrofotômetros, podem ter características distintas quanto ao tipo de escala, diâmetro da abertura, tipo de iluminante e ângulo de observação, produzindo resultados semelhantes, mas não iguais (MACDOUGALL, 1994). Aliado a isto, outros fatores como disponibilidade do produto, tamanho das amostras e demanda particular de onde as medidas são realizadas, supermercado, laboratório ou abatedouro, afetam a mensuração da cor (VENTURINI, 2006). Existem alguns métodos tradicionalmente utilizados para a descrição física da cor da carne, sendo os mais conhecidos o espaço  $Yxy$ , desenvolvido a partir dos valores triestímulos XYZ, e os espaços  $L^* a^* b^*$ ,  $L_H a_H b_H$  e  $L^* C^* h$  (FELÍCIO, 1999). Nos espaços  $L^* a^* b^*$ , também conhecido como CIELAB (INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION – CIE, 1978), o  $L^*$  indica luminosidade, enquanto  $a^*$  e  $b^*$  são as coordenadas de cromaticidade, onde os eixos a e b representam a intensidade de verde-vermelho e azul-amarelo, respectivamente (HUNTERLAB, 1996).

### 2.5.2 pH

O pH apresenta fundamental importância no processo de transformação do músculo em carne, sendo que, sobre as características sensoriais influem não somente o pH mensurado após 24 horas *post mortem* (pH final), mas também a velocidade de queda do mesmo (LAWRIE, 2005). A velocidade de queda do pH, bem como o pH final da carne após 24-48 horas, é muito variável (ROÇA, 2008). Em suínos a velocidade de queda é rápida, atingindo valores de 5,6-5,7 após 6-8 horas *post mortem* e 5,3-5,7 após 24 horas (ROÇA, 2008).

Para que o músculo de um animal abatido se transforme em carne, é necessário que ocorram processos bioquímicos conhecidos como modificações *post mortem* (LUCHIARI FILHO, 2000). Em decorrência da morte do animal, há uma queda do pH, causada pela utilização da reserva de glicogênio e sua consequente transformação em ácido lático por meio da glicólise, em razão da ausência de oxigênio nas células (MANTESE, 2002). Como não há mais fluxo sanguíneo, o ácido lático produzido é acumulado no músculo e a consequência direta deste fato é o declínio do pH (LAWRIE, 2005). Na ausência de glicogênio, as enzimas responsáveis pela glicólise tornam-se inativas em função do baixo pH. Assim, rapidamente, a creatina fosfato é utilizada e a concentração de ATP diminui (MANTESE, 2002). Após o esgotamento das reservas de glicogênio e creatina fosfato, ocorre uma rápida diminuição da concentração de ATP e seu efeito de relaxamento sobre as fibras musculares desaparece (HEDRICK et al, 1994a). Em seguida, inicia-se o enrijecimento muscular, ou seja, processo denominado *rigor mortis*, que ocorre quando a concentração de ATP não é mais suficiente para manter as miofibrilas em estado de relaxamento (LAWRIE, 2005). Neste ponto, os miofilamentos de actina e miosina se interagem e formam ligações cruzadas permanentes, originando o complexo actomiosina, responsável pelo endurecimento da musculatura (DE FREMERY; POOL, 1963). Em suínos, o *rigor mortis* inicia-se em 3 a 4 horas pós-abate (HEDRICK et al., 1994a). Portanto, as condições pré-abate e o início do *rigor mortis* determinam a velocidade da glicólise, a liberação de ácido lático e a taxa de queda do pH (BOND; CAN; WARNER, 2004).

Em suínos, a ocorrência de rápida glicólise *post mortem*, resultando em rápida queda do pH mensurado a 45 minutos *post mortem* (pH inicial), de 7,2 para valores inferiores a 6,0-5,8, enquanto a temperatura do músculo se mantém alta, ou seja, em torno de 35-38°C, tem-se o início da presença de carne PSE (pale, soft, exudative) (HONIKEL; FISCHER, 1977).



Entretanto, a carne DFD (dark, firm, dry) é decorrente, entre outros motivos, do estresse prolongado antes do abate com esgotamento total das reservas de glicogênio e, conseqüente, acidificação insuficiente, que mantém os valores do pH final superiores a 6,0 (DALLA COSTA; LUDTKE, 2007).

### 2.5.3 Capacidade de retenção de água

O interesse pelo estudo da capacidade de retenção de água pelo músculo decorre de sua influência no aspecto da carne crua e de seu comportamento durante o processo de cocção, tendo como objetivo avaliar a importância da sua participação na palatabilidade do produto (BROSSI, 2007). Além disso, é o termo utilizado para descrever a habilidade do músculo em se ligar à água sob diversas condições, ou seja, a capacidade da carne em reter parcial ou totalmente a água contida em sua estrutura mesmo sob a aplicação de forças externas, como corte, aquecimento, trituração e prensagem (DABÉS, 2001).

A água presente no músculo encontra-se sob três formas distintas: (1) ligada – está na proporção de 4 a 5% e encontra-se fortemente conectada aos grupos hidrófilos das proteínas, possui baixa mobilidade e sofre poucas alterações após a instalação do *rigor mortis*; (2) retida ou imobilizada – presa por atração às demais moléculas de água ligada, é a forma de água mais afetada durante o processo de *rigor mortis*; (3) livre – localizada superficialmente (OFFER; KNIGHT, 1988). Aproximadamente 95% da água presente no músculo é classificada como livre (HONIKEL; HAMM, 1994). A água livre está presente no espaço sarcoplasmático, encontram-se fracamente ligadas entre si, podem migrar entre as estruturas musculares e são mantidas pela membrana celular (HONIKEL; HAMM, 1994). Há ainda a água que ocupa o espaço extracelular, ao redor de 10% da água dos músculos *in vivo*, cuja quantidade de água no pós-rigor, estaria na dependência das condições em que se desenvolve o *rigor mortis* e a velocidade e extensão do declínio de pH que o acompanha (FELÍCIO, 1999). De maneira geral, a capacidade de retenção de água pode ser influenciada por numerosos fatores, incluindo pH final, desnaturação da proteína, espaço intra e interfilamentos e comprimento do sarcômero (OFFER; KNIGHT, 1988).

A capacidade de retenção de água pode ser determinada por metodologias que utilizam a força da gravidade (perda de peso por gotejamento, PPG – *Drip Loss*), por aplicação de força (pressão em papel filtro ou centrifugação – CRAc) e por tratamento térmico (perda de

peso por cocção, PPC – *Cook Loss*) (BROSSI, 2007). Porém, a capacidade de retenção de água não é um parâmetro objetivo e sim uma tendência, pois não existe um valor real para esta propriedade (HONIKEL; HAMM, 1994).

## **2.6 Efeitos da ractopamina e do cromo sobre a qualidade da carne suína**

Alguns estudos sobre a ractopamina têm demonstrado que este aditivo não afeta a qualidade da carne suína, mais especificamente o pH inicial e final, a perda de peso por gotejamento e a coloração da carne (AALHUS et al., 1990; BRIDI et al., 2006; STOLLER et al., 2003; UTTARO et al., 1993). Entretanto, o pH final da carne de suínos suplementados com ractopamina mostrou-se mais elevado (WOOD; WISEMAN; COLE, 1994 apud BRIDI et al., 2006). A estimulação *ante mortem* da glicogenólise, promovida pelos agonistas beta-adrenérgicos, ocasiona a redução da concentração do glicogênio muscular, limitando a normal acidificação *post mortem* em decorrência da menor produção de ácido lático na carcaça (WARRISS et al., 1990). Em adição, a força de cisalhamento da carne aumentou quando se adicionou ractopamina à dieta de suínos (AALHUS et al., 1990; LEONARDO, 2008; UTTARO et al., 1993). A resistência ao corte levemente maior encontrada pode ser em virtude de um maior diâmetro da fibra muscular (SCHINCKEL et al., 2001) e/ou redução da proteólise *post mortem* (BERGE et al., 1993). Aumento na expressão das isoformas da calpastatina, enzima cálcio-dependente inibidora da proteólise, foi observado em suínos suplementados com 10 e 20 ppm de ractopamina (LEONARDO, 2008).

As informações sobre os efeitos da suplementação dietética de cromo na forma orgânica sobre a qualidade da carne suína são escassas e controversas. A perda de peso por gotejamento e a força de cisalhamento não foram afetadas pela adição de picolinato de cromo à dieta de suínos (PAGE et al., 1992). Da mesma maneira, não foram observados efeitos da suplementação de picolinato de cromo sobre a perda de peso por gotejamento, a avaliação sensorial e a força de cisalhamento da carne suína (BOLEMANN et al. 1995). Contudo, estudos posteriores relataram que a perda de peso por gotejamento e o marmoreio da carne reduziram (O'QUINN et al., 1998), quando da inclusão de picolinato de cromo nas dietas de suínos em crescimento e terminação.

## **2.7 Material e métodos**

O experimento foi conduzido na instalação de crescimento e terminação do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

### **2.7.1 Instalações experimentais e animais**

A instalação de crescimento e terminação, onde os animais foram alojados, é dotada de cobertura de telhas de barro, pé-direito de 2,70 m e mureta de alvenaria com 1,20 m de altura, possuindo 32 baias com divisórias metálicas vazadas, dispostas em duas faixas de 16 baias. Cada baia possui uma área de 3,48 m<sup>2</sup> (1,20 x 2,90 m), sendo provida de comedouro semi-automático e bebedouro tipo chupeta. A área imediatamente abaixo do bebedouro é de piso ripado, enquanto o restante é de concreto compacto, correspondente à área adjacente ao comedouro. Toda a instalação foi previamente lavada e desinfetada.

Foram utilizados 64 animais da linhagem Topigs, sendo 32 machos castrados e 32 fêmeas, com idade média inicial de 68 dias. Os animais foram adquiridos de uma granja comercial localizada no município de Mogi Mirim, SP. Ao chegarem às instalações experimentais, os animais foram pesados e distribuídos nas baias de acordo com o peso vivo e sexo.

### **2.7.2 Tratamentos e dietas basais**

As dietas experimentais foram confeccionadas na fábrica de ração do Setor de Não Ruminantes do Departamento de Zootecnia, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

Foram testados quatro tratamentos:

- C – Tratamento controle: dieta basal constituída por milho e farelo de soja;
- Rac – Tratamento ractopamina: dieta basal + 5 ppm de ractopamina dos 70,32 aos 114,80 kg de PV;

- Cr-Met – Tratamento cromo-metionina: dieta basal + 400 ppb de cromo-metionina dos 26,56 aos 114,80 kg de PV;
- Rac + Cr-Met – Tratamento ractopamina + cromo-metionina: dieta basal + 400 ppb de cromo-metionina dos 26,56 aos 114,80 kg de PV e 5 ppm de ractopamina dos 70,32 aos 114,80 kg de PV.

Durante o período experimental, foram utilizadas três dietas basais, sendo a crescimento I fornecida dos 26,56 aos 50,51 kg de PV, a crescimento II dos 50,51 aos 70,32 kg de PV e a terminação dos 70,32 aos 114,80 kg de PV. Todas as dietas experimentais, à base de milho e farelo de soja, suplementadas com vitaminas, minerais e aminoácidos foram formuladas utilizando-se o conceito de proteína ideal e os níveis de exigência nutricional foram estabelecidos segundo recomendações comerciais. As dietas experimentais da fase de terminação foram formuladas para conterem, aproximadamente, 30% a mais de lisina digestível, conforme sugerido por Mitchell, Solomon e Steele (1991). As composições percentuais das dietas experimentais das fases de crescimento I, crescimento II e da terminação, assim como os valores calculados de alguns nutrientes, podem ser encontrados nas Tabelas 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 1 – Composição percentual e valores calculados das dietas experimentais da fase de crescimento I

Ingredientes	Tratamentos			
	C	Rac	Cr-Met	Rac + Cr-Met
Milho	69,247	69,247	69,198	69,198
Farelo de soja (46%)	27,528	27,528	27,537	27,537
Calcário	0,925	0,925	0,925	0,925
Fosfato bicálcico	1,391	1,391	1,391	1,391
Sal	0,450	0,450	0,450	0,450
L-Lisina.HCl (99%)	0,058	0,058	0,058	0,058
L-Treonina (98,5%)	0,003	0,003	0,003	0,003
DL-Metionina (99%)	0,021	0,021	0,021	0,021
Cloreto de colina (60%)	0,013	0,013	0,013	0,013
Tiamulina (80%)	0,005	0,005	0,005	0,005
Sulfato de cobre pentahidratado (25%)	0,060	0,060	0,060	0,060
Cromo-metionina (0,1%) <sup>1</sup>	-	-	0,040	0,040
Cloridrato de ractopamina (2%) <sup>2</sup>	-	-	-	-
Suplemento mineral-vitamínico <sup>3</sup>	0,300	0,300	0,300	0,300
Valores calculados:				
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.255	3.255	3.253	3.253
Proteína bruta (%)	18,50	18,50	18,50	18,50
Lisina total (%)	1,04	1,04	1,04	1,04
Lisina digestível (%)	0,87	0,87	0,87	0,87
Treonina digestível (%)	0,54	0,54	0,54	0,54
Triptofano digestível (%)	0,18	0,18	0,18	0,18
Metionina digestível (%)	0,28	0,28	0,28	0,28
Metionina + cistina digestível (%)	0,52	0,52	0,52	0,52
Cálcio (%)	0,80	0,80	0,80	0,80
Fósforo total (%)	0,56	0,56	0,56	0,56
Fósforo disponível (%)	0,35	0,35	0,35	0,35

<sup>1</sup> Produto comercial: Availa-Cr 1000 (0,1% de cromo-metionina).

