



Andréia Fernanda Silva Iocca

Imunocastração e ractopamina na dieta de suínos – implicações na  
qualidade de carne fresca e melhorada por injeção (*enhancement*)

São José do Rio Preto  
2014

Andréia Fernanda Silva Iocca

Imunocastração e ractopamina na dieta de suínos – implicações na  
qualidade de carne fresca e melhorada por injeção (*enhancement*)

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração – Ciência e Tecnologia em Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Natália Soares Janzanti

Co-orientador: PqC. Dr. Expedito Tadeu Facco Silveira (*in memorian*)

São José do Rio Preto  
2014

Iocca, Andréia Fernanda Silva.

Imunocastração e ractopamina na dieta de suínos: implicações na qualidade de carne fresca e melhorada por injeção (enhancement) / Andréia Fernanda Silva Iocca. -- São José do Rio Preto, 2014  
119 f. : il., tabs.

Orientador: Natália Soares Janzanti

Coorientador: Expedito Tadeu Facco Silveira (in memorian)

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Tecnologia de alimentos. 2. Carne de porco - Indústria. 3. Suíno - Alimentação e rações. 4. Carne de porco - Qualidade. I. Janzanti, Natália Soares. II. Silveira, Expedito Tadeu Facco. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. IV. Título.

CDU – 664.94

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE

UNESP - Câmpus de São José do Rio Preto

Andréia Fernanda Silva Iocca

Imunocastração e ractopamina na dieta de suínos – implicações na qualidade de carne fresca e melhorada por injeção (*enhancement*)

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Engenharia e Tecnologia de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração – Ciência e Tecnologia em Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Comissão Examinadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Natália Soares Janzantti  
Unesp – São José do Rio Preto/SP  
Orientador

Prof. Dr. Eduardo Francisquine Delgado  
Usp/Esalq – Piracicaba/SP

Profa. Dra. Luciana Miyagusku  
UFMS – Campo Grande/MS

Profa. Dra. Andrea Carla da Silva Barretto  
Unesp – São José do Rio Preto/SP

Prof. Dr. Roger Darros Barbosa  
Unesp – São José do Rio Preto/SP

São José do Rio Preto  
29 de agosto de 2014

*Dedico este trabalho as pessoas mais importantes da minha vida pessoal e profissional, presentes em todos os momentos:*

Ao meu alicerce: minha família e ao meu inestimado mestre, pesquisador e amigo, Expedito Tadeu Facco Silveira (*in memoriam*)!

## AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa só foi possível pois houve uma equipe enorme que compartilhou comigo todos os momentos, desde a idealização do projeto até a conclusão desta tese. Quero agradecer a todos os envolvidos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste projeto de vida, em especial:

A Deus, presença constante em minha vida, me iluminando nos momentos de vitória e me erguendo nas dificuldades.

Ao meu querido e inestimado mestre, professor, amigo, pesquisador e co-orientador Dr. Expedito Tadeu Facco Silveira (*in memoriam*) que me apresentou o prazer da pesquisa, lá em 2003... e esteve presente em todo meu percurso profissional até aqui, me incentivando, criticando, auxiliando, inventando, reinventando, revolucionando, me ensinando, aprendendo também e me ouvindo, aliás sua principal característica! Meu muito obrigada pelo convite para essa jornada acadêmica e por estes anos de convívio, pelo prazer e honra de sua companhia e orientação nesta caminhada acadêmica/profissional!

Ao prof. Dr. Pedro F. Romanelli (*in memoriam*), por me acolher no IBILCE e pelo incentivo, nos conhecemos pouco, mas minha admiração também será eterna.

A prof. Dra. Natália S. Janzantti, pela compreensão, paciência e empenho em me orientar, mesmo estando no meio do percurso e numa área ainda não trabalhada, seu apoio e acompanhamento foram muito importantes.

Aos membros da banca examinadora de doutorado pela atenção desprendida e pelas contribuições nesta tese.

Aos professores, funcionários e colegas de pós graduação do DETA - IBILCE/Unesp, pelos ensinamentos, convívio e atenção.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de doutorado.

A todos os funcionários e estagiários do CTC e do LAFISE/ITAL em especial aos PqC's Eunice A. Yamada, Luciana Miyagusku, Simone Oliveira e Leonardo Tachibana pelo apoio durante a execução do projeto.

Aos meus companheiros de projeto Daniel, Adrieli, Raquel, Giovana, Letícia e Katia pelo apoio e colaboração em diversas etapas do projeto, além dos momentos de descontração.

Aos funcionários do IZ: José Rubens, João e Edson pela imensurável ajuda e disposição dispensadas para execução das atividades e pela descontração, especialmente quando o trabalho entrava pela madrugada.

À Granja comercial Água Branca (Itu/SP) e à Agropecuária Bressiani (Capivari/SP) por cederem suas instalações e os animais para o desenvolvimento do experimento.

Ao Frigorífico Frigodeliss (Capivari/ SP) e Frigorífico Vangélio Mondelli (Bauru/SP), por incalculável gentileza em permitir que os animais do experimento fossem abatidos nos seus estabelecimentos, além de todo auxílio às necessidades do projeto.

Às empresas Ourofino Agronegócios e Pfizer Saúde Animal pelo auxílio financeiro e fornecimento da Ractopamina e inibidor hormonal Vivax.

À Camp Beef Carnes por disponibilizar as dependências e equipamentos da empresa para o processamento dos lombos melhorados.

Aos professores da Usp/Esalq Dr. Gerson B. Mourão, Dra. Carmen J. Contreras Castillo e Dr. Valdomiro S. Miyada, pelos ensinamentos nas disciplinas cursadas como aluna especial, pela atenção e compreensão às minhas indagações. Em especial ao prof. Gerson B. Mourão, juntamente com sua orientada Simone Pertille, por me ajudar no desenvolvimento da análise estatística dos dados.

Ao prof. Dr. Eduardo F. Delgado (Usp/Esalq), por estender a mão quando me vi desamparada intelectualmente, obrigada por pensar junto comigo na discussão destes dados, seu conhecimento, além de sua atenção foi deveras importante!

Aos meus grandes amigos de longa data Michel, Jorge, Laura, Flávio Dalchiavon, Aparecido, Flávio Campos, Daiane, Cristiane e aos mais recentes Andreia Paula, Beta, Helenir e Gedeson pelos momentos que passamos juntos seja lembrando um passado maravilhoso, planejando um futuro misterioso, ou vivendo um presente espetacular! É muito bom e um prazer tê-los como amigos!