<sup>2</sup> Produto comercial: Paylean (2% de cloridrato de ractopamina).

<sup>3</sup> Quantidades supridas por kg de ração: manganês, 35,96 mg; zinco, 90 mg; ferro, 54 mg; cobre, 8,98 mg; iodo, 0,54 mg; selênio, 0,27 mg; vit. A, 2800 UI; vit. D<sub>3</sub>, 585 UI; vit. E, 12,15 mg; vit. K<sub>3</sub>, 0,90 mg; tiamina, 0,45 mg; riboflavina, 2,52 mg; piridoxina, 0,54 mg; vit. B<sub>12</sub>, 9,45 mcg; ácido fólico, 0,23 mg; ácido pantotênico, 8,40 mg; niacina, 14,40 mg; etoquin, 0,71 mg; clorohidroquinolina, 30 mg.

Nota: Sinal convencional utilizado:

- Dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

Tabela 2 – Composição percentual e valores calculados das dietas experimentais da fase de crescimento II

Ingredientes	Tratamentos			
	C	Rac	Cr-Met	Rac + Cr-Met
Milho	71,933	71,933	71,879	71,879
Farelo de soja (46%)	24,926	24,926	24,940	24,940
Calcário	1,030	1,030	1,030	1,030
Fosfato bicálcico	1,245	1,245	1,245	1,245
Sal	0,450	0,450	0,450	0,450
L-Lisina.HCl (99%)	0,047	0,047	0,047	0,047
L-Treonina (98,5%)	-	-	-	-
DL-Metionina (99%)	-	-	-	-
Cloreto de colina (60%)	0,004	0,004	0,004	0,004
Tiamulina (80%)	0,005	0,005	0,005	0,005
Sulfato de cobre pentahidratado (25%)	0,060	0,060	0,060	0,060
Cromo-metionina (0,1%) <sup>1</sup>	-	-	0,040	0,040
Cloridrato de ractopamina (2%) <sup>2</sup>	-	-	-	-
Suplemento mineral-vitamínico <sup>3</sup>	0,300	0,300	0,300	0,300
Valores calculados:				
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.258	3.258	3.257	3.257
Proteína bruta (%)	17,49	17,49	17,49	17,49
Lisina total (%)	0,96	0,96	0,96	0,96
Lisina digestível (%)	0,80	0,80	0,80	0,80
Treonina digestível (%)	0,51	0,51	0,51	0,51
Triptofano digestível (%)	0,17	0,17	0,17	0,17
Metionina digestível (%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Metionina + cistina digestível (%)	0,48	0,48	0,48	0,48
Cálcio (%)	0,80	0,80	0,80	0,80
Fósforo total (%)	0,52	0,52	0,52	0,52
Fósforo disponível (%)	0,32	0,32	0,32	0,32

<sup>1</sup> Produto comercial: Availa-Cr 1000 (0,1% de cromo-metionina).

<sup>2</sup> Produto comercial: Paylean (2% de cloridrato de ractopamina).

<sup>3</sup> Quantidades supridas por kg de ração: manganês, 35,96 mg; zinco, 90 mg; ferro, 54 mg; cobre, 8,98 mg; iodo, 0,54 mg; selênio, 0,27 mg; vit. A, 2800 UI; vit. D<sub>3</sub>, 585 UI; vit. E, 12,15 mg; vit. K<sub>3</sub>, 0,90 mg; tiamina, 0,45 mg; riboflavina, 2,52 mg; piridoxina, 0,54 mg; vit. B<sub>12</sub>, 9,45 mcg; ácido fólico, 0,23 mg; ácido pantotênico, 8,40 mg; niacina, 14,40 mg; etoxiquin, 0,71 mg; clorohidroxiquinolina, 30 mg.

Nota: Sinal convencional utilizado:

- Dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

Tabela 3 – Composição percentual e valores calculados das dietas experimentais da fase de terminação

Ingredientes	Tratamentos			
	C	Rac	Cr-Met	Rac + Cr-Met
Milho	69,457	69,426	69,408	69,378
Farelo de soja (46%)	27,343	27,349	27,352	27,358
Calcário	1,112	1,112	1,112	1,112
Fosfato bicálcico	1,107	1,107	1,107	1,107
Sal	0,450	0,450	0,450	0,450
L-Lisina.HCl (99%)	0,102	0,102	0,102	0,102
L-Treonina (98,5%)	0,024	0,024	0,024	0,024
DL-Metionina (99%)	0,041	0,041	0,041	0,041
Cloreto de colina (60%)	-	-	-	-
Tiamulina (80%)	0,005	0,005	0,005	0,005
Sulfato de cobre pentahidratado (25%)	0,060	0,060	0,060	0,060
Cromo-metionina (0,1%) <sup>1</sup>	-	-	0,040	0,040
Cloridrato de ractopamina (2%) <sup>2</sup>	-	0,025	-	0,025
Suplemento mineral-vitamínico <sup>3</sup>	0,300	0,300	0,300	0,300
Valores calculados:				
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.258	3.258	3.257	3.257
Proteína bruta (%)	18,50	18,50	18,50	18,50
Lisina total (%)	1,07	1,07	1,07	1,07
Lisina digestível (%)	0,90	0,90	0,90	0,90
Treonina digestível (%)	0,56	0,56	0,56	0,56
Triptofano digestível (%)	0,18	0,18	0,18	0,18
Metionina digestível (%)	0,30	0,30	0,30	0,30
Metionina + cistina digestível (%)	0,54	0,54	0,54	0,54
Cálcio (%)	0,80	0,80	0,80	0,80
Fósforo total (%)	0,51	0,51	0,51	0,51
Fósforo disponível (%)	0,30	0,30	0,30	0,30

<sup>1</sup> Produto comercial: Availa-Cr 1000 (0,1% de cromo-metionina).

<sup>2</sup> Produto comercial: Paylean (2% de cloridrato de ractopamina).

<sup>3</sup> Quantidades supridas por kg de ração: manganês, 13,50 mg; zinco, 72 mg; ferro, 48,75 mg; cobre, 7,18 mg; iodo, 0,27 mg; selênio, 0,27 mg; vit. A, 2520 UI; vit. D<sub>3</sub>, 540 UI; vit. E, 9,90 mg; vit. K<sub>3</sub>, 0,72 mg; tiamina, 0,41 mg; riboflavina, 1,98 mg; piridoxina, 0,41 mg; vit. B<sub>12</sub>, 8,10 mcg; ácido fólico, 0,23 mg; ácido pantotênico, 6,30 mg; niacina, 12,60 mg; aditivo antioxidante; 0,71 mg; promotor de crescimento, 90,95 mg.

Nota: Sinal convencional utilizado:

- Dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

### **2.7.3 Experimento**

Foram utilizados 64 leitões Topigs, com peso médio inicial e final de, respectivamente,  $26,56 \pm 3,11$  e  $114,80 \pm 4,98$  kg, distribuídos em 32 baias (um macho castrado e uma fêmea por baia), totalizando oito blocos (oito repetições por tratamento). O período experimental médio foi de 91 dias, durante o qual os animais receberam ração farelada e água à vontade. O período médio de fornecimento da ractopamina aos animais foi de 44 dias pré-abate. As temperaturas máximas e mínimas diárias foram registradas durante todo o experimento.

#### **2.7.3.1 Desempenho**

As variáveis de desempenho (consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar) foram calculadas a partir das pesagens de rações efetuadas periodicamente, das quantificações das sobras de rações realizadas diariamente e de pesagens individuais dos animais no início e no final de cada fase.

#### **2.7.3.2 Características de carcaça**

Quando atingiram o peso vivo médio de 114,80 kg, os animais foram submetidos a jejum sólido de 24 horas e, posteriormente, encaminhados ao abate. Os animais foram embarcados em caminhões próprios para transporte e direcionados para o Frigorífico Angelelli Ltda., localizado no município de Piracicaba, SP. No local de destino, os animais foram alojados em baias de descanso com livre acesso à água com o intuito de que os animais se recuperassem do estresse ocasionado pelo transporte. Após o período de descanso, os animais foram conduzidos até a sala de abate, onde foram insensibilizados por meio de descarga elétrica, seguida pelos procedimentos de sangria, depilação e evisceração. Após a retirada das vísceras, as carcaças foram serradas ao meio no sentido longitudinal, pesadas e colocadas em câmara fria a 4°C por cerca de 24 horas, quando então foram avaliadas.

A avaliação das carcaças foi individual de acordo com o Método Brasileiro de Classificação de Carcaças (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS – ABCS, 1973). Na meia-carcaça de cada animal foram realizadas as seguintes medidas:



rendimento de carcaça fria, comprimento da carcaça, espessura de toucinho média (resultante de três medições feitas na altura das primeira e última vértebras torácicas e última vértebra lombar), área de olho-de-lombo e relação gordura:carne, sendo esta última variável obtida por meio da divisão da área de gordura pela área de olho-de-lombo. Para as mensurações das áreas de olho-de-lombo e de gordura utilizou-se um planímetro polar da marca Keuffel & Esser Co.

O cálculo do rendimento de carcaça fria pode ser encontrado na form. (1).

$$RCF = (PCF/PVA) \times 100 \quad (1)$$

Onde:

RCF: rendimento de carcaça fria;

PCF: peso da carcaça fria;

PVA: peso vivo de abate.

### **2.7.3.3 Qualidade da carne**

Após 24 horas *post mortem*, foram retiradas amostras de cerca de 5 cm do músculo *Longissimus dorsi* da meia carcaça de cada animal para realização das análises física e química da carne. As amostras foram identificadas, acondicionadas em bolsa térmica com gelo em gel e transportadas para o Laboratório de Qualidade e Processamento de Carnes do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, onde foi retirada a camada de gordura adjacente ao músculo *Longissimus dorsi* para posteriores análises de cor, pH final e perda de peso por gotejamento.

#### **2.7.3.3.1 Cor**

A cor instrumental foi mensurada sobre a superfície da carne utilizando um espectrofotômetro de refletância portátil da marca HunterLab, modelo MiniScan®XE Plus, conectado a um computador provido do sistema Universal Software V4.10. O equipamento foi, previamente, calibrado em porcelana branca padrão segundo recomendações do fabricante e padronizado para operar com as seguintes especificações: geometria ótica 45/0, 25 mm de diâmetro de abertura, ângulo de observação 10°, pelo fato de representar da melhor forma a

resposta espectral de observadores humanos e iluminante D65 o qual representa a luz do sol ao meio dia ao redor do mundo (HUNTERLAB, 2000).

A escala de avaliação utilizada foi o CIE LAB, que consiste de três componentes de cores: a luminosidade ( $L^*$ ), que varia de 0 (preto) a 100 (branco), a tonalidade verde-vermelha ( $-a^*/+a^*$ ), e a tonalidade azul-amarela ( $-b^*/+b^*$ ), as duas últimas não possuindo limites numéricos específicos (HUNTERLAB, 1996). As leituras foram obtidas pela movimentação do equipamento, em quatro posições distintas, de tal forma que toda a superfície disponível da carne foi amostrada. A média das leituras foi utilizada para a análise estatística.

#### **2.7.3.3.2 pH final**

A determinação do pH final foi realizada com eletrodo de penetração de corpo de vidro, em quatro pontos distintos do músculo *Longissimus dorsi*, sendo a média das leituras utilizada para a análise estatística. O equipamento utilizado foi um potenciômetro de punção da marca Oakton, modelo pH 300, com compensação automática de temperatura, calibrado com soluções tampão de pH 4,00 e pH 7,00.

#### **2.7.3.3.3 Perda de peso por gotejamento**

Para a análise da perda de peso por gotejamento, dois cortes de aproximadamente 2,5 cm de espessura foram obtidos de cada amostra do músculo *Longissimus dorsi*, que foram pesados, envoltos em embalagens plásticas reticuladas e suspensos no interior de sacos plásticos. O conjunto foi mantido em câmara fria à temperatura de  $2 \pm 1^\circ\text{C}$  de modo que o exsudado não permanecesse em contato com a carne. Após 72 horas, procedeu-se a retirada das amostras e antes da repesagem, removeu-se a umidade superficial com o auxílio de papel absorvente. A perda de peso por gotejamento foi expressa em porcentagem do peso final em relação ao peso inicial da amostra (DIRINCK et al., 1996).

### 2.7.4 Delineamento experimental e análise dos dados

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados completos, com quatro tratamentos em esquema fatorial 2 x 2 (dois níveis de ractopamina e dois níveis de cromometionina), oito repetições (blocos) por tratamento e dois animais por unidade experimental (baia) para os dados de desempenho, características de carcaça e qualidade da carne.

Todos os dados foram submetidos ao SAS LAB para verificação da adequação ao modelo linear. Posteriormente, realizaram-se análises de variância dos dados de desempenho e qualidade da carne e de covariância dos dados de características de carcaça pelo PROC GLM (General Linear Models) do SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2001). A comparação de médias foi realizada pelo teste F a 5% de significância.

O modelo matemático adotado está indicado na form. (2).

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + ab_{ij} + r_k + e_{ijk} \quad (2)$$

Onde:

$Y_{ijk}$ : observação referente aos fatores i (ractopamina) e j (cromo-metionina) no bloco k;

$\mu$ : média geral;

$a_i$ : efeito do fator ractopamina, com os níveis i (i = 1, 2);

$b_j$ : efeito do fator cromometionina, com os níveis j (j = 1, 2);

$ab_{ij}$ : efeito da interação ractopamina x cromometionina;

$r_k$ : efeito do bloco k (k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8);

$e_{ijk}$ : erro experimental.

## 2.8 Resultados e discussão

### 2.8.1 Desempenho

Os resultados de peso vivo inicial (PI), peso vivo final (PF), consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) dos animais são apresentados na Tabela 4. Os Apêndices A a D apresentam as médias por unidade experimental do peso vivo, consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar.

Tabela 4 – Médias de peso vivo inicial (PI), peso vivo final (PF), consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) dos animais

Nível de ractopamina (ppm)	Nível de cromo-metionina (ppb)	PI (kg)	PF (kg)	CDR (kg)	GDP (kg)	CA
0	0	26,56	112,88	2,57	0,947	2,72
	400	26,45	114,65	2,51	0,967	2,68
5	0	26,60	115,49	2,64	0,976	2,64
	400	26,64	116,16	2,52	0,982	2,57
Média dos fatores <sup>1</sup>						
Ractopamina						
0		26,51	113,76	2,54	0,957	2,70 <sup>a</sup>
5		26,62	115,83	2,58	0,979	2,60 <sup>b</sup>
Cromo-metionina						
0		26,58	114,18	2,61 <sup>x</sup>	0,961	2,68
400		26,55	115,41	2,51 <sup>y</sup>	0,975	2,63
Ractopamina x cromo-metionina <sup>2</sup>		..	NS	NS	NS	NS
CV (%) <sup>3</sup>		..	4,52	4,06	5,82	5,22

<sup>1</sup> Médias nas colunas com letras distintas para fator “ractopamina” (a, b) e “cromo-metionina” (x, y) diferem pelo teste F, com P=0,05 para a CA e P<0,03 para o CDR.

<sup>2</sup> Não significativo (P>0,05).

<sup>3</sup> Coeficiente de variação.

Nota: Sinal convencional utilizado:

.. Não se aplica dado numérico.

A interação nível de ractopamina x nível de cromo-metionina não foi significativa (P>0,05) para nenhuma das variáveis de desempenho. Não houve efeito significativo (P>0,05) da suplementação de ractopamina sobre o consumo diário de ração, resultado semelhante àqueles obtidos por vários pesquisadores que, também, não observaram qualquer efeito no consumo diário de ração dos animais em fases de crescimento e terminação (AALHUS et al., 1990; ALMEIDA et al., 2008; CANTARELLI, 2007; CORASSA, 2007; MARINHO et al., 2007a, b; POZZA et al., 2003; SANCHES et al., 2008; STITES et al., 1991). Esses resultados diferem, no entanto, daqueles relatados por Mimbs et al. (2005) e Yen et al. (1990), que observaram redução de cerca de, respectivamente, 7% e 10% no consumo diário de ração dos animais. Além disso, outros estudos mostram efeito linear depressivo (CROME et al., 1996) e quadrático (AGOSTINI et al., 2008) da ractopamina na dieta sobre o consumo diário de ração dos suínos.

Apesar de haver algumas discordâncias com relação ao efeito da suplementação de ractopamina sobre o consumo diário de ração (BARK et al., 1992; BUDIÑO et al., 2005; CORASSA, 2007; CROME et al., 1996; MARCHANT-FORDE et al., 2003), de modo geral, a ractopamina tem proporcionado peso final superior (ARMSTROG et al., 2004; XIONG et al., 2006; WEBER et al., 2006) e maiores ganhos diários de peso (ALMEIDA et al., 2008; GU et al., 1991; SANCHES et al., 2008; STOLLER et al., 2003; WEBSTER et al., 2001). A administração de 5 ppm de ractopamina durante 28 dias pré-abate proporcionou aumento de 168 g/dia no ganho diário de peso, conseqüentemente, o peso de abate dos animais foi 4,68 kg maior, correspondendo a uma melhora de 3,78% (MARINHO et al., 2007b). O aumento na deposição de proteína, por agregar 35% de água, é um dos principais fatores que justificam o aumento do peso associado à melhora na conversão alimentar (CANTARELLI, 2007). No presente estudo, porém, o ganho diário de peso e, conseqüentemente, o peso de abate não foram afetados ( $P>0,05$ ) pelo referido agonista beta-adrenérgico.

Por outro lado, a suplementação de ractopamina proporcionou melhora ( $P=0,05$ ) de, aproximadamente, 4% na conversão alimentar dos animais. Esta melhora está de acordo com os resultados obtidos por diversos estudos (AGOSTINI et al., 2008; ALMEIDA et al., 2008; ARMSTROG et al., 2004; BUDIÑO et al., 2005; CANTARELLI, 2007; CARR et al., 2005; MARCHANT-FORDE et al., 2003; MARINHO et al., 2007a, b; SANCHES et al., 2008; WEBER et al., 2006; WEBSTER et al., 2001). É importante ressaltar que, na literatura, a melhora da conversão alimentar é a resposta de desempenho que demonstra maior consistência em pesquisas com a utilização de ractopamina.

A melhoria na conversão alimentar obtida com a suplementação de ractopamina pode estar relacionada com o direcionamento dos nutrientes para a deposição de tecido muscular, uma vez que a síntese de 1 kg de músculo requer menos energia do que a síntese de 1 kg de gordura (MOSER et al., 1986). Assim, sugere-se que suínos alimentados com ractopamina sejam mais eficientes na utilização dos nutrientes dietéticos (MARINHO et al., 2007a).

Constatou-se que a suplementação de cromo-metionina reduziu significativamente ( $P<0,03$ ) o consumo diário de ração dos animais sem, contudo, influenciar a conversão alimentar ( $P>0,05$ ) dos mesmos. Estes resultados concordam com os relatos de Page et al. (1993), que detectaram com a suplementação de 400 e 800 ppb de picolinato de cromo diminuição no consumo diário de ração, sem afetar a conversão alimentar de suínos em crescimento e

terminação. Boleman et al. (1995), por sua vez, trabalhando com a suplementação de 200 ppb de picolinato de cromo para suínos dos 19,10 a 106,40 kg, relataram redução no ganho diário de peso e no consumo diário de ração. Por outro lado, observaram que a administração de 200 e 400 ppb de picolinato de cromo aumentou o consumo diário de ração de suínos, sendo verificado maiores consumos no grupo de animais que recebeu 200 ppb do micromineral (LIEN et al., 2001). Além disso, alguns trabalhos demonstraram que a adição de 200, 250 e 500 ppb de picolinato de cromo na dieta de suínos não afeta o consumo diário de ração (AMOIKON et al., 1995; MOONEY; CROMWELL, 1995, 1999; LINDEMANN et al., 1995) e que a inclusão de níveis de até 500 ppb de cromo na forma de ácido nicotínico não altera o desempenho de suínos em fases de crescimento e terminação (LIMA; GUIDONI, 1999).

A redução no consumo diário de ração, encontrada no presente estudo, em dietas suplementadas com 400 ppb de cromo-metionina pode ser consequência do aumento da digestibilidade da matéria seca, ocasionando maior aproveitamento dos nutrientes dietéticos. Esta hipótese encontra suporte nos resultados de Kornegay et al. (1997) e Oliveira et al. (2007), os quais relataram que a inclusão de 200 ppb de picolinato de cromo na ração de suínos elevou a digestibilidade da matéria seca e, com isso, os valores de energia digestível e metabolizável das dietas foram superiores.

Não foi observado efeito significativo ( $P > 0,05$ ) da suplementação de cromo-metionina sobre o ganho diário de peso e a conversão alimentar para o período analisado. Respostas semelhantes foram observadas com 200 ppb de picolinato de cromo (AMOIKON et al., 1995; MOONEY; CROMWELL, 1999). Entretanto, em outras pesquisas, a suplementação de 200 ppb de picolinato de cromo aumentou o ganho diário de peso (LIEN et al., 2001; MOONEY; CROMWELL, 1995, 1997) e melhorou a conversão alimentar (LINDEMANN et al., 1995).

Há evidências de que a suplementação de cromo é função da dose e do tempo de suplementação (LINDEMANN et al., 1995). Além disso, as variações nos resultados dos diversos estudos realizados podem ser decorrentes de diferenças no estado nutricional dos animais, tanto em termos de cromo como de outros nutrientes (LIMA; GUIDONI, 1999). Assim, o grau de deficiência dos animais para tolerar a glicose pode determinar a amplitude da resposta (MERTZ, 1993). Portanto, em função dos resultados inconsistentes e contraditórios encontrados na literatura a respeito da suplementação de cromo na forma orgânica sobre o desempenho de suínos, torna-se difícil justificar os resultados obtidos por diferentes pesquisadores.

### 2.8.2 Características de carcaça

Os resultados de rendimento de carcaça fria (RCF), comprimento de carcaça (CC), espessura de toucinho média (ETM), área de olho-de-lombo (AOL) e relação gordura:carne (RGC) dos animais encontram-se na Tabela 5. Os valores médios das unidades experimentais são apresentados no Apêndice E.

Tabela 5 – Médias do rendimento de carcaça fria (RCF), comprimento de carcaça (CC), espessura de toucinho média (ETM), área de olho-de-lombo (AOL) e relação gordura:carne (RGC) dos animais

Nível de ractopamina (ppm)	Nível de cromo-metionina (ppb)	RCF (%)	CC (cm)	ETM (mm)	AOL (cm <sup>2</sup> )	RGC
0	0	77,59	99,40	23,20	46,85	0,36
	400	76,48	98,71	23,08	47,37	0,33
5	0	78,02	98,41	22,51	50,55	0,31
	400	77,68	97,58	21,92	50,08	0,30
Média dos fatores <sup>1</sup>						
Ractopamina						
0		77,03 <sup>a</sup>	99,05	23,14	47,11 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>
5		77,85 <sup>b</sup>	98,00	22,21	50,31 <sup>b</sup>	0,30 <sup>b</sup>
Cromo-metionina						
0		77,80	98,90	22,86	48,70	0,34
400		77,08	98,14	22,50	48,73	0,31
Ractopamina x cromo-metionina <sup>2</sup>		NS	NS	NS	NS	NS
CV (%) <sup>3</sup>		1,40	2,26	10,52	5,49	15,22

<sup>1</sup> Médias nas colunas com letras distintas para fator “ractopamina” (a, b) diferem pelo teste F, com P=0,05 para o RCF, P<0,004 para a AOL e P<0,04 para a RGC.

<sup>2</sup> Não significativo (P>0,05).

<sup>3</sup> Coeficiente de variação.

A interação nível de ractopamina x nível de cromo-metionina não foi significativa (P>0,05) para nenhuma das características de carcaça. Dentre as características de carcaça, o rendimento de carcaça fria dos animais aumentou (P=0,05) com a suplementação de 5 ppm de ractopamina, resultado semelhante àqueles obtidos em outros estudos com 10 ppm de ractopamina na ração de terminação (CARR et al., 2005; WEBER et al., 2006). Algumas pesquisas anteriores, envolvendo suínos em crescimento e terminação (BRUMM; MILLER;

THALER, 2004), ou em terminação (CANTARELLI, 2007; MARCHANT-FORDE et al., 2003), relataram que níveis de 5 a 20 ppm de ractopamina nas dietas não influenciaram o rendimento de carcaça dos animais. É importante ressaltar que, para as comparações de valores de rendimento de carcaça obtidos em trabalhos distintos possam ser válidas, há necessidade de que os rendimentos tenham sido determinados em condições semelhantes. Isto porque esta variável é altamente afetada pelo número de horas em jejum a que o animal é submetido antes do abate, bem como pela dieta do animal (OLIVEIRA, 2005).

Maiores rendimentos de carcaça estão, na maioria das vezes, associados a animais com mais gordura, cujas carcaças poderão produzir ou apresentar uma menor percentagem de porção comercializável ou comestível (OLIVEIRA, 2005). A ractopamina e outras fenetanolaminas aumentam a percentagem de carne (MILLS, 2002), por serem substâncias capazes de aumentar a proporção de nutrientes depositados na carcaça em relação à deposição nos órgãos internos (STAHLY; BARK, 1991). Assim, pode-se deduzir que, no presente estudo, a deposição muscular pode ter aumentado numa proporção maior que o crescimento dos órgãos viscerais, de maneira que houve aumento do rendimento de carcaça fria nos suínos suplementados com ractopamina.

A suplementação com 5 ppm de ractopamina proporcionou aumento ( $P < 0,004$ ) de, aproximadamente, 7% na área de olho-de-lombo dos animais. Este resultado diverge daqueles relatados por Agostini et al. (2008), Mimbs et al. (2005) e Sanches et al. (2008), que não verificaram alteração nesta variável. No entanto, a grande maioria das pesquisas, que avaliou a suplementação de ractopamina para suínos, obteve resultado favorável sobre a área de olho-de-lombo (ARMSTROG et al., 2004; BUDIÑO et al., 2005; SILVA et al., 2008; STOLLER et al., 2003; XIONG et al., 2006; WEBER et al., 2006). Possivelmente, a maior área de olho-de-lombo, observada com a suplementação de ractopamina, esteja relacionada com o incremento da síntese protéica no músculo esquelético e redução do catabolismo de aminoácidos, sendo a energia consumida direcionada mais para o crescimento do tecido muscular do que para o tecido adiposo. Esta hipótese encontra suporte em alguns trabalhos anteriormente desenvolvidos, nos quais os suínos, recebendo ractopamina, apresentaram concentrações menores de uréia plasmática (DUNSHEA et al., 1993; SEE; ARMSTROG; WELDON, 2004). O aumento da síntese de proteína significa um aumento na utilização de nitrogênio que, conseqüentemente, reduz o teor de uréia circulante no plasma (SEE; ARMSTROG; WELDON, 2004). Este fato foi comprovado



pelo estudo de Cantarelli (2007), em que os animais que receberam 5 ppm de ractopamina apresentaram aumento na percentagem de nitrogênio retido do absorvido e diminuição na concentração de uréia plasmática aos 14 dias de experimentação, correspondendo a 4,73% e 10,78%, respectivamente, comparado aos animais não suplementados.

Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) da suplementação de ractopamina sobre a espessura de toucinho, resultado similar àqueles obtidos por vários pesquisadores (AGOSTINI et al., 2008; MARINHO et al., 2007a, b; SILVA et al., 2008). Entretanto, há relatos mostrando que a ractopamina é capaz de reduzir a espessura de toucinho dos animais (CROME et al., 1996; MIMBS et al., 2005; PÉREZ et al., 2006; SANCHES et al., 2008; SCHINCKEL et al., 2003). A intensidade de resposta mediada pelo receptor é reduzida com a exposição prolongada das células à ractopamina. Este processo, denominado *down-regulation*, limita a efetividade dos receptores beta-adrenérgicos, reduzindo no tecido adiposo, o número de receptores presentes na membrana celular para este composto, em 28% em um dia e 53% em oito dias (SPURLOCK et al., 1994), demonstrando que o período de fornecimento do agonista tem importância sobre a espessura de toucinho. Portanto, no presente estudo, o processo de *down-regulation* pode ter sido acarretado em razão do longo período de fornecimento da ractopamina, ou seja, 44 dias pré-abate.

Embora a inclusão de 5 ppm de ractopamina nas dietas não tenha acarretado redução da espessura de toucinho ( $P>0,05$ ), parâmetro importante na tipificação de carcaças suínas, foi observado melhora significativa ( $P<0,04$ ) de, aproximadamente, 12% na relação gordura:carne dos animais. Tal resposta está diretamente relacionada com o aumento da área de olho-de-lombo dos animais, evidenciando a capacidade da ractopamina proporcionar carcaças com maior quantidade de carne.

O presente estudo não mostrou qualquer efeito do cromo-metionina ( $P>0,05$ ) nas características de carcaça dos suínos, contrariando os resultados de diversos estudos com picolinato de cromo (BOLEMAN et al., 1995; KORNEGAY et al., 1997; PAGE et al., 1993; LIEN et al., 2001; LINDEMANN et al., 1995; MOONEY; CROMWELL, 1995, 1997). De maneira geral, tem-se relatado que o cromo pode potencializar a ação da insulina e, conseqüentemente, estimular o transporte ativo de glicose e aminoácidos para as células musculares, aumentando a síntese protéica (MERTZ, 1993).

### 2.8.3 Qualidade da carne

Os resultados referentes aos valores de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), pH final e perda de peso por gotejamento (PPG) do músculo *Longissimus dorsi* são apresentados na Tabela 6. As médias por unidade experimental dos valores de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , pH final e perda de peso por gotejamento encontram-se no Apêndice F.

Tabela 6 – Médias dos parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), pH final e perda de peso por gotejamento (PPG) do músculo *Longissimus dorsi*

Nível de ractopamina (ppm)	Nível de cromo-metionina (ppb)	$L^*$	$a^*$	$b^*$	pH final	PPG (%)
0	0	56,94	5,04	13,45	5,59	8,65
	400	56,60	5,20	13,54	5,61	9,02
5	0	56,82	4,62	13,20	5,63	8,17
	400	57,18	4,16	13,07	5,63	7,91
Média dos fatores <sup>1</sup>						
Ractopamina						
0		56,77	5,12 <sup>a</sup>	13,50 <sup>a</sup>	5,60	8,84 <sup>a</sup>
5		57,00	4,39 <sup>b</sup>	13,13 <sup>b</sup>	5,63	8,04 <sup>b</sup>
Cromo-metionina						
0		56,88	4,83	13,32	5,61	8,41
400		56,89	4,68	13,30	5,62	8,47
Ractopamina x Cromo-metionina <sup>2</sup>		NS	NS	NS	NS	NS
CV (%) <sup>3</sup>		2,81	13,08	3,64	0,98	12,32

<sup>1</sup> Médias nas colunas com letras distintas para fator “ractopamina” (a, b) diferem pelo teste F, com  $P < 0,004$  para o valor de  $a^*$ ,  $P < 0,05$  para o valor de  $b^*$  e  $P < 0,05$  para a PPG.

<sup>2</sup> Não significativo ( $P > 0,05$ ).

<sup>3</sup> Coeficiente de variação.

A interação nível de ractopamina x nível de cromo-metionina não foi significativa ( $P > 0,05$ ) para nenhuma das variáveis de qualidade da carne. Por outro lado, constatou-se efeito da suplementação de 5 ppm de ractopamina nos valores de  $a^*$  ( $P < 0,004$ ),  $b^*$  ( $P < 0,05$ ) e na perda de peso por gotejamento ( $P < 0,05$ ) da carne dos animais. Estes resultados discordam daqueles obtidos por Agostini et al. (2008), Bridi et al. (2006), Carr et al. (2005) e Uttaro et al. (1993), principalmente, no que concerne à perda de peso por gotejamento. Enquanto neste estudo a inclusão de ractopamina nas dietas ocasionou diminuição na perda de peso por gotejamento,

naqueles, o referido agonista não acarretou alteração desta variável. É importante salientar que a perda de peso por gotejamento influencia o processamento industrial da carne (ROÇA, 2008). A quantidade de água exsudada é um problema sério para as indústrias, pois juntamente com a água são perdidas proteínas solúveis, vitaminas e minerais (BONAGURIO et al., 2003). Assim, o resultado do presente estudo indica que a ractopamina pode favorecer a fabricação de produtos nobres como os presuntos cozidos e crus. Além disso, uma vez realizado o corte para a venda, a menor perda de água da carne gera aspecto mais atrativo aos consumidores, uma vez que há menor acúmulo de água nas embalagens.

Pesquisas anteriores também têm demonstrado reduções significativas da ractopamina sobre os valores de  $a^*$  (AGOSTINI et al., 2008; CARR et al., 2005; UTTARO et al., 1993) e  $b^*$  (CARR et al., 2005; FERNÁNDEZ-DUEÑAS et al., 2008; UTTARO et al., 1993). Tais respostas têm sido obtidas, ora com apenas 5 e 7,4 ppm de ractopamina (FERNÁNDEZ-DUEÑAS et al., 2008), ora com 10 e/ou 20 ppm (AGOSTINI et al., 2008; CARR et al., 2005; UTTARO et al., 1993). Entretanto, há relatos mostrando que a suplementação de 5, 10 ou 20 ppm de ractopamina para suínos não influenciou a coloração da carne (ARMSTRONG et al., 2004; BRIDI et al., 2006; CROME et al., 1996; STITES et al., 1991). Além disso, neste estudo, não foi observado efeito significativo ( $P>0,05$ ) nos valores de  $L^*$ , resultado similar àqueles obtidos por vários pesquisadores (AGOSTINI et al., 2008; ARMSTRONG et al., 2004; BRIDI et al., 2006).

As discordâncias e inconsistência dos resultados encontrados na literatura com relação ao efeito da suplementação de ractopamina sobre os parâmetros de cor da carne suína podem ser atribuídas aos diferentes equipamentos utilizados para a descrição física da cor, bem como diferentes tipos de escalas, cada uma com seu diâmetro da abertura e ângulo de observação (ARMSTRONG et al., 2004). Desta forma, torna-se difícil estabelecer uma comparação de resultados obtidos por diferentes pesquisadores.

O valor de  $a^*$  é indicativo da concentração de oximioglobina presente na carne (JOHANSSON, 1989 apud UTTARO et al., 1993). Assim, com o menor valor de  $a^*$  encontrado neste estudo, pode-se sugerir que a inclusão de 5 ppm de ractopamina nas dietas de suínos, reduziu a quantidade de mioglobina oxigenada na carne, tornando-a com coloração menos vermelha. De modo geral, o valor de  $b^*$  avalia os pigmentos carotenóides que se depositam na gordura (BRESSAN et al., 2004). Pela tendência dos suínos em apresentarem maior deposição lipídica, tanto na camada subcutânea quanto no interior dos músculos com o aumento do peso, o

abate de animais mais pesados resultaria em maior presença de gordura intramuscular, ocasionando alterações nos valores de  $b^*$  (CISNEROS et al., 1996). Além disso, as alterações no valor de  $b^*$  podem ser um indicativo de mudanças na composição de ácidos graxos da gordura intramuscular (JOO et al., 2002).

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) da suplementação de ractopamina sobre o pH final. Este resultado é semelhante àquele obtido por Agostini et al. (2008), Bridi et al. (2006) e Carr et al. (2005). A suplementação de salbutamol, outro agonista beta-adrenérgico, para suínos em fase de terminação ocasionou pH final mais elevado, sugerindo que os agonistas beta-adrenérgicos acarretam menor produção de ácido láctico na carcaça (WARRISS et al., 1990). Agostini et al. (2008), por sua vez, trabalhando com 0, 10 e 20 ppm de ractopamina na dieta de suínos, observaram aumento linear dos níveis sanguíneos de lactato em função dos níveis do referido agonista.

A suplementação de cromo-metionina não influenciou ( $P>0,05$ ) nenhuma das variáveis de qualidade da carne, resultado semelhante àqueles obtidos por outras pesquisas com picolinato de cromo que, também, não demonstraram qualquer efeito na qualidade da carne dos animais (BOLEMAN et al., 1995; PAGE et al., 1992).

### 3 CONCLUSÕES

A inclusão de cromo-metionina na dieta de suínos em crescimento e terminação, embora tenha acarretado redução no consumo diário de ração, não alterou as demais variáveis de desempenho, nem as características de carcaça e a qualidade da carne dos animais. Por outro lado, ficou caracterizado o efeito benéfico da ractopamina sobre o desempenho, as características de carcaça e até mesmo da qualidade da carne dos suínos. A combinação de ractopamina com cromo-metionina, por sua vez, não se constituiu uma alternativa importante para a melhoria no desempenho, nas características de carcaça e, tampouco, na qualidade da carne dos animais.

## REFERÊNCIAS

- ADEOLA, O.; BALL, R.O.; YOUNG, L.G. Porcine skeletal muscle myofibrillar protein synthesis is stimulated by ractopamine. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 122, p. 488-495, 1992.
- AGOSTINI, P.S.; PACHECO, G.D.; SILVA, R.A.M.; YWAZAKI, M.S.; LOZANO, A.P.; VINOKUROVAS, S.L.; DALTO, D.B.; TARSITANO, M.A.; SILVA, C.A.; BRIDI, A.M. Níveis de ractopamina para suínos: efeitos no desempenho e características de carcaça associado ao diâmetro das fibras musculares. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 4., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba: AnimalWorld, 2008. p. 104-105.
- ALLHUS, J.L.; SCHAEFER, A.L.; MURRAY, A.C.; JONES, S.D.M. The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. **Meat Science**, Barking, v. 31, p. 397-409, 1992.
- ALLHUS, J.L.; JONES, S.D.; SCHAEFER, S.D.M.; TONG, A.K.W.; ROBERTSON, W.M.; MERRILL, J.K.; MURRAY, A.C. The effect of ractopamina on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 70, p. 943-952, 1990.
- ALMEIDA, E.C.; RODRIGUES, V.V.; AMARAL, N.O.; ZANGERONIMO, M.G.; RODRIGUES, P.B.; PHILOMENO, R.; SILVA, J.P. Desempenho de suínos em terminação recebendo rações formuladas com diferentes níveis de lisina, suplementadas ou não com ractopamina. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, IV, 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba: AnimalWorld, 2008. p. 121-122.
- AMOIKON, E.K.; FERNANDEZ, J.M.; SOUTHERN, L.L.; THOMPSON JÚNIOR, D.L.; WARD, T.L.; OLCOTT, B.M. Effects of chromium tripicolinate on growth, glucose tolerance, insulin sensitivity, plasma metabolites, and growth hormone in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 1123-1130, 1995.
- ANDERSON, R.A. Chromium. In: MERTZ, W. (Ed.). **Trace elements in human and animal nutrition**. San Diego: Academic Press, 1986. chap. 7, p. 225-244.
- ANJOS NETO, M.; RASCADO, R.R.; BENDHACK, L. Receptores  $\beta$ -adrenérgicos no sistema cardiovascular. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FISIOLOGIA CARDIOVASCULAR, 10., 2006, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: USP, FMRP, 2006. p. 3-12.

APPLE, J.K.; MAXWELL, C.V.; BROWN, D.C.; FRIESEN, K.G.; MUSSER, R.E.; JOHNSON, Z.B.; ARMSTRONG, T.A. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamina. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 3277-3287, 2004.

ARMSTRONG, T.A.; IVERS, D.J.; WAGNER, J.R.; ANDERSON, D.B.; WELDON, W.C.; BERG, E.P. The effect of dietary ractopamina concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 3245-3253, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS. **Método brasileiro de avaliação de carcaças**. Estrela, 1973. 17 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br>>. Acesso em: 27 out. 2008.

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. **Definitions for organic mineral complexes**. Atlanta, 1997. 266 p.

BARK, L.J.; STAHLY, T.S.; CROMWELL, O.L.; MIYAT, J.A. Influence of lean tissue growth capacity on responses of pigs to ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, p. 122, 1989.

\_\_\_\_\_. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamina. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 3391-3400, 1992.

BARROS, R.A.; OKOSHI, M.P.; CICOGNA, A.C. Via beta-adrenérgica em corações normais e hipertrofiados. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, São Paulo, v. 72, p. 641-648, 1999.

BEERMANN, D.H. Beta-adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, suppl. 1, p. E18-E23, 2002.

BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; FÁVERO, J.A.; AJALA, L.C.; SEVERINO NETO, J. Níveis de ractopamina na dieta e efeitos sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos em terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 1795-1802, 1991.