Em especial à minha amiga Daiane Fausto, esteve comigo sempre, desde o planejamento do projeto temático, do qual esta pesquisa faz parte. Mas foi quando eu mais precisei, quando não tinha para onde correr que você se fez mais importante, apareceu com uma luz no fim do túnel, esse seu jeitinho goiano dá jeito pra tudo, obrigada por fazer parte da minha vida, pelos momentos de estudos exaustivos, pelas cervejinhas do final do dia, porque ninguém é de ferro, pelos abraços apertados, pelas palavras de incentivo e carinho, e por me apoiar sempre, mas principalmente nestes últimos meses! E a minha doidinha Cristiane B.

Monteiro, amiga, você esteve comigo até na etapa de processamento do lombo, e olha que não gosta de carne e é de uma área completamente diferente da minha, mas estava lá, pondo literalmente a “mão na massa”. Nunca me esquecerei disto, e de tudo o mais. Você foi a melhor pessoa com quem já dividi moradia nesta caminhada acadêmica. E deste convívio hoje temos essa linda amizade.

À Direção do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), *Campus* Campo Novo do Parecis, aos colegas de trabalho e aos meus queridos discentes pela compreensão e atenção a finalização do meu doutorado. Aos eternos mestres e hoje amigos de casa (IFMT) professores Xisto e Ademir pelo incentivo e apoio.

Ao Thiago e a toda família Gobo de Freitas pelo apoio, atenção e cuidado.

Ao Sergio Iocca, pelos “ensinamentos” de perseverança, honestidade, respeito e determinação.

Ao alicerce da minha família: meus queridos e eternos avós Thereza e Lucindo que me ensinaram o verdadeiro sentido da palavra amor e que sempre se sentiam mais vitoriosos que eu a cada conquista.

As minhas irmãs Luciana, Michelli e Thayná, ao meu irmão Raffael e minha sobrinha Anna pela amizade, amor e apoio em toda minha caminhada. Aos meus tios/pais Ademir e José, minha tia Ana, aos meus primos e primas por me alegrarem e fazerem a vida parecer mais simples, e a todos os demais membros desta enorme família Vicente da Silva e Iocca que mesmo estando longe, estão sempre presentes.

A Fátima: razão da minha existência, que comigo compartilha infinitos sonhos e esperanças, nos méritos de minha conquista a muito de sua presença; minha mãe, amiga e mestre, por ser minha referência e me ensinar no dia a dia a importância do “apreender conhecimento” e de como é maravilhoso e muito mais importante Ser do que Ter! Minha profunda admiração e amor por esta mulher guerreira, honesta e carinhosa e, que mesmo diante dos percalços da vida, formou uma família sólida, unida e feliz, qual tenho orgulho de integrar!

E como não podia deixar de ser, aos meus queridos e espertos quadrúpedes, não ruminantes, lambiscadores e cor de rosa, todo o meu respeito.

**MUITO OBRIGADA!!!**



*Existe satisfação em meramente observar o mundo, mas essa satisfação pode ser aprofundada quando a visão da mente consegue penetrar na superfície das coisas para enxergar as conexões existentes”*

*Peter William Atlins*

*O caminho foi longo e por vezes triste, o trabalho foi árduo, porém visa apenas abrir os olhos para a pesquisa e não mostrar o mundo.*

*“Pois a ciência é sempre uma busca, jamais um descobrimento real.  
É uma viagem, nunca uma chegada.”*

*Karl Pooper*

*“O real não está na saída nem na chegada: ele se dispõe para a gente é no meio da travessia”  
(João Guimarães Rosa)*

## RESUMO GERAL

Diversas estratégias tecnológicas têm sido utilizadas pelo setor suinícola em pouco mais de três décadas com investimento em seleção genética, manejo e nutrição, propiciando maior eficiência na produção animal. A adição de ractopamina (RAC) na dieta de suínos em terminação tem sido amplamente utilizada para melhorar o desempenho zootécnico do animal e a imunocastração é um método alternativo e indolor de inibição dos compostos sexuais na gordura das carcaças e redução do acúmulo de feromônios. Mais de 2/3 da carne suína produzida no mundo é consumida por meio de produtos processados, sendo necessário compreender os efeitos das tecnologias empregadas na produção suinícola na qualidade destes produtos. Suínos machos e fêmeas (FE) de duas diferentes granjas comerciais e distintos cruzamentos genéticos [Tempo, macho x Topigs 40, fêmea, genética Topigs® (n = 450) e AGPIC 337 macho x CB 22 fêmeas, genética Agroceres® (n = 180)] foram aleatoriamente selecionados. Metade dos suínos machos foi castrado fisicamente (CF) e a outra metade não (inteiros). Na fase produtiva os suínos inteiros foram imunocastrados (IM). Metade dos suínos (FE, CF e IM) receberam o tratamento com RAC (7,5 mg/kg) durante três semanas antes do abate e a outra metade dieta convencional (sem RAC). Suínos de cada genética foram abatidos em diferentes abatedouros comerciais e as carcaças foram resfriadas por 24 horas a 4°C. Foram selecionadas 30 lombos, oriundos de meias carcaças direitas de cada granja, para as avaliações in natura e processamento dos lombos melhorados por injeção. Foram avaliados diversos parâmetros na carne in natura e após processamento: pH, cor (L\*, a\*, b\*, C, h°), textura por força de cisalhamento e composição centesimal; e nos lombos melhorados por injeção: rendimento, perda de peso por exsudação (PPE), perda de peso na cocção (PPC), padrões de segurança microbiológicas e análise sensorial. Para a genética A houve efeito de RAC e de sexo apenas na força de cisalhamento, onde os tratamentos com RAC e a imunocastração tiveram lombos menos macios. A RAC e a IM não influenciaram no rendimento, na PPE e no teor de proteína. A IM diminuiu a PPC. A RAC e a IM propiciaram lombos melhorados com coloração mais vermelha e brilhante e tão macia quanto aos demais tratamentos. Os julgadores não treinados não perceberam diferença na aparência e textura entre os tratamentos, o que denota que o processamento enhancement uniformizou os cortes. De modo global, os julgadores gostaram mais dos lombos suínos melhorados dos CF, seguidos de FE e IM. Para a genética B a RAC demonstrou efeitos positivos nos teores de proteína e lipídeos do lombo, houve interação positiva para a capacidade de retenção de água, onde o IM e a RAC proporcionaram lombos com maior retenção de fluidos. O rendimento após processamento (enhancement) foi maior para os lombos de animais com RAC, (P = 0,0012), entretanto, apesar de terem maior rendimento, os lombos de animais IM-RAC tiveram maior PPC que as demais condições sexuais (P < 0,0001). IM-RAC tiveram lombos melhorados por injeção com maiores valores de a\* e L\* que os demais, com aparência e textura (força de cisalhamento) semelhantes aos CF; e tão macia (análise sensorial) quanto as FE. Considerando que mais de 75% da carne suína consumida no mundo é industrializada, deve-se adotar dietas específicas por genética e sexo para melhorar a qualidade da carne suína destinada ao processo de industrialização por enhancement.