BENOVIC, J.L.; BOUVIER, M.; CARON, M.G.; LEFKOWITZ, R.J. Regulation of adenylyl cyclase-coupled  $\beta$ -adrenergic receptors. **Annual Review Cell of Biology**, New Jersey, v. 4, p. 405-428, 1988.

BERGE, P.H.; CULIOLI, J.; OUALI, A.; PARAT, M.F. Performance muscle composition and meat texture in veal calves administered a  $\beta$ -agonist (clenbuterol). **Meat Science**, Barking, v. 33, p. 191-206, 1993.

BERGEN, W.G. Protein synthesis in animal models. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 38, p. 1079-1091, 1974.

BERGEN, W.G.; JOHNSON, S.E.; SKJAERLUND, D.M.; BABIKER, A.S.; AMES, N.K.; MERKEL, R.A.; ANDERSON, D.B. Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, p. 2255-2262, 1989.

BERTOL, T.M.; LUDKE, J.V.; BELLAVER, C. Efeito do peso do suíno em terminação ao início da restrição alimentar sobre o desempenho e a qualidade da carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, p. 417-424, 2001.

BÖCKLEN, E.; FLAD, S.; MÜLLER, E.; VON FABER, H. Comparative determination of beta-adrenergic receptors in muscle, heart and back fat of Pietran and Large White pigs. **Animal Production**, Washington, v. 43, p. 335, 1986.

BOGGS, D.L.; MERKEL, R.A. Growth, development, and fattening of meat animals. In: \_\_\_\_\_. **Live animal carcass evaluation and selection manual**. Dubuque: Kendall/Hunt, 1993. chap. 2, p. 3-14.

BOLEMAN, S.L.; BOLEMAN, S.J.; BIDNER, T.D.; SOUTHERN, L.L.; WARD, T.L.; PONTIF, J.E.; PIKE, M.M. Effect of chromium picolinate on growth, body composition, and tissue accretion in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 2033-2042, 1995.

BONAGURIO, S.; PÉREZ, J.R.O.; FURUSHO GARCIA, I.F.; BRESSAN, M.C.; LEMOS, A.L.S.C. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, supl. 2, p. 1981-1991, 2003.

BOND, J.J.; CAN, L.A.; WARNER, R.D. The effect of exercise stress, adrenaline injection and electrical stimulation on changes in quality attributes and proteins in *Semimembranosus* muscle of lamb. **Meat Science**, Barking, v. 68, p. 469-477, 2004.



BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Instrução Normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004. **Sistema de Legislação Agrícola Federal**. Brasília: MAPA, 2004. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=10195>>. Acesso em: 25 ago. 2008.

BRESSAN, M.C.; JARDIM, N.S.; PERÉZ, J.N.O.; TOMAZINI, M.; LEMOS, A.L.S.C.; ODA, S.H.I.; PISA, A.C.C. Influência do sexo e faixas de peso ao abate nas características físico-químicas de carne de capivara. **Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, p. 357-362, 2004.

BRIDI, A.M.; SILVA, C.A.; HIOSHI, E. **Manipulação do número e tipo de fibra muscular e a produção de carne suína**. Disponível em: <[http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Carnes%20e%20Carcacas\\_arquivos/Desenvolvimento%20das%20fibras%20musculares.pdf](http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Carnes%20e%20Carcacas_arquivos/Desenvolvimento%20das%20fibras%20musculares.pdf)> Acesso em 25 ago. 2008.

BRIDI, A.M.; OLIVEIRA, A.R.; FONSECA, N.A.N.; SHIMOKOMAKI, M.; COUTINHO, L.L.; SILVA, C.A. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 2027-2033, 2006.

BROSSI, C. **Qualidade de carne de frango: efeito do estresse severo pré-abate, classificação pelo uso da cor e marinação**. 2007. 108 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

BRUMM, M.C.; MILLER, P.S.; THALER, R.C. Response of barrows to space allocation and ractopamina. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 3373-3379, 2004.

BUDIÑO, F.E.L.; FRAGA, A.L. Restrição alimentar e qualidade de carcaça em suínos. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 63, p. 43-54, 2006.

BUDIÑO, F.E.L.; THOMAZ, M.C.; NEME, R.; RUIZ, U.S.; FRAGA, A.L.; HUAYNATE, A.R.; CAVALCANTE NETO, A.; SANTOS, V.M. Desempenho e características de carcaça de suínos em terminação recebendo diferentes níveis e marcas comerciais de cloridrato de ractopamina. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 62, p. 245-250, 2005.

CANTARELLI, V.S. **Ractopamina em rações para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita.** 2007. 124 p. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástricos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

CAO, H.; BIDWELL, C.A.; WILLIAMS, S.K.; LIANG, W.; MILLS, S.E. Rapid communication: Nucleotide sequence of the coding region for the porcine beta 1-adrenergic receptor gene. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 1720-1721, 1998.

CARR, S.N.; RINCKER, P.J.; KILLEFER, J.; BAKER, D.H.; ELLIS, M.; McKEITH, F.K. Effects of different cereal grains and ractopamina hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, p. 223-230, 2005.

CARVALHEIRA, J.B.C.; ZECCHIN, H.G.; SAAD, M.J.A. Vias de sinalização da insulina. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabolismo**, São Paulo, v. 46, p. 419-425 2002.

CHANG, X.; MOWAT, D.N. Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 559-565, 1992.

CHANG, X.; MOWAT, D.N.; MALLARD, B.A. Supplemental chromium and niacin for stressed feeder calves. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 75, p. 351-358, 1995.

CISNEROS, F.; ELLIS, M.; McKEITH, F.K.; McCRAW, J.; FERNANDO, R.L. Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, commercial cutting and curing yields, and meat quality of barrows and gilts from two genotypes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 925-933, 1996.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. **Microingredientes:** microingredientes na Alimentação Animal. São Paulo: Sindirações; Anfal, 1998. 45 p.

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

CORINO, C.; ORIANI, G.; PANTALEO, L.; PASTORELLI, G.; SALVATORI, G. Influence of dietary vitamin E supplementation on “heavy” pig carcass characteristics, meat quality, and vitamin E status. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 1755-1761, 1999.

COUTINHO, L.L. Repartidores de nutrientes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: SBZ, 1990. p. 617-632.

COUTINHO, L.L.; GABRIEL, J.E.; ALVARES, L.E. Controle molecular do desenvolvimento da musculatura esquelética. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GENÉTICA E MELHORAMENTO ANIMAL, 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1999. p. 355-376.

COUTINHO, L.L.; CAMERON, J.K.; ROMSOS, D.R.; MERKEL, R.A.; BERGEN, W.G. Isoproterenol, ractopamine and clenbuterol stimulate lipolysis in porcine adipocytes with different affinity and maximal rate. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, suppl. 2, p.100, 1989.

CROME, P.K.; McKEITH, F.K.; CARR, T.R.; JONES, D.J.; MOWREY, D.H.; CANNON, J.E. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 709-716, 1996.

DABÉS, A.C. Propriedades da carne fresca. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, p. 32-40, 2001.

DALLA COSTA, O.A.; LUDTKE, C.B. Melhorias nos procedimentos do manejo pré-abate visando um incremento no bem-estar e na qualidade da carne dos suínos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO ANIMAL E ALIMENTOS SEGUROS, 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2007. p.1-10.

DE FREMERY, D.; POOL, M.F. The influence of post-mortem glycolysis on poultry tenderness. **Journal of Food Science**, Chicago, v.28, p.173-176, 1963.

DIRINCK, P.; WINNE, A.; CASTEELS, M.; FRIGG, M. Studies on vitamin E and meat quality. 1. Effect of feeding high vitamin E levels on time-related pork quality. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 44, p. 65-68, 1996.

DUNSHEA, F.R.; KING, R.H.; CAMPBELL, R.G.; SAINZ, R.D.; KIM, Y.S. Interrelationships between sex and ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 2919-2930, 1993.

ECKHARDT, O.H.O.; HORTA, F.C.; MORETTI, A.S.; GAMEIRO, A.H. Iniciativas do sistema agroindustrial da carne suína para sinalizar excelência. **Revista PorkWorld**, Campinas, v. 46, p. 156-162, 2008.

EVANS, G.W.; BOWMAN, T.D. Chromium picolinate increased membrane fluidity and rate of insulin internalization. **Journal of Inorganic Biochemistry**, New York, v. 46, p. 243-250, 1992.

FAKLER, T.M.; CUARÓN, J.A. Complexed chromium improves sow performance. In: AMERICAN ASSOCIATION OF SWINE VETERINARIANS, 2004, Des Moines. **Proceedings...** Des Moines: American Association, 2004. p. 167-169.

FELÍCIO, P.E. Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. p. 1-11.

FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D.M.; MYERS, A.J.; SCRAMLIN, S.M.; PARKS, C.W.; CARR, S.N.; KILLEFER, J.; McKEITH, F.K. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy weight pigs fed ractopamina hydrochloride (Paylean®). **Journal of Animal Science**, Champaign, 2008. Disponível em: <<http://jas.fass.org/cgi/reprint/jas.2008-0899v1>>. Acesso em: 24 out. 2008.

FIEMS, L.O. Review effect of beta-adrenergic agonists in animal production and their mode of action. **Annales de Zootechnie**, Paris, v. 36, p. 271-290, 1987.

FLETCHER, D.L. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 58, p. 131-145, 2002.

FONSECA-ALANIZ, M.H.; TAKADA, J.; ALONSO-VALE, M.I.; LIMA, F.B. O tecido adiposo como centro regulador do metabolismo. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabolismo**, São Paulo, v. 50, p. 216-229, 2006.

FORREST, J.C.; ABERLE, E.D.; HEDRICK, H.B.; JUDGE, M.D.; MERKEL, R.A. **Fundamento de ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979. 363 p.

FOSCHINI, R.M.S.A.; RAMALHO, F.S.; BICAS, H.E.A. Células satélites musculares. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, São Paulo, v. 67, p. 681-687, 2004.

FRÜHBECK, G.; GÓMEZ-AMBROSI, J.; MURUZÁBAL, F.J.; BURRELL, M.A. The adipocyte: A model for integration of endocrine and metabolic signaling in energy metabolism and regulation. **American Journal of Physiology – Endocrinology and Metabolism**, Bethesda, v. 280, p. E827–E847, 2001.

GARCÍA, A.G.; GARNES, P.M. Papel del cromo y del cinc en el metabolismo de la insulina. **Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social**, Colonia Juárez, v. 42, p. 347-352, 2004.

GARCIA, O.S. Minerais orgânicos: um avanço na nutrição animal. In: DIAZ GONZALES, F.H.; OSPINA, H.; BARCELLOS, J.O.J. (Ed.). **Nutrição mineral em ruminantes**. Porto Alegre: UFRGS, 1998. p. 133-148.

GARCÍA-CASTILLO, R.F.; GUTIÉRREZ-BAÑUELOS, H.; MELLADO-BOSQUE, M.; MORONES-REZA, R. Cromo L-metionina en dietas basadas em sorgo y soya em cerdas primerizas. **Revista Agraria – Nueva Epoca**, Buenavista, v. 1, p. 6-11, 2004.

GARCIA-SAINZ, J.A.; FAIN, J.N. Regulation of adipose tissue metabolism by catecholamines: role of  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  and beta adrenoceptors. **Trends in Pharmacological Science**, London, v. 3, p. 201-203, 1982.

GILL, C.O.; HOLLEY, R.A. Mecanismos de mudanças de cor em carnes frescas e processadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 3., 2005, São Pedro. **Anais eletrônicos...** São Pedro: ITAL, 2005. Disponível em: [http://www.ital.sp.gov.br/ctc/eventos/terceiro\\_congresso/apresentacao.html](http://www.ital.sp.gov.br/ctc/eventos/terceiro_congresso/apresentacao.html). Acesso em: 26 set. 2008.

GOMES, M.R.; ROGEDO, M.M.; TIRAPEGUI, J. Considerações sobre cromo, insulina e exercício físico. **Revista Brasileira de Medicina e Esporte**, São Paulo, v. 11, p. 262-266, 2005.

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, p. 316-329, 1993.

GRANT, A.L.; SKJAERLUND, D.M.; HELFERICH, W.G.; BERGEN, W.G.; MERKEL, R.A. Skeletal muscle growth and expression of skeletal muscle  $\alpha$ -actin mRNA and insulin-like growth factor I mRNA in pigs during feeding and withdrawal of ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 3319-3326, 1993.

GREGOIRE, F.M.; SMAS, C.M.; SUL, H.S. Understanding adipocytes differentiation. **Physiological Reviews**, Bethesda, v. 78, p. 783-809, 1998.

GU, Y.; SCHINCKEL, A.P.; FORREST, J.C.; KUCI, C.H.; WATKINS, L.E. Effects of ractopamine, genotype, and growth phase on finishing performance and carcass value in swine: I. Growth performance and carcass merit. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 2685-2693, 1991.

HACKENHAAR, L. **Níveis de ferro, inorgânico ou quelatado, em rações iniciais de suínos com altos níveis de cobre e zinco**. 1992. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

HADCOCK, J.R.; WANG, H.Y.; MALBON, C.C. Agonist-induced destabilization of b-adrenergic receptor mRNA. **Journal of Biological Chemistry**, New York, v. 264, p. 19928-19933, 1989.

HARPER, A.F.; KORNEGAY, E.T. Supplemental dietary chromium and fish meal for pigs from weaning to slaughter weight. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, suppl. 1, p. 194, 1996.

HEDRICK, H.B.; ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; JUDGE, M.D.; MERKEL, R.A. Conversion of muscle to meat and development of meat quality. In: \_\_\_\_\_. **Principles of meat science**. Dubuque: Kendall/Hunt, 1994a. chap. 5, p. 95-122.