Palavras-chave: Marinação. Topigs. Agroceres. Agonista beta adrenérgico. Gonadotropina. Qualidade de carne.

## ABSTRACT

Several technological strategies have been used by pork industry for over three decades with investment in genetics selection, nutrition and management, providing greater efficiency in animal production. The addition of ractopamine (RAC) in the finishing diet has been widely used to improve the growth performance of the animal and immunocastration is a painless alternative method of inhibition from sexual compounds in carcass fat and accumulation decrease of pheromones. More than two thirds of the pork produced worldwide is consumed through processed foods, so it is necessary to understand the effects of technologies applied in pork production in the quality of these products. Males and gilts pigs (FE) from two different farms and different crossbred [Time Topigs 40 male x female, gene Topigs (n = 450) and male AGPIC 337 x CB 22 females, gene Agroceres (n = 180)] were randomly selected. Half of the male pigs were castrated physically (CF) and the other half were not (boar). In the production phase boar were immunocastrated (IM). Half of the pigs (FE, CF and IM) received treatment with RAC (7.5 mg / kg) for three weeks before slaughter and the other half conventional diet (without RAC). Pigs of each crossbred were slaughtered in different slaughterhouses and the carcasses were chilled for 24 hours at 4°C. 30 loins were selected, coming from the right half-carcasses of each farm, for fresh evaluations and processing of improved by injection loins (enhancement). Several parameters were evaluated in fresh pork loin and enhanced pork loin: pH, color (L \*, a \*, b \*, C, h °), texture by shearing force and chemical composition; enhanced by injection loins: yield, purge loss (PPE), cooking loss (PPC), microbiological safety standards and sensory analysis. For the A crossbred was the RAC effect and about sex only in the shear force, where treatments with RAC and immunocastration had less tender loins. The RAC and the IM did not affect the yield, the PPE and the protein content. The IM decreased PPC. The RAC and the IM propitiated enhanced pork loins with more red and shiny coloring and as soft as the other treatments. The untrained judges did not notice difference in appearance and texture among treatments, which indicates that the enhancement processing standardized the loins. In a global way, the evaluators liked enhanced pork loins of CF best, followed by FE and IM. For B crossbred the RAC showed positive in protein and lipids loin, there was a positive interaction for the ability to retain water, where the IM and the RAC provided loins with greater fluid retention. The yield after processing (enhancement) was higher for the loins of animals with RAC (P = 0.0012), however, despite having higher yield, the loins of animals IM-RAC had higher PPC than other sexual conditions (P <0.0001). IM-RAC had enhanced pork loins with redder and brighter color than the rest, with appearance and texture (shear force) similar to CF; and so tender (sensory analysis) as the FE. Considering that more than 75% of the pork consumed in the world is industrialized, one must adopt specific diets for crossbred and sex and to improve pork quality intended by the enhancement industrialization process.

Keywords: Marination. Topigs. Agroceres. Agonist  $\beta$ -adrenergic. Gonadotropin. Meat quality.

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

**Tabela 1.** Atributos imprescindíveis para uma carne suína de qualidade..... 40

**Tabela 2.** Classificação da carne suína de acordo com suas propriedades tecnológicas.....41

### CAPÍTULO 2

**Table 1.** Effects of sex (S) and dietary ractopamine (R) on physico-chemical parameters, instrumental texture and instrumental color of fresh pork loin.....76

**Table 2.** Effects of sex (S) and dietary ractopamine (R) in pork loins enhanced yield (10% w/w) followed by tumbling (10rpm/15min) and equalized by 72 hours at 2°C.....78

**Table 3.** Effects of sex (S) and dietary ractopamine (R) on physico-chemical parameters of enhanced pork loins.....80

**Table 4.** Effects of sex (S) and dietary ractopamine (R) on instrumental color of enhanced pork loin.....80

**Table 5.** Effects of sex (S) and dietary ractopamine (R) on instrumental texture parameter of enhanced pork loin.....81

**Table 6.** Microbiological analysis of enhanced pork loin in the treatments.....82

**Table 7.** Effects of sex (S) and dietary ractopamine (R) on sensory attributes of grilled enhanced pork loin.....82

**Table 8.** Effect of sex on sensory attributes of enhanced pork loin.....83

### CAPÍTULO 3

**Tabela 1.** Efeito do sexo (S) e da ractopamina (R) na dieta nos parâmetros físico-químicos, cor e textura instrumental no lombo suíno in natura.....98

**Tabela 2.** Efeito do sexo (S) e da ractopamina (R) na dieta nos parâmetros de rendimento, perda de peso por exsudação (PPE), perda de peso por cocção (PPC) e composição centesimal dos lombos suínos melhorados.....100

**Tabela 3.** Efeito do sexo (S) e da ractopamina na dieta (R) no pH, cor e textura instrumental dos lombos suínos melhorados.....101

**Tabela 4.** Efeito do sexo (S) e da ractopamina (R) nos atributos sensoriais dos lombos suínos melhorados.....103

**Tabela 5.** Efeito do sexo nos atributos sensoriais do lombo suíno melhorado grelhado.....103

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

<b>Figura 1:</b> Aplicação da técnica de Burdizzo em bovinos e anatomia comparada da região testicular de bovinos (a) e suínos (b).....	27
<b>Figura 2:</b> Anatomia do trato genital de leitões e localização das incisões durante a castração física (*locais de corte e /ou rompimento)..	28
<b>Figura 3:</b> Representação esquemática do GnRF natural e de seu análogo sintético da Vivax <sup>®</sup> ).....	33
<b>Figura 4:</b> Representação gráfica dos níveis de imunidade e odor ao longo das aplicações da vacina Vivax <sup>®</sup> .....	34
<b>Figura 5:</b> Ação dos $\beta$ AA's na lipólise do tecido adiposo.....	35
<b>Figura 6:</b> Estrutura química do Cloridrato de Ractopamina. ....	37
<b>Figura 7:</b> Padrão de cor da carne suína .....	43