\_\_\_\_\_. Properties of fresh meat. In: \_\_\_\_\_. **Principles of meat science**. Dubuque: Kendall/Hunt, 1994b. chap. 6, p. 123-131.

HEO, K.; ODLE, J.; HAN, I.K.; CHO, W.; SEO, S.; VAN HEUGTEN, E.; PILKINGTON, D.H. Dietary L-carnitine improves nitrogen utilization in growing pigs fed low energy, fat – containing diets. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 130, p. 1809-1814, 2000.

HERMSDORFF, H.H.M.; MONTEIRO, J.B.R. Gordura visceral, subcutânea ou intracelular: onde está o problema? **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v. 48, p. 803-811, 2004.

HERR, C.T.; YAKE, W.; ROBSON, C.; KENDALL, D.C.; SCHINCKEL, A.P.; RICHERT, B.T. Effect of nutritional level while feeding Paylean™ to late-finishing pigs. **Swine Day**, Purdue, 2000. Disponível em: <http://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday00/16.pdf>. Acesso em: 12 out. 2008.

HONIKEL, K.E.; FISCHER, C. A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine muscle. **Journal of Food Science**, Albany, v. 42, p. 1633-1636, 1977.

HONIKEL, K.O.; HAMM, R. Measurement of water-holding capacity and juiciness. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Ed.). **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**. New York: Chapman & Hall, 1994. chap. 5, p. 125-159.

HOSSAIN, S.M.; BARRETO, S.L.; SILVA, C.G. Growth performance and carcass composition of broilers fed supplemental chromium from chromium yeast. **Animal feed science technology**, New York, v. 71, p. 217-228, 1998.

HUNTERLAB. CIE L\* a\* b\* color scale. **Applications Note**, Reston, v. 8, p. 1-4, 1996.

\_\_\_\_\_. What is color and how is measured? **Applications Note**, Reston, v. 12, p. 1-8, 2000.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. **Recommendations on uniform color space, color different equations, psychometric color terms**. Bureau Central de la CIE, Paris, 1978. (Supplement. 2).

JOO, S.T.; LEE, J.I.; HA, Y.L.; PARK, G.B. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 108-112, 2002.

JUNQUEIRA, L.C.U.; CARNEIRO, J. Tecido adiposo. In: \_\_\_\_\_. **Histologia básica: texto e atlas**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2004a. cap. 6, p. 125-129.

\_\_\_\_\_. Tecido muscular. In: \_\_\_\_\_. **Histologia básica: texto e atlas**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2004b. cap. 10, p. 184-205.

KAHN, C.R. Membrane receptor for hormones and neurotransmitters. **The Journal of Cell Biology**, New York, v. 70, p. 261-286, 1976.

KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v. 3, n. 3, 2005. Disponível em:  
<[http://www.nutritime.com.br/Consultas2/023V2N3P206\\_220\\_MAI2005.pdf](http://www.nutritime.com.br/Consultas2/023V2N3P206_220_MAI2005.pdf)> Acesso em: 23 ago. 2008.

KOKTA, T.A.; DODSON, M.V.; GERTLER, A.; HILL, R.A. Intercellular signaling between adipose tissue and muscle tissue. **Domestic Animal Endocrinology**, Alburn, v. 27, p. 303-331, 2004.

KORNEGAY, E.T.; WANG, Z.; WOOD, C.M.; LINDEMANN, M.D. Supplemental chromium picolinate influences nitrogen balance, dry matter digestibility, and carcass traits in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 1319-1323, 1997.

KOTLER, P. Satisfação, valor e retenção do cliente. In: \_\_\_\_\_. **Administração de marketing**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2000. cap. 2, p. 55-84.

LAVORENTI, A. **Equilíbrio dos complexos e quelatos**. Piracicaba, 2002. Disponível em:  
<<http://ce.esalq.usp.br/arquimedes/Atividade08.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2008

LAWRENCE, B.V.; SCHINCKEL, A.P.; ADEOLA, O.; CERA, K. Impact of betaine on pig finishing performance and carcass composition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 475-482, 2002.

LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384 p.

LEFKOWITZ, R.J.; CARON, M.G. Regulation of adrenergic receptor function by phosphorylation. **Journal of Molecular and Cellular Cardiology**, London, v. 18, p. 885-895, 1986.

LEONARDO, E.F. **A expressão da isoforma de calpastatina responsiva à ractopamina altera a maciez da carne, com implicações na eficiência de crescimento de suínos**. 2008. 64 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

LIANG, W.; MILLS, S. Quantitative analysis of  $\beta$ -adrenergic receptor subtypes in pig tissues. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 963-970, 2002.



LIANG, W.; BIDWELL, S.K.; WILLIAMS, S.K.; MILLS, S.E. Rapid communication: molecular cloning of the porcine beta 2-adrenergic receptor gene. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 2824-2827, 1997.

LIEN, T.F.; WU, C.P.; LIN, B.H.; WANG, B.J.; LU, J.J.; SHIAO, T.Y. Effect of different protein and limiting amino acid levels coupled with a supplement of chromium picolinate on lipid metabolism and carcass characteristics of pigs. **Animal Science**, Penicuik, v. 67, p. 601-607, 1998.

LIEN, T.F.; WU, C.P.; WANG, B.J.; SHIAO, T.Y.; LIN, B.H.; LU, J.J.; HU, C.Y. Effects of supplemental levels of chromium picolinate on the growth performance, serum traits, carcass characteristics and lipid metabolism of growing-finishing pigs. **Animal Science**, Penicuik, v. 72, p. 289-296, 2001.

LIMA, G.J.M.M.; GUIDONI, A.L. Níveis de cromo-ácido nicotínico em dietas de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 433-439, 1999.

LIMBIRD, L.E. The receptor concept: a continuing evolution. **Molecular Interventions**, Bethesda, v. 4, p. 326-336, 2004.

LINDEMANN, M.D.; WOOD, C.M.; HARPER, A.F.; KORNEGAY, E.T.; ANDERSON, R.A. Dietary chromium picolinate additions improve gain: feed and carcass characteristics in growing-finishing pigs and increase litter size in reproducing sows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 457-465, 1995.

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

LIU, C.Y.; GRANT, A.L.; KIM, K.H.; JI, S.Q.; HANCOCK, D.L.; ANDERSON, D.B.; MILLS, S.E. Limitations of ractopamine to affect adipose tissue metabolism in swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 62-67, 1994.

LLOBERA, R. **Valoración urinaria del cinc y cromo em la Diabetes Mellitus**. 2006. 293 p. Tese – Hospital Universitari Germans Trias I Pujol, Universidad Autònoma de Barcelona, Badalona, 2006.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: O Autor, 2000. 134 p.

LUNDSTROM, K.; DAHLBERG, E.; NYBERG, L.; SNOCHOWSKI, M.; STANDAL, N.; EDQVIST, L.E. Glucocorticoid and androgen characteristics in two lines of pigs selected for rate of gain and thickness of backfat. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 56, p. 401-409, 1983.

MAcDOUGALL, D.B. Colour of meat. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Ed.). **Quality attributes and their measurement**. London: Blackie Academic & Professional, 1994. chap. 3, p. 79-93.

MANTESE, F.G. **Transformação do músculo em carne**. Seminário apresentado na disciplina Bioquímica do Tecido Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em: <<http://www6.ufrgs.br/bioquimica/posgrad/BTA/carne.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2008.

MARANGON, A.F.C.; FERNANDES, L.G.M. O uso do picolinato de cromo como coadjuvante no tratamento de *diabetes mellitus*. **Universitas Ciências da Saúde**, Brasília, v. 3, p. 253-260, 2005.

MARCHANT-FORDE, J.N.; LAY JR., D.C.; PAJOR, E.A.; RICHERT, B.T.; SCHINCKEL, A.P. The effects of ractopamina on the behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 416-422, 2003.

MARCHI, A. O consumo de carne suína no Brasil. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA, 2001. p. 29-32.

MARINHO, P.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O.; SILVA, M.A.; PEREIRA, F.A.; AROUCA, C.L.C. Efeito dos níveis de lisina digestível e da ractopamina sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 1791-1798, 2007a.

\_\_\_\_\_. 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**, Viçosa, v. 36, p. 1061-1068, 2007b.

MATTHEWS, J.O.; SOUTHERN, L.L.; FERNANDEZ, J.M.; PONTIF, J.E.; BIDNER, T.D.; ODGAARD, R.L. Effect of chromium picolinate and chromium propionate on glucose and insulin kinetics of growing barrows and on growth and carcass traits of growing-finishing barrows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, p. 2172-2178, 2001.

McGRAW, D.; LIGGETT, S.B. Molecular mechanisms of  $\beta_2$ -adrenergic receptor function and regulation. **Proceedings of the American Thoracic Society**, New York, v. 2, p. 292-296, 2005.

McNEEL, R.L.; MERSMANN, H.J. Distribution and quantification of beta1-, beta2-, and beta3-adrenergic receptor subtype transcripts in porcine tissues. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 611-621, 1999.

MENDES, P.M. **Emprego de um agonista  $\beta_2$  adrenérgico, a ractopamina, em diferentes esquemas de utilização, na fase final de terminação de suínos.** 2005. 50 p. Dissertação (Mestrado em Reprodução Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

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

\_\_\_\_\_. Beta-adrenergic receptor modulation of adipocyte metabolism and growth. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, suppl. 1, p. E24-E29, 2002.

MERSMANN, H.J.; CAREY, G.B.; SMITH, E.O. Adipose tissue beta-adrenergic and A1 adenosine receptors in suckling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 3161-3168, 1997.

MERTZ, W. Chromium in human nutrition: a review. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 123, p. 626-633, 1993.

MERTZ, W.; ROGINSKI, E.E. Effects of chromium (III) supplementation on growth and survival under stress in rats fed low protein diets. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 97, p. 531-536, 1969.

MILLS, S. Biological basis of the ractopamina response. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, suppl. 2, p. E28-E32, 2002.

MILLS, S.E.; SPURLOCK, M.E.; SMITH, D.J.  $\beta$ -Adrenergic receptor subtypes that mediate ractopamina stimulation of lipolysis. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 662-668, 2003.

MILLS, S.E.; KISSEL, J.; BIDWELL, C.A.; SMITH, D.J. Stereoselectivity of porcine  $\beta$ -adrenergic receptors for ractopamina stereoisomers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 122-129, 2003.

MILLS, S.E.; LIU, C.Y.; GU, Y.; SCHINCKEL, A.P. Effects of ractopamine on adipose tissue metabolism and insulin binding in finishing hogs. Interaction with genotype and slaughter weight. **Domestic Animal Endocrinology**, Alburn, v. 7, p. 251-264, 1990.

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

MITCHELL, A.D.; SOLOMON, M.B.; STEELE, N.C. Influence of level of dietary protein or energy on effects of ractopamine in finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 4487-4495, 1991.

MIYADA, V.S. Uso do conceito de proteína ideal na alimentação e nutrição de suínos. In: MATTOS, W.R.S. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 195-201.

MOONEY, K.W.; CROMWELL, G.L. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on growth, carcass characteristics, and accretion rates of carcass tissues in growing-finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 3351-3357, 1995.

\_\_\_\_\_. Efficacy of chromium picolinate and chromium chloride as potential carcass modifiers in swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 2661-2671, 1997.

\_\_\_\_\_. Efficacy of chromium picolinate on performance and tissue accretion in pigs with different lean gain potential. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 1188-1198, 1999.

MORAES, S.S. **Novos microelementos minerais e minerais quelatados na nutrição de bovinos**. Campo Grande: EMBRAPA, 2001. 22 p. (Documentos, 119).

MORGAN, D.J. Clinical pharmacokinetics of  $\beta$ -agonists. **Clinical Pharmacokinetics**, Amsterdam, v. 18, p. 270-294, 1990.

MOSER, R.L.; DALRYMPLE, R.H.; CORNELIUS, S.G.; PETTIGREW, J.E.; ALLEN, C.E. Effect of cimaterol (CL 263, 780) as a repartitioning agent in the diet for finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 62, p. 21-26, 1986.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1988. 93 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1998. 189 p.

NGAPO, T.M.; MARTIN, J.F.; DRANSFIELD, E. International preferences for pork appearance: I. Consumer Choices. **Food Quality and Preference**, London, v. 18, p. 26-36, 2007.

NORMAN, A.W.; LITWACK, G. Pancreatic hormones: insulin and glucagons. In: \_\_\_\_\_. **Hormones**. New York: Academic Press, 1997. chap. 7, p. 193-235.

OFFER, G.; KNIGHT, P. The structural basis of water holding in meat. Part 1: General principles and water uptake in meat processing. In: LAWRIE, R. (Ed.). **Developments in meat science-4**. London: Elsevier Applied Science, 1988. chap. 3, p. 63-171.

OLIVEIRA, A.L. Búfalos: produção, qualidade de carcaça e de carne. Alguns aspectos quantitativos, qualitativos e nutricionais para promoção do melhoramento genético. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 29, p. 122-134, 2005.

OLIVEIRA, V.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F.; ARAUJO, J.S. Efeito do picolinato de cromo na digestibilidade dos nutrientes e metabólitos sanguíneos de suínos. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 56, p. 137-143, 2007.

OPIE, L.H. Receptors and signal transduction. In: \_\_\_\_\_. **The heart physiology and metabolism**. New York: Raven Press, 1991. chap. 8, p. 145-176.

O'QUINN, P.R.; SMITH II, J.W.; NELSSSEN, J.L.; TOKACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; OWEN, K.Q. Effects of source and level of added chromium on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, suppl. 2, p. 56, 1998.

PAGE, K.A.; HARTZELL, D.L.; LI, C.; WESTBY, A.L.; DELLA-FERA, M.A.; AZAIN, M.J.; PRINGLE, T.D.; BAILE, C.A.  $\beta$ -Adrenergic receptor agonists increase apoptosis of adipose tissue in mice. **Domestic Animal Endocrinology**, Alburn, v. 26, p. 23-31, 2004.

PAGE, T.G.; SOUTHERN, L.L.; WARD, T.L.; THOMPSON JÚNIOR, D.L. Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 656-662, 1993.

PAGE, T.G.; BOLEMAN, S.L.; PIKE, M.M.; WARD, T.L.; BOLEMAN, S.J.; SOUTHERN, L.L.; BIDNER, T.D.; PONTIF, J.E. Effect of chromium picolinate on carcass traits and aging on pork quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, suppl. 1, p. 218, 1992.

PALERMO NETO, J. Agonistas de receptores  $\beta_2$ -adrenérgicos e produção animal. In: SPINOSA, H.S.; GÓRNIK, S.L.; BERNARDI, M.M. (Ed.). **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. cap. 50, p. 545-557.

PENZ JÚNIOR, A.M.; VIOLA, E.S. Nutrição. In: SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P.R.S.; SESTI, L.A.C. (Ed.). **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. Concórdia: EMBRAPA, 1998. cap. 3, p. 45-60.

PÉREZ, A.; OBISPO, N.E.; PALMA, J.; CHICCO, C.F. Efectos de la ractopamina y lisina sobre la deposición de grasa en cerdos seleccionados magros en la fase de engorda. **Revista Científica Zootecnia Tropical**, Maracay, v. 24, p. 435-455, 2006.

POZZA, P.C.; SANTOS, M.S.; NUNES, R.V.; OELKE, C.A.; SOUZA, F.H.; PETRY, L.; DUNKE, L.J. 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.

RADCLIFFE, J.S. A importância dos modificadores de carcaça suína para a qualidade da carne. **Porkworld**, Campinas, v. 22, p. 50-54, 2004.

RAMOS, F.; SILVEIRA, M.I.N. Agonistas adrenérgicos  $\beta_2$  e produção animal. II. Relação estrutura-atividade e farmacocinética. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v. 96, p. 167-175, 2001.

RAYMOND, J.R.; HNATOWICH, M.; LEFKOWITZ, R.J.; CARON, M.G. Adrenergic receptors. Models for regulation of signal transduction processes. **Hypertension**, Hagerstown, v. 15, p. 119-131, 1990.

RICKE, E.A.; SMITH, D.J.; FEIL, V.J.; LARSEN, G.L.; CATON, J.S. Effects of ractopamine HCl stereoisomers on growth, nitrogen retention, and carcass composition in rats. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 701-707, 1999.

ROÇA, R.O. **Propriedades da carne**. Disponível em: <<http://puhrs.campus2.br/~thompson/TPOA-Carne/Roca107.pdf>> Acesso em 26 out. 2008.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186 p.

RUTZ, F.; XAVIER, E.G. Agentes repartidores de energia para aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 201-218.

SANCHES, J.F.; KIEFER, C.; MOURA, M.S.; SILVA, E.A.; CARRIJO, A.S.; LUZ, M.F.; NANTES, C.N. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação mantidos em ambiente de conforto térmico. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 4., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba: AnimalWorld, 2008. p. 117-119.

SARCINELLI, M.F.; VENTURINI, K.S.; SILVA, L.C. **Características da carne suína**. Disponível em: <[http://www.agais.com/telomc/b00907\\_caracteristicas\\_carnesuina.pdf](http://www.agais.com/telomc/b00907_caracteristicas_carnesuina.pdf)>. Acesso em: 08 out. 2008.

SCHIERHOLT, A.S.; GUIMARÃES, S.E.F.; LOPES, P.S.; FARIA, D.A.; MENDONÇA, P.T.; COLUMBIANO, V.S.; SILVA, P.V.C. Análise da seqüência do gene da miogenina em suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. p. 1-4.

SCHINCKEL, A.P.; RICHERT, B.T.; HERR, C.T. Variation in the response of multiple genetic populations of pigs to ractopamina. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, suppl. 2, p. E85-E89, 2002.

SCHINCKEL, A.P.; RICHERT, B.T.; KENDALL, D.C. Modeling the response to Paylean<sup>®</sup> and dietary lysine requirements. **Swine Research Report**, Purdue, 2000. Disponível em: <http://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday01/4.pdf>. Acesso em: 12 out. 2008.

SCHINCKEL, A.P.; HERR, C.T.; RICHERT, B.T.; FORREST, J.C.; EINSTEIN, M.E. Ractopamine treatment biases in the prediction of pork carcass composition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 16-28, 2003.

SCHINCKEL, A.P.; RICHERT, B.T.; HERR, C.T.; EINSTEIN, M.E.; KENDALL, D.C. Efeito da ractopamina sobre o crescimento, a composição da carcaça e a qualidade dos suínos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA, 2001. p. 278-292.

SCHLINDWEIN, M.M.; KASSOUF, A.L. Análise da influência de alguns fatores socioeconômicos e demográficos no consumo domiciliar de carnes no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 44, p. 549-572, 2006.

SCHROEDER, H.A. Losses of vitamins and trace minerals resulting from processing and preservation of foods. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Brattleboro, v. 24, p. 562-573, 1971.

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**, Champaign, v. 82, p. 2474-2480, 2004.

SILVA, C.E. **Transportadores de glicose: tecidos dependentes e independentes de insulina**. Seminário apresentado na disciplina Bioquímica do Tecido Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. Disponível em: <[http://www6.ufrgs.br/bioquimica/posgrad/BTA/transp\\_glicose.pdf](http://www6.ufrgs.br/bioquimica/posgrad/BTA/transp_glicose.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2008.

SILVA, L.M.G.S. **Cromo na alimentação de frangos de corte**. 2007. 52 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

SILVA, M.L.F.; WOLP, R.C.; AMARAL, N.O.; CARVALHO JÚNIOR, F.M.; PEREIRA, L.M.; RODRIGUES, V.V.; FIALHO, E.T. Efeito da ractopamina em rações com diferentes níveis de lisina sobre as características de carcaça de suínos machos castrados e fêmeas. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 4., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba: AnimalWorld, 2008. p. 111-113.



SMITH, C.K.; LEE, D.E.; COUTINHO, L.L. Quantitative analysis of the selectivity of ractopamina for  $\beta$ -adrenergic receptor subtypes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, suppl. 1, p. 284, 1990.

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

SMITH, J.W.; OWEN, K.Q.; NELSEN, J.L.; GOODBAND, R.D.; TOKACH, M.D.; FRIESEN, K.G.; LOHRMANN, T.L.; BLUM, S.A. The effects of dietary carnitine, betaine, and chromium nicotinate supplementation on growth and carcass characteristics in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, suppl. 1, p. 274, 1994.

SMITH, W.C.; PURCHAS, R.W.; VAN ENKEVORT, A.; PEARSON, G. Effects of ractopamine on the growth and carcass quality of entire Male and female pigs fed ad libitum or at a restricted level. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 38, p. 373-380, 1995.

SOUZA, H.B.A. Parâmetros físicos e sensoriais utilizados para avaliação de qualidade da carne de frango. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS, 5., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: AVESUI, 2005. p. 91-96.

SPURLOCK, M.E.; CUSUMANO, J.C.; MILLS, S.E. The affinity of ractopamina, clenbuterol, and L-644,969 for the beta-adrenergic receptor population in porcine adipose tissue and skeletal muscle membrane. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 2061-2065, 1993.

SPURLOCK, M.E.; CUSUMANO, J.C.; JI, S.Q.; ANDERSON, D.B.; SMITH II, C.K.; HANCOCK, D.L.; MILLS, S.E. The effect of ractopamina on  $\beta$ -adrenoceptor density and affinity in porcine adipose and skeletal muscle tissue. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 75-80, 1994.

STAHL, C.A.; CARLSON-SHANNON, M.S.; WIEGAND, B.R.; MEYER, D.L.; SCHMIDT, T.B.; BERG, E.P. The influence of creatine and high glycemic carbohydrate on the performance and meat quality of market hogs fed ractopamine hydrochloride. **Meat Science**, Barking, v. 75, p. 143-149, 2007.

STAHLY, T.S.; BARK, L.J. Impact of somatotropin and beta-adrenergic agonists in swine. In: MILLER, E.R.; ULLREY, D.E.; LEWIS, A.J. (Ed.). **Swine nutrition**. Stoneham: Butterworth Heinemann, 1991. p. 103-117.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS: user's guide statistics**. Cary, 2001. 155 p.

STITES, C.R.; McKEITH, F.K.; SINGH, S.D.; BECHTEL, P.J.; MOWREY, D.H.; JONES, D.J. The effect of ractopamina hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 3094-3101, 1991.

STOLLER, G.M.; ZERBY, H.N.; MOELLER, S.J.; BAAS, T.J.; JOHNSON, C.; WATKINS, L.E. The effect of feeding ractopamina (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 1508-1516, 2003.

UTTARO, B.E.; BALL, R.O.; DICK, P.; RAE, W.; VESSIE, G.; JEREMIAH, L.E. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 2439-2449, 1993.

VAN de LIGT, C.P.A.; LINDEMANN, M.D.; CROMWELL, G.L. Assessment of chromium tripicolinate supplementation and dietary protein level on growth, carcass, and blood criteria in growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 2412-2419, 2002.

VENTURINI, A.C. Métodos de avaliação instrumental da cor de carnes frescas. In: CONTRERAS CASTILLO, C.J. (Ed.). **Qualidade da carne**. São Paulo: Varela, 2006. cap. 11, p. 201-207.

VICENT, J.B. Relationship between glucose tolerance factor and low-molecular weight chromium-binding substance. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 124, p. 117-119, 1994.

\_\_\_\_\_. Mechanisms of chromium action: low- molecular weight chromium-binding substance. **Journal of the American College of Nutrition**, Clearwater, v. 18, p. 6-12, 1999.

\_\_\_\_\_. The biochemistry of chromium. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 130, p. 715-718, 2000.

XIONG, Y.L.; GOWER, M.J.; LI, C.; ELMORE, C.A.; CROMWELL, G.L.; LINDEMANN, M.D. Effect of dietary ractopamina on tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. **Meat Science**, Barking, v. 73, p. 600-604, 2006.

- WARD, T.L.; SOUTHERN, L.L.; BIDNER, T.D. Interactive effects of dietary chromium tripicolinate and crude protein level in growing-finishing pigs provided inadequate and adequate pen space. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 1001-1008, 1997.
- WARRISS, P.D.; BROWN, S.N.; ROLPH, T.P.; KESTIN, S.C. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 3669-3676, 1990.
- WATKINS, L.E.; JONES, D.J.; MOWREY, D.H.; ANDRESON, D.B.; VEENHUIZEN, E.L. The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 3588-3595, 1990.
- WEBER, T.E.; RICHERT, B.T.; BELURY, M.A.; GU, Y.; ENRIGHT, K.; SCHINCKEL, A.P. Evaluation of the effects of dietary fat, conjugated linoleic acid, and ractopamine on growth performance, pork quality, and fatty acid profiles genetically lean gilts. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 720-732, 2006.
- WEBSTER, M.J.; GOODBAND, R.D.; TOKACH, M.D.; UNRUH, J.A.; NELSSSEN, J.L.; DRITZ, S.S.; REAL, D.E.; DeROUCHEY, J.M.; WOODWORTH, J.C.; MARSTELLER, T.A. Interactive effects between Paylean<sup>TM</sup> (ractopamine HCl) and dietary lysine on finishing pig growth performance, carcass characteristics and tissue accretion. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, suppl. 1, p. 187-196, 2001.
- WILLIAMS, N.H.; CLINE, T.R.; SCHINCKEL, A.P.; JONES, D.J. The impact of ractopamina, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 3152-3162, 1994.
- YANG, N.; JIANG, R.S. Recent advances in breeding for quality chickens. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 61, p. 373-381, 2005.
- YEN, J.T.; MERSMANN, H.J.; HILL, D.A.; POND, W.G. Effects of ractopamina on genetically obese and lean pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 3705-3712, 1990.

## **APÊNDICES**

APÊNDICE A – Peso vivo inicial (PVI, kg), peso vivo final do período de crescimento I (PVFCI, kg), peso vivo final do período de crescimento II (PVFCII, kg) e peso vivo final (PVF, kg), considerando a média da unidade experimental

Períodos	Blocos	Tratamentos <sup>1</sup>			
		C	Rac	Cr-Met	Rac + Cr-Met
PVI (kg)	1	31,10	31,05	30,85	30,90
	2	29,85	30,05	29,85	30,15
	3	28,75	28,75	28,50	28,95
	4	26,85	27,40	27,25	27,15
	5	25,60	25,90	25,75	25,85
	6	24,85	23,85	24,75	24,90
	7	23,75	23,85	23,95	23,85
	8	21,75	21,95	20,70	21,40
	Média	26,56	26,60	26,45	26,64
PVFCI (kg)	1	49,30	49,70	51,40	48,10
	2	51,85	51,55	49,10	50,25
	3	47,85	49,30	50,95	46,25
	4	52,00	53,75	49,50	51,60
	5	50,35	52,75	51,80	52,65
	6	46,80	46,30	50,05	52,00
	7	51,05	52,25	49,75	50,95
	8	54,00	51,75	49,00	52,40
	Média	50,40	50,92	50,19	50,53
PVFCII (kg)	1	68,85	69,50	69,85	69,75
	2	72,50	71,55	70,10	70,30
	3	69,25	69,45	71,50	62,80
	4	71,80	68,60	66,10	67,65
	5	69,70	73,50	72,80	73,20
	6	72,30	72,55	76,30	71,70
	7	73,25	72,45	71,05	73,50
	8	70,05	63,55	66,15	68,50
	Média	70,96	70,14	70,48	69,68
PVF (kg)	1	110,10	109,15	109,75	112,55
	2	111,15	119,00	110,05	115,90
	3	115,90	111,25	124,85	109,30
	4	117,60	123,85	120,45	111,95
	5	108,25	118,90	114,50	118,35
	6	114,25	110,25	115,25	122,60
	7	114,95	121,80	107,00	121,15
	8	110,80	109,75	115,35	117,50
	Média	112,88	115,49	114,65	116,16

<sup>1</sup> C = sem ractopamina e cromo-metionina; Rac = com ractopamina e sem cromo-metionina; Cr-Met = com cromo-metionina e sem ractopamina; Rac + Cr-Met = com ractopamina e cromo-metionina.