### CAPÍTULO 2

<b>Figure 1.</b> Effects of sex and dietary ractopamine on water holding capacity (WHC) parameter of fresh pork loin and on parameters drip loss and cooking loss of enhanced pork loins.....	77
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABCS - Associação Brasileira dos Criadores de Suínos
- ABIPECS - Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína.
- AMPc - monofosfato cíclico de adenosina
- APS – Associação Paranaense de Suinocultores
- ATP - trifosfato de adenosina
- $\beta$  AA – agonistas  $\beta$ -adrenérgicos
- $\beta$ A-R -  $\beta$ -receptores
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento
- CM - *physically castrated male*
- CRA – Capacidade de retenção de água
- DFD - dark in color, firm in texture and non-exsudative
- Enhancement* - incremento, melhoria
- EqC - Equivalente-carcaça
- FAO - *Food and Agriculture Organization of the United Nations*
- FSH - Hormônio Folículo Estimulante
- GnRF - Gonadotrofinas
- GT - *gilt*
- IM - immunocastrated male.
- LH - Hormônio Luteinizante
- MAPA – Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- NPPC - *National Pork Producers Council*
- NaCl – Cloreto de sódio
- OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- PKA - proteína-quinase A
- PPC - Perda de peso por cocção
- PPG - Perda de peso por gotejamento
- PSE - *pale in color, soft in texture and exsudative*
- pST - somatotropina
- RAC - Ractopamina
- RFN - reddish-pink in color, firm in texture and free of surface wateriness – non-exsudative
- USDA - *United States Department of Agriculture*

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	18
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	21
<b>CAPÍTULO 1 - REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	24
<b>1 PRODUÇÃO SUINÍCOLA</b> .....	25
<b>2 CASTRAÇÃO FÍSICA</b> .....	27
2.1 COMPONENTES DO ODOR SEXUAL.....	30
<b>3 CASTRAÇÃO IMUNOLÓGICA</b> .....	32
<b>4 AGONISTAS <math>\beta</math>-ADRENÉRGICOS</b> .....	35
4.1 RACTOPAMINA.....	36
<b>5 CARNE SUÍNA</b> .....	38
5.1 CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE DA CARNE SUÍNA.....	39
5.1.1 Fatores Tecnológicos.....	40
5.1.2 Fatores Nutricionais.....	44
5.1.3 Fatores Sensoriais .....	44
5.2 RACTOPAMINA E/OU IMUNOCASTRAÇÃO VS. QUALIDADE DE CARNE.....	45
<b>6 ENHANCEMENT</b> .....	48
6.1 EFEITOS DOS PRINCIPAIS COADJUVANTES DAS SALMOURAS DE INJEÇÃO .	50
6.1.1 Cloreto de Sódio (NaCl).....	50
6.1.2 Polifosfatos .....	51
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	54
<b>CAPÍTULO 2 - ARTIGO 1: QUALITY CHARACTERISTICS OF ENHANCED LOIN FROM IMMUNOCASTRATED AND CASTRATED MALE AND GILTS PIGS WITH RACTOPAMINE IN THE FINISHING DIET</b> .....	67
<b>ABSTRACT</b> .....	68
<b>INTRODUCTION</b> .....	69
<b>MATERIAL AND METHODS</b> .....	70
<b>RESULTS AND DISCUSSION</b> .....	74
<b>LITERATURE CITED</b> .....	84
<b>CAPITULO 3 - IMUNOCASTRAÇÃO E RACTOPAMINA NA QUALIDADE DE LOMBOS SUÍNOS MELHORADOS (ENHANCEMENT) COM SAL E TRIPOLIFOSFATO</b> .....	89
<b>RESUMO</b> .....	90

<b>ABSTRACT</b> .....	91
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	91
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	93
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	97
<b>CONCLUSÕES</b> .....	104
<b>REFERENCIAS</b> .....	104
<b>CONCLUSÃO GERAL</b> .....	107
<b>APÊNDICES</b> .....	109
<b>ANEXOS</b> .....	115



## INTRODUÇÃO GERAL

A busca do consumidor por uma alimentação equilibrada e mais saudável requer investimentos na cadeia de produção alimentar para a oferta de cortes *in natura* com aparência de carne magra, que sejam suculentos e macios. Atualmente a carne suína é a proteína mais produzida e consumida no mundo, embora haja variação deste conforme o lugar, hábitos ou limitações religiosas. A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) estimaram que dos 33,7 kg per capita de carnes consumidos mundialmente em 2012, 37% foram representados pela carne suína (12,6 quilos), 35% pelas carnes avícolas (11,9 quilos, essencialmente de carne de frango), 23% pela carne bovina (7,6 quilos) e 5% (ou 1,6 quilos) pela carne de ovinos (APS, 2014).

De acordo com a USDA (2013) a produção mundial de suínos terá expansão em 2014 podendo chegar a níveis recordes de 108,9 milhões de toneladas, 1,3% maior que em relação ao ano anterior. Sustenta este crescimento a diminuição dos custos na alimentação animal e a consolidação da demanda de carne suína no mundo. Neste cenário o Brasil figura como quarto maior produtor e exportador mundial de carne suína, com estimativa recorde de produção em 3,4 milhões de toneladas para 2014 (CONAB, 2013). Contudo, do total de carne suína consumida no mundo apenas 25% é consumido *in natura* (cortes), sendo o restante consumido em forma de produtos industrializados (PORK CHECK-OFF, 2013).

A suinocultura mundial vem apresentando melhorias em quantidade, rendimento e qualidade de carne desde as últimas décadas por meio de melhoramento genético, biotecnologia, sanidade, biossegurança e nutrição (MARTINS, 2012). Neste sentido, a suinocultura brasileira e a comunidade científica têm-se preocupado em acompanhar estes novos modelos de produção, com inúmeras pesquisas na área de genética e nutrição aplicadas ao sistema de produção de suínos (resistência imunológica, comportamento, desempenho zootécnico e industrialização da carcaça e produtos cárneos). Entre esses modelos destacam-se o uso de repartidores de energia (ractopamina) e a imunocastração.

Diversas estratégias tecnológicas têm sido utilizadas no âmbito da nutrição animal. Entre os recursos nutricionais, destacam-se os compostos  $\beta$ -adrenérgicos, representados comercialmente pela ractopamina (RAC), análogos dos hormônios naturais catecolaminas,

que têm sido utilizados na alimentação de suínos como aditivos repartidores de energia, pelo aumento da lipólise e da síntese muscular (RICKS et al., 1984; AALHUS et al., 1992; MOODY et al., 2000; RIKARD-BELL et al., 2009). A inserção de RAC, ao final da terminação, promove melhoria de desempenho zootécnico, na composição da carcaça e no rendimento dos cortes (CONVEY et al., 1987; STITES et al., 1991; BOLER et al., 2011; ATHAYDE et al., 2012). Entretanto, estas modificações podem ser acompanhadas de redução na qualidade da carne, alterando cor e principalmente maciez, uma vez que a ractopamina atua na expressão de isoformas da calpastatina, inibidor do processo de amaciamento da carne (LEONARDO, 2008).

O tema bem-estar animal vem recebendo crescente atenção nos meios técnico, científico e acadêmico. Juntamente com as questões ambientais e a segurança alimentar, o bem-estar animal vem sendo considerado entre os três maiores desafios confrontando a agricultura nos anos vindouros. A castração física, sem anestesia, de leitões é uma prática comumente realizada com o principal objetivo de prevenir a ocorrência de odor sexual na carne de suínos machos (ANABEL, 2006), mas esta prática não atende aos quesitos de bem-estar animal. A Austrália e Nova Zelândia, durante muitos anos abateram animais antes da maturidade sexual, a fim de evitar a deposição dos compostos responsáveis pelo odor sexual na carne (DUNSHEA et al., 2001). No Brasil, a legislação não permite o abate de suínos machos inteiros para fins comerciais (BRASIL, 1952; BRASIL, 1988). Nesse contexto, surge um método alternativo de inibição dos compostos sexuais na gordura das carcaças e redução do acúmulo de feromônios, a castração imunológica ou imunocastração. A castração imunológica inibe o acúmulo de feromônios no tecido adiposo por meio da supressão temporária da função testicular pela aplicação de uma vacina contendo uma forma modificada do Fator de Liberação de Gonadotrofinas (GnRF), responsável dentre outras funções pelo aparecimento do odor sexual (BONNEAU; ENRIGHT, 1995; BONNEAU et al., 1994).

Assim como a ractopamina, o uso da imunocastração resulta em melhoria de desempenho zootécnico e características quantitativas de carcaça (DUNSHEA et al., 2001; JAROS et al., 2005), como maior ganho de peso médio diário, melhor eficiência alimentar, além de um incremento de carne magra em cortes comerciais (SILVEIRA et al., 2006).

Dentre os processos industriais aplicados para agregação de valor a carne *in natura* suína há uma tecnologia emergente correlata a marinação, denominada *enhancement* (incremento, melhoria). Esta prática vem se desenvolvendo desde os anos 80, estando bem

estabelecido nos Estados Unidos, Reino Unido e outros países, onde se emprega a injeção de salmoura contendo baixas concentrações de fosfatos, cloreto de sódio e, ocasionalmente, alguma fonte de proteína não cárnea em cortes de carne. Nesses países, o processo é oficialmente regulamentado e tem sido bem aceito pelos consumidores, que reconhecem no produto o incremento de atributos como sabor e textura: o chamado “*meat enhancement*” (VOTE et al., 2000; SHEARD; TALI, 2004; HAYES et al., 2006; GOODING et al., 2009; IOCCA et al., 2010).

A cadeia produtiva da suinocultura pode utilizar uma dessas tecnologias (ractopamina e imunocastração) ou ambas, no entanto, as informações na literatura especializada sobre a interação delas ainda é insuficiente e muito recente, existindo algumas pesquisas que avaliaram crescimento, desempenho zootécnico e/ou conformação de carcaça e rendimento de cortes (RIKARD-BELL et al., 2009; MARTINS, 2012; LANFERDINI et al., 2013). Pesquisas envolvendo estudos sobre a avaliação de produtos processados a partir da carne de animais produzidos com ambas as tecnologias ainda é escassa. Há trabalhos avaliando os efeitos em um produto embutido, curado, fermentado e dessecado, salame tipo italiano (CERVO, 2012); do produto maturado e dessecado, copa (LUCAS 2012; TAVÁREZ et al., 2012); de um produto curado e defumado, bacon (TAVÁREZ et al., 2012); de um produto injetado, curado e cozido, presunto (BOLER et al., 2011) e um embutido, curado, emulsionado e cozido, salsicha tipo *Frankfurters* (COSTA-LIMA et al., 2014).

Assim, este estudo foi planejado para avaliar a inclusão de 7,5ppm de ractopamina (RAC) em dietas de machos imunocastrados, castrados fisicamente e fêmeas, em duas linhagens comerciais disponíveis e bastante produzidas no mercado nacional, sobre a qualidade de lombos *in natura* e processados pela tecnologia “*enhancement*”.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AALHUS, J.L.; SCHAEFER, A.L.; MURRAY, A.C.; JONES, S.D.M. The effect of ractopamine on myofiber distribution, morphology, and their relation to meat quality in swine. **Meat Science**, v. 31, p. 397-409, 1992.
- ANABEL, E. Global Control of boar taint Part 3. Immunological castration. **Pig Progress**, v. 22, n. 5, p. 6-9, 2006.
- ASSOCIAÇÃO Paranaense de Suinocultores - APS, **Carne suína lidera produção e consumo mundial**. Disponível em < <http://aps.org.br/noticias/1-timas/693-carne-suina-lidera-producao-e-consumo-mundial-.html>> Acesso em: 02 fevereiro 2014.
- ATHAYDE N. B.; DALLA COSTA, O. A.; ROÇA, R. O.; GUIDONI, A. L.; LUDTKE, C. B.; LIMA, G. J. M. M. Meat quality of swine supplemented with ractopamine under commercial conditions in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 4604-4610, 2012.
- BOLER, D. D.; HOLMER, S. F.; DUNCAN, D. A.; CARR, S. N.; RITTER, M. J.; STITES, C. R.; PETRY, D. B.; HINSON, R. B.; ALLEE, G. L.; McKEITH, F. K.; KILLEFER, J. Fresh meat and further processing characteristics of ham muscles from finishing pigs fed ractopamine hydrochloride. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 210-220, 2011.
- BONNEAU, M.; DUFOUR, R.; CHOUVET, C.; ROULET, C.; SQUIRES, E. J. The effects of immunization on against luteinizing hormone-releasing hormone on performance, sexual development, and levels of boar taint-related compounds in intact male pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 14-20, 1994.
- BONNEAU, M.; ENRIGHT, W. J. Immunocastration in cattle and pigs. **Livestock Production Science**, v. 42, p. 193-200, 1995.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Decreto n° 30.691. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 10.785. Seção 1, 1952.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Circular n° 47. Ementa: Autorização para abate de suínos não castrados. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1988.
- CERVO, G. D. **Métodos de castração associados a adição de ractopamina em dieta suína e seus efeitos no processamento e qualidade de salame tipo italiano**. 2012, 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual Paulista. São José do Rio Preto, 2012.
- COMPANHIA Nacional de Abastecimento – CONAB. **Perspectivas para a agropecuária: Safra 2013/2014**. Brasília-DF: CONAB, v. 1, p. 65-75, set. 2013.