APÊNDICE B – Consumo diário de ração (kg) dos suínos nos períodos de crescimento I, crescimento II, terminação e período total, considerando a média da unidade experimental

Períodos	Blocos	Tratamentos <sup>1</sup>			
		C	Rac	Cr-Met	Rac + Cr-Met
Crescimento I	1	2,00	2,29	2,35	1,99
	2	2,44	2,20	1,90	2,13
	3	1,90	2,13	2,17	1,79
	4	1,99	2,06	1,82	2,05
	5	1,95	2,13	1,92	2,11
	6	1,77	1,68	2,07	2,21
	7	2,13	2,00	1,78	1,96
	8	1,98	1,69	1,68	2,02
	Média	2,02	2,02	1,96	2,03
Crescimento II	1	2,46	2,59	2,55	2,79
	2	3,05	2,49	2,47	2,55
	3	2,33	2,61	2,67	1,94
	4	2,73	2,18	2,33	2,38
	5	2,40	2,49	2,53	2,44
	6	2,26	2,42	2,53	2,14
	7	2,46	2,82	2,33	2,51
	8	2,56	1,85	2,51	2,59
	Média	2,53	2,43	2,49	2,42
Terminação	1	2,74	2,53	2,50	2,76
	2	3,01	3,08	2,88	2,98
	3	2,61	2,56	3,41	2,56
	4	2,83	2,96	2,87	2,40
	5	3,02	3,31	3,16	2,92
	6	3,16	3,46	3,31	3,14
	7	3,00	3,36	3,01	3,15
	8	3,07	2,53	3,02	3,04
	Média	2,93	2,97	3,02	2,87
Total	1	2,53	2,50	2,48	2,62
	2	2,88	2,72	2,54	2,66
	3	2,38	2,47	2,96	2,24
	4	2,58	2,56	2,48	2,30
	5	2,54	2,75	2,63	2,55
	6	2,50	2,65	2,73	2,58
	7	2,59	2,80	2,45	2,61
	8	2,59	2,10	2,45	2,59
	Média	2,57	2,57	2,59	2,52

<sup>1</sup>C = sem ractopamina e cromo-metionina; Rac = com ractopamina e sem cromo-metionina; Cr-Met = com cromo-metionina e sem ractopamina; Rac + Cr-Met = com ractopamina e cromo-metionina.

APÊNDICE C – Ganho diário de peso (kg) dos suínos nos períodos de crescimento I, crescimento II, terminação e período total, considerando a média da unidade experimental

Períodos	Blocos	Tratamentos <sup>1</sup>			
		C	Rac	Cr-Met	Rac + Cr-Met
Crescimento I	1	1,138	1,166	1,284	1,075
	2	1,100	1,075	0,963	1,005
	3	0,955	1,028	1,123	0,865
	4	0,931	0,976	0,824	0,906
	5	0,917	0,994	0,965	0,993
	6	0,813	0,831	0,937	1,004
	7	0,941	0,979	0,890	0,934
	8	0,896	0,828	0,786	0,861
	Média	0,961	0,985	0,972	0,955
Crescimento II	1	0,978	0,990	0,923	1,083
	2	1,033	1,000	1,050	1,003
	3	1,070	1,008	1,028	0,828
	4	0,943	0,707	0,790	0,764
	5	0,921	0,988	1,000	0,979
	6	0,911	0,938	0,938	0,704
	7	0,854	0,777	0,819	0,867
	8	0,845	0,621	0,903	0,847
	Média	0,944	0,879	0,931	0,884
Terminação	1	0,917	0,881	0,887	0,951
	2	0,943	1,157	0,974	1,112
	3	0,972	0,871	1,111	0,969
	4	0,848	1,023	1,006	0,820
	5	0,964	1,135	1,043	1,129
	6	1,049	0,943	0,974	1,273
	7	1,043	1,234	0,899	1,191
	8	0,867	0,983	1,047	1,043
	Média	0,950	1,028	0,993	1,061
Total	1	0,975	0,964	0,974	1,008
	2	1,004	1,098	0,990	1,059
	3	0,990	0,938	1,095	0,913
	4	0,890	0,946	0,914	0,831
	5	0,939	1,057	1,009	1,051
	6	0,941	0,909	0,953	1,028
	7	0,960	1,031	0,874	1,024
	8	0,873	0,861	0,928	0,942
	Média	0,947	0,976	0,967	0,982

<sup>1</sup> C = sem ractopamina e cromo-metionina; Rac = com ractopamina e sem cromo-metionina; Cr-Met = com cromo-metionina e sem ractopamina; Rac + Cr-Met = com ractopamina e cromo-metionina.

APÊNDICE D – Conversão alimentar dos suínos nos períodos de crescimento I, crescimento II, terminação e período total, considerando a média da unidade experimental

Períodos	Blocos	Tratamentos <sup>1</sup>			
		C	Rac	Cr-Met	Rac + Cr-Met
Crescimento I	1	1,76	1,97	1,83	1,85
	2	2,22	2,05	1,98	2,12
	3	1,98	2,07	1,94	2,07
	4	2,13	2,11	2,20	2,27
	5	2,12	2,14	1,99	2,12
	6	2,18	2,02	2,21	2,20
	7	2,26	2,04	2,00	2,09
	8	2,21	2,04	2,13	2,34
	Média	2,11	2,06	2,04	2,13
Crescimento II	1	2,52	2,62	2,77	2,58
	2	2,95	2,49	2,36	2,54
	3	2,17	2,59	2,59	2,34
	4	2,89	3,08	2,95	3,12
	5	2,60	2,52	2,53	2,49
	6	2,48	2,58	2,70	3,04
	7	2,88	3,63	2,84	2,89
	8	3,04	2,98	2,78	3,06
	Média	2,69	2,81	2,69	2,76
Terminação	1	2,99	2,87	2,82	2,90
	2	3,19	2,66	2,95	2,68
	3	2,68	2,93	3,06	2,64
	4	3,33	2,90	2,85	2,92
	5	3,13	2,92	3,03	2,58
	6	3,02	3,68	3,40	2,46
	7	2,88	2,72	3,35	2,64
	8	3,54	2,57	2,88	2,91
	Média	3,10	2,91	3,04	2,72
Total	1	2,59	2,59	2,55	2,60
	2	2,87	2,47	2,56	2,51
	3	2,40	2,64	2,70	2,46
	4	2,90	2,71	2,71	2,77
	5	2,71	2,60	2,61	2,43
	6	2,66	2,91	2,86	2,51
	7	2,69	2,71	2,80	2,55
	8	2,97	2,45	2,64	2,75
	Média	2,72	2,64	2,68	2,57

<sup>1</sup> C = sem ractopamina e cromo-metionina; Rac = com ractopamina e sem cromo-metionina; Cr-Met = com cromo-metionina e sem ractopamina; Rac + Cr-Met = com ractopamina e cromo-metionina.



APÊNDICE E – Características de carcaça dos suínos, considerando a média da unidade experimental<sup>1</sup>

Tratamentos <sup>2</sup>	Blocos	RCF (%)	CC (cm)	ET (mm)	AOL (cm <sup>2</sup> )	AG (cm <sup>2</sup> )	RGC
C	1	76,03	99,75	19,33	46,99	13,84	0,30
	2	77,21	99,00	26,50	43,27	17,24	0,39
	3	75,20	101,50	18,67	43,45	10,38	0,24
	4	80,78	102,00	25,33	52,20	19,52	0,38
	5	75,80	97,50	22,67	45,42	16,10	0,36
	6	77,50	100,00	21,33	47,57	16,64	0,35
	7	79,42	94,00	20,83	48,64	15,63	0,33
	8	78,30	99,50	27,00	43,84	19,77	0,46
	Média	77,53	99,16	22,71	46,42	16,14	0,35
Rac	1	77,81	98,00	20,50	50,57	12,65	0,25
	2	77,07	98,50	21,50	51,04	14,18	0,28
	3	77,28	100,00	22,17	46,10	15,14	0,33
	4	78,52	99,75	27,50	54,67	21,94	0,40
	5	77,65	97,00	22,50	50,89	17,25	0,35
	6	80,59	99,00	19,00	50,45	14,00	0,28
	7	79,23	98,75	26,00	54,08	18,38	0,34
	8	76,17	97,00	22,33	47,83	13,14	0,28
	Média	78,04	98,50	22,69	50,70	15,84	0,31
Cr-Met	1	73,68	96,25	19,17	48,80	13,87	0,28
	2	75,16	97,50	25,17	45,00	14,37	0,33
	3	76,81	100,00	25,50	48,57	17,24	0,37
	4	77,93	98,50	24,17	46,30	13,67	0,30
	5	75,84	102,00	19,50	48,05	15,52	0,32
	6	77,81	98,50	24,00	51,18	16,39	0,33
	7	77,82	95,75	21,50	46,67	13,69	0,30
	8	76,73	101,00	25,33	44,12	17,29	0,39
	Média	76,47	98,69	23,04	47,34	15,26	0,33
Rac + Cr-Met	1	76,16	98,75	17,17	48,19	12,50	0,26
	2	76,47	96,75	21,33	56,32	15,45	0,28
	3	76,80	96,50	21,17	47,72	11,13	0,23
	4	78,45	98,00	19,67	49,30	12,89	0,26
	5	78,67	99,25	24,00	50,42	18,37	0,37
	6	79,14	96,00	26,50	49,97	20,12	0,40
	7	79,44	102,00	24,00	48,00	17,39	0,36
	8	76,65	94,75	24,33	53,20	14,75	0,27
	Média	77,72	97,75	22,27	50,39	15,33	0,30

<sup>1</sup> RCF = rendimento de carcaça fria; CC = comprimento de carcaça; ET = espessura de toucinho; AOL = área de olho-de-lombo; AG = área de gordura e RGC = relação gordura:carne.

<sup>2</sup> C = sem ractopamina e cromo-metionina; Rac = com ractopamina e sem cromo-metionina; Cr-Met = com cromo-metionina e sem ractopamina; Rac + Cr-Met = com ractopamina e cromo-metionina.

APÊNDICE F – Parâmetros físico-químicos de qualidade da carne dos suínos, considerando a média da unidade experimental<sup>1</sup>

Tratamentos <sup>2</sup>	Blocos	L*	a*	b*	pH final	PPG (%)
C	1	57,41	5,48	13,74	5,59	8,50
	2	57,61	4,96	14,15	5,59	8,12
	3	58,11	4,51	12,96	5,49	9,83
	4	54,27	5,36	12,96	5,60	7,13
	5	58,92	4,72	13,42	5,43	8,39
	6	54,77	5,99	13,49	5,71	8,93
	7	57,56	4,02	13,34	5,72	8,62
	8	56,83	5,27	13,54	5,55	9,67
	Média	56,94	5,04	13,45	5,59	8,65
Rac	1	57,75	4,74	13,65	5,62	8,07
	2	56,49	4,45	13,43	5,64	8,46
	3	54,75	4,95	12,44	5,62	7,97
	4	56,08	5,11	13,21	5,57	7,23
	5	58,12	4,16	12,90	5,60	7,56
	6	57,50	5,48	13,53	5,68	9,76
	7	57,24	4,83	14,05	5,74	8,96
	8	56,66	3,23	12,35	5,58	7,37
	Média	56,82	4,62	13,20	5,63	8,17
Cr-Met	1	57,78	4,32	13,62	5,54	9,19
	2	56,34	5,64	13,61	5,64	7,50
	3	58,48	5,10	13,82	5,57	8,90
	4	56,32	5,21	13,59	5,50	9,91
	5	56,86	5,16	13,53	5,53	9,11
	6	58,20	5,49	14,24	5,68	10,65
	7	56,06	5,03	13,51	5,76	8,46
	8	52,72	5,64	12,41	5,63	8,46
	Média	56,60	5,20	13,54	5,61	9,02
Rac + Cr-Met	1	58,02	4,72	13,12	5,62	9,58
	2	54,97	4,99	13,05	5,67	6,69
	3	58,94	4,40	13,77	5,45	7,34
	4	58,03	4,29	13,12	5,53	8,31
	5	55,98	4,71	12,77	5,55	7,22
	6	57,60	3,44	13,04	5,81	8,07
	7	55,40	3,25	12,40	5,85	5,86
	8	58,50	3,45	13,27	5,52	10,22
	Média	57,18	4,16	13,07	5,63	7,91

<sup>1</sup> L\* = luminosidade; a\* = tendência ao vermelho; b\* = tendência ao amarelo; pH final e PPG = perda de peso por gotejamento.

<sup>2</sup> C = sem ractopamina e cromo-metionina; Rac = com ractopamina e sem cromo-metionina; Cr-Met = com cromo-metionina e sem ractopamina; Rac + Cr-Met = com ractopamina e cromo-metionina.