- CONVEY, E. M.; RICKES, E.; YANG, Y. T.; MCELLIGOT, M. A.; OLSON, G. Effects of the Beta-Adrenergic Agonist L-644,969 on Growth Performance, Carcass Merit and Meat Quality. **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, v. 40, 1987.
- COSTA-LIMA, B. R. C.; CANTO, A. C. V. C. S.; SUMAN, S. P.; CONTE-JUNIOR, C. A.; SILVEIRA, E. T. F.; SILVA, T. J. P. Sex-specific effect of ractopamine on quality attributes of pork frankfurters. **Meat Science**, v. 96, p. 799-805, 2014.
- DUNSHEA, F. R.; COLANTONI, C.; HOWARD, K.; MACCAULLEY, I.; JACKSON, P.; LONG, K. A.; LOPATICKI, S. NUGENT, E. A.; SIMONS, J. A.; WALKER, J.; HENNESSY, D. P. Vaccination of boars with GnRH vaccine (improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 10, p. 2524-2535, 2001.
- GOODING, J. P.; HOLMER, S. F.; CARR, S. N.; RINCKER, P. J.; CARR, T. R.; BREWER, M. S.; MCKEITH, F. K.; KILLEFER, J. Characterization of striping in fresh, enhanced pork loins. **Meat Science**, v. 81, n. 2, p. 364-371, 2009.
- HAYES, J. E.; DESMOND, D. M.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J.; MEHRA, R. The effect of enhancement with salt, phosphate and milk proteins on the physical and sensory properties of pork loin. **Meat Science**, v. 72, n. 3, p. 380-386, 2006.
- IOCCA, A. F. S.; CATANOZI, M. P. L. M.; LEMOS, A. L. S. C. Adição de plasma bovino em salmouras para injeção de coxão duro bovino (*m. Biceps femoris*) e seus efeitos no pH e na carga microbiana de bifos cozidos, embalados a vácuo e mantidos sob refrigeração. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 3, p. 443-452, jul./set. 2010.
- JAROS, P.; BÜRGI, E.; STÄRK, K. D. C.; CLAUS, R.; HENNESSY, D.; THUN, R. Effect of active immunization against GnRH on androstenone concentration, growth performance and carcass quality in intact male pigs. **Livestock Production Science**, v. 92, p. 31-38, 2005.
- LANFERDINI, E.; LOVATTO, P. A.; MELCHIOR, R.; ORLANDO, U. A. D.; CECCANTINI, M.; POLEZE, E. Feeding surgically castrated, entire male and immunocastrated pigs with different levels of amino acids and energy at constant protein to energy ratio with or without ractopamine. **Livestock Science**, v. 151, p. 246-251, 2013.
- 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, 64f. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Agronomia, Universidade de São Paulo/Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.
- LUCAS, D. S. **Imunocastração e adição de ractopamina em dieta suína e seus efeitos físico e bioquímicos na copa**. 2012, 96f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária), Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.
- MARTINS, A. **Influência da ractopamina adicionada à dieta de suínos machos e fêmeas e da imunocastração de machos nas características e composição física das carcaças**. 2012, 84f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

MOODY, D. E.; HANCOCK, D. L.; ANDERSON, D. B. Phenethanolamine repartitioning agents. In: MELLO, J. P. F. D. **Farm animal metabolism and nutrition**. CAB, E.U.A.: Ed. New York, 2000. p. 65-95.

PORK CHECK-OFF. **Quick facts: The pork industry at a glance**. Publication #09133-08/13. Des Moines, Iowa: National Pork Board. Disponível em <<http://www.pork.org/Resources/95/QuickFacts.aspx#>> Acesso em 02 janeiro 2014.

RICKS, C. A.; DALRYMPLE, R. H.; BAKER, P. K.; INGLE, D. L. Use of the  $\beta$ -agonist to alter fat and muscle deposition in steers. **Journal of Animal Science**, v. 59, p. 1247-1255, 1984.

RIKARD-BELL, C.; CURTIS, M. A.; van BARNEVELD, R. J.; MULLAN, B. P.; EDWARDS, A. C.; GANNON, N. J.; HENMAN, D. J.; HUGHES, P. E.; DUNSHEA, F. R. Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, intact boars and gilts. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 3536-3543, 2009.

SHEARD, P. R.; TALI, A. Injection of salt, tripolyphosphate and bicarbonate marinade solutions to improve the yield and tenderness of cooked pork loin. **Meat Science**, v. 68, n. 2, p. 305-311, 2004.

SILVEIRA, E. T. F.; POLEZE, E.; UMEHARA, O.; TONIETTI, A. P.; BUZELLI, M. L. T.; HAGUIWARA, M. M. H.; MIYAGUSKU, L.; HENNESSY, D. Improvac<sup>®</sup> Immunized boars compared to surgical castrates: control of boar taint and growth performance. In: 52nd ICOMST, 2006, Dublin, **Anais**, ICOMST, p. 211-213, 2006.

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

TAVÁREZ, M. A.; BOLER, D. D.; CARR, S. N.; RITTER, M. J.; PETRY, D. B.; SOUZA, C. M.; KILLEFER, J.; McKEITH, F. K.; DILGER, A. C. Fresh meat quality and further processing characteristics of shoulders from finishing pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 5122-5134, 2012.

UNITED State of Department of Agriculture – USDA. **Livestock and Poultry: world markets and trade**. Nov 2013, 29p (pdf.).

VOTE, D. J.; PLATTER, W. J.; TATUM, J. D.; SCHMIDT, G. R.; BELK, K. E.; SMITH, G. C.; SPEER, N. C. Injection of strip loins with solutions containing sodium tripolyphosphate, sodium lactate, and sodium chloride to enhance palatability. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 952-957, 2000.

# **CAPÍTULO 1**

## **REVISÃO DE LITERATURA**

## 1 PRODUÇÃO SUINÍCOLA

O complexo agroindustrial de suínos e a comunidade científica trabalham incessantemente para melhorar a eficiência na produção de carne e atender as exigências crescentes do mercado consumidor. O desafio para este novo modelo de suíno é combinar, adequadamente, o binômio qualidade e quantidade de carne, garantindo a viabilidade econômica da indústria de carne.

O aumento expressivo no volume de carne produzida mundialmente, 107.412 milhões de toneladas EqC (suínos), 84.610 milhões de toneladas EqC (aves), e 57.527 milhões de toneladas EqC (bovinos) (CONAB, 2013) combinados com o compromisso de atingir o mercado consumidor num curto período de tempo, modificaram marcadamente a tecnologia empregada no processo de abate e o gerenciamento da qualidade e quantidade do produto industrializado.

A carne suína é a mais consumida pela população mundial, representando 37% do consumo total de carne. Esse fato está principalmente relacionado ao alto consumo per capita na China e Europa, por questões culturais. Nos últimos 43 anos o consumo de carne suína cresceu aproximadamente 2,29% ao ano, sendo que em 1970 era de 9,20 kg/pessoa e em 2011 foi de 15,01 kg/pessoa. Se tal crescimento prevalecer até 2030 estima-se que o consumo per capita mundial atingirá 26,34 kg/pessoa. (ABIPECS, 2013; FAO, 2014).

O comportamento de consumo no Brasil se apresenta de modo diferenciado do mercado europeu, onde a carne suína é a mais adquirida. No mercado brasileiro, a proteína mais consumida é a de aves, seguida pela bovina, e a carne suína ocupa apenas o terceiro lugar (ABCS, 2011). Isso indica que há potencial de crescimento de mercado para esse segmento.

A suinocultura brasileira em 2011 contava com mais de 50 mil produtores de todos os portes de granja e nos mais variados sistemas de produção, com um plantel de 2,4 milhões de matrizes tecnificadas, produziu 3,4 milhões de toneladas, exportou 1,34 bilhões de dólares, gerou 1 milhão de empregos em todo o complexo do sistema agroindustrial da produção brasileira de suínos, e no cenário mundial, é classificada como quarto maior produtor e exportador de carne suína (ABIPECS, 2013) atrás somente da China, UE e EUA (produção mundial) e EUA, UE e Canadá (exportação mundial).



A evolução da suinocultura brasileira, no período de 1970 a 2013 foi altamente significativa. O plantel em 1970 era de 31,5 milhões de cabeças e a produção havia sido de 705 mil toneladas. Em 2013, com mais de 39 milhões de cabeças a produção aumentou para 3,517 milhões de toneladas EqC. Portanto em 43 anos o crescimento do plantel foi de 23,8% enquanto que a produção aumentou quase 500% (CONAB, 2013). Esses números exemplificam a evolução tecnológica do setor nesse período, graças a um forte trabalho nas áreas de genética, nutrição e manejo melhorando a produtividade, o peso de abate e rendimento de cortes. Isso porque a suinocultura brasileira vem, nas últimas décadas, investindo na adequação de instalações, ambiência e bem estar, reprodução com matrizes suínas cruzadas, sanidade animal, manejo, biossegurança e principalmente em programas genéticos que priorizam o valor econômico das características fenotípicas que assegurem a qualidade da carcaça e sua industrialização. A partir da década de 80 algumas empresas de melhoramento genético passaram a utilizar as características de qualidade da carne em seus programas, bem como as características de resistência imunológica.

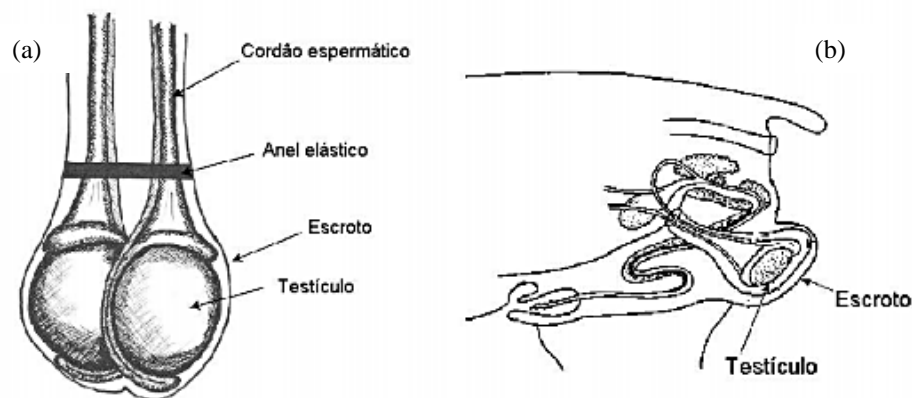
Atualmente, é baixa a presença de linhagens puras nas granjas produtoras de suínos para o abate. O melhoramento genético é realizado por empresas especializadas em selecionar e manter nos plantéis as principais características desejáveis. Essas empresas importam constantemente material genético de outros países que se destacam no cenário mundial de produção de suínos e incorporam essas características de alto valor ao plantel brasileiro.

As principais raças utilizadas na suinocultura brasileira (*Large White*, *Landrace*, *Pietran* e *Duroc*) são distribuídas em diferentes percentuais nos cruzamentos de machos e fêmeas dentro de cada genética disponível no país (ABCS, 2011). Nas linhagens maternas, normalmente as duas raças utilizadas são a *Landrace* e a *Large White*, por suas características de prolificidade (grande número de leitões nascidos), habilidade materna (docilidade, produção de leite, facilidade de parto) e comprimento (espaçamento uterino). As linhas fêmeas são desenvolvidas para produzir matrizes com capacidade de desmamar grande número de leitões por parto e por ano. Os rebanhos de linhas machos utilizam basicamente genótipos das raças *Large White*, *Pietrain*, *Hampshire*, *Landrace* e *Duroc*, selecionadas para alto rendimento e produção de carne magra na carcaça, além de ganho de peso e conversão alimentar (ABCS, 2011). Dentre as empresas de maior expressão no mercado nacional e internacional em melhoramento genético destacam-se a Agroceres PIC (sede no Brasil em Rio Claro/SP) e a Topigs (sede brasileira em Curitiba/PR).

Concomitantemente, ao melhoramento genético os métodos de castração, modificadores metabólicos, em particular a imunocastração e repartidores de energia (ractopamina) vêm sendo utilizados. No Brasil, desde abril de 2007 a imunocastração é utilizada como método de castração alternativo a castração física, enquanto a adição de ractopamina na dieta de suínos é prática comercial autorizada pelo MAPA desde 2001, promovendo aumento da massa muscular esquelética e redução da deposição de lipídios no tecido adiposo do animal (LEONARDO, 2008). Atualmente a carne de suínos imunocastrados representa 50% do volume total produzido e essa expressiva produção combinada ou não com a utilização da ractopamina na dieta de suínos deve ser associada a estudos que possam esclarecer melhor os efeitos e/ou a interação dessas tecnologias na qualidade da carcaça e carne e principalmente nos produtos suínos industrializados.

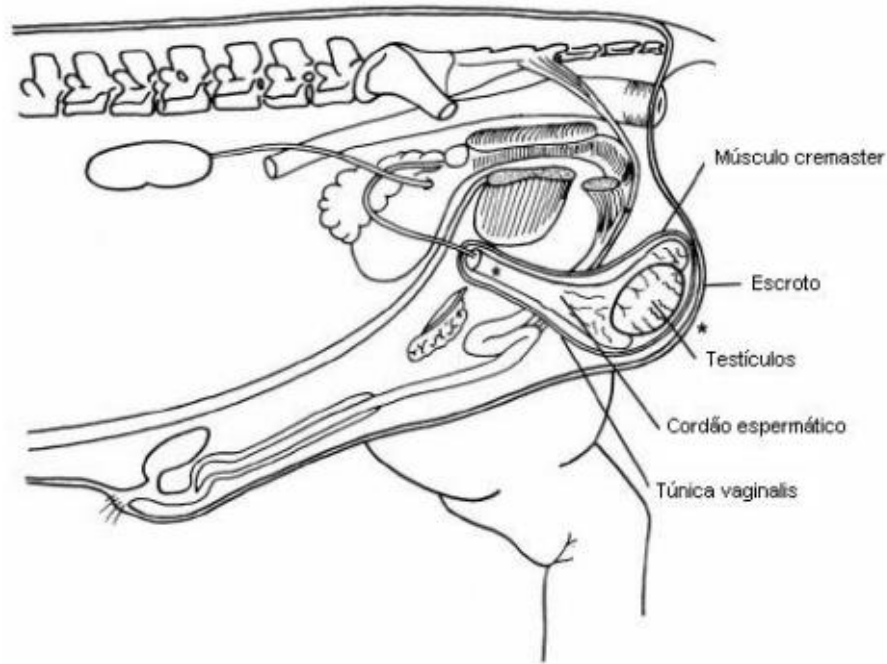
## 2 CASTRAÇÃO FÍSICA

O método de castração física em suínos machos tem sido amplamente utilizado ao longo dos últimos anos. Tem por finalidade a extirpação dos testículos (gonadectomia) devido à potencial presença de substâncias responsáveis pelo odor repugnante da carne, conhecido como “odor sexual” ou “de cachaço” (Figura 1). Essa prática permite ainda uma maior facilidade de manejo dos animais, pois estes se tornam mais dóceis (PRUNIER et al., 2006; ANABEL, 2006; MORALES et al., 2011).



**Figura 1:** Aplicação da técnica de Burdizzo em bovinos e anatomia comparada da região testicular de bovinos (a) e suínos (b). (Adaptado de [www.omafra.gov.on.ca](http://www.omafra.gov.on.ca) e [www.thepigsite.com](http://www.thepigsite.com)).

Segundo Prunier et al. (2006) o procedimento da castração física, sem anestesia, em leitões, é feito rapidamente, podendo levar até menos de 30 segundos, incluindo o tempo de captura dos animais. Este procedimento envolve o corte ou rompimento dos tecidos, mas existem variações nos métodos utilizados. A localização das incisões durante a castração física é apresentada na Figura 2.



**Figura 2:** Anatomia do trato genital de leitões e localização das incisões durante a castração física (\*locais de corte e /ou rompimento). Adaptado de Prunier et al. (2006).

Os leitões são imobilizados durante a castração para minimizar os movimentos do animal. São contidos mais rotineiramente, entre as pernas do manuseador, de cabeça para baixo ou imobilizados em um “receptáculo em v” ou dispositivo comercial. O escroto é então incisado com um bisturi. Alguns produtores fazem duas incisões, de cada lado do escroto, enquanto outros fazem uma única incisão. A(s) incisão(ões) no escroto tem aproximadamente 2 cm de comprimento, dependendo do tamanho do testículo. É realizada uma separação adicional dos tecidos para liberar cada testículo do tecido que o envolve, especialmente o gubernáculo.

Recomenda-se fazer incisão(ões) o mais baixo possível no escroto para facilitar a drenagem de fluidos provenientes das feridas. Os testículos são removidos tanto por corte quanto puxando o cordão espermático, de forma que este rompa. O corte é feito com um

bisturi seguido de raspagem do cordão para remoção dos testículos com o mínimo de hemorragia possível. Ao final, apenas um anti-séptico é aplicado no local da ferida. Este método de castração ocasiona profundas alterações na qualidade de vida do animal, uma vez que os leitões são castrados durante os primeiros dias ou semanas de vida sem anestesia ou analgesia pós-operatória (PRUNIER et al., 2006), podendo provocar dor aguda e crônica, mensuradas qualitativamente por aspectos comportamentais (anormalidades na locomoção, por exemplo), vocalização e, quantitativamente por frequência cardíaca e liberação de hormônios relacionados ao estresse (ZENG et al., 2002; HAYA et al., 2003). Apesar destes fatores, estima-se que cerca de 100 milhões de leitões sejam castrados anualmente, considerando apenas países da União Europeia (THUN et al., 2006).

Taylor e Weary (2000) identificaram por meio da vocalização que o ato de puxar os testículos e raspar o cordão espermático provocam mais dores nos leitões do que a incisão escrotal. A aplicação de anestesia local ou geral certamente poderia reduzir a dor aguda durante a castração, mas não é suficiente para eliminar o estresse e desconforto devido ao manejo antes da castração e prevenir a dor pós-castração (THUN et al., 2006).

Sabe-se ainda que a castração física de leitões pode causar inflamações crônicas ou infecções (POLEZE, 2007a) além do aumento na mortalidade de animais (DUNSHEA et al., 2001). A condição de animal castrado fisicamente ocasiona, também, alterações no metabolismo destes suínos, como diminuição da eficiência alimentar, desenvolvimento muscular mais lento, menor retenção de nitrogênio, e maior deposição de gordura em comparação com machos inteiros (BONNEAU, 1998; OLIVER et al. 2003; PRUNIER et al., 2006; ZAMARATSKAIA et al., 2008). A ação depressiva da castração varia de acordo com as espécies, indivíduos e estado fisiológico e comportamental do animal na época da operação (MARTINS, 2012). Apesar destes fatores possuírem importância significativa para o progressivo abandono da castração cirúrgica na produção suinícola, problemas relacionados com o “odor sexual” (*boar taint*) ainda a tornam o procedimento mais prático na eliminação deste odor. O odor está relacionado com a maturidade sexual e produção de hormônios dos machos suínos, tornando a carne de animais não castrados imprópria para o consumo (BABOL et al., 1996).

A produção de suíno macho inteiro ou cachaço (machos não castrados antes de atingirem a maturidade sexual) oferece diversas vantagens para o complexo agroindustrial de suínos. Os machos inteiros, comparados com fêmeas e castrados, tem melhor eficiência

alimentar, crescem mais rápidos, produzem carcaças mais magras, diminuem a excreção de nitrogênio no meio ambiente, além de reduzir o sofrimento do animal (BONNEAU et al., 2000; ZAMARATSKAIA et al., 2008). Entretanto, o principal problema em produzir suínos machos inteiros está relacionado à qualidade da carne, a grande limitação desta prática está no aparecimento de odor sexual na carne suína. Por esse motivo, no Brasil o abate generalizado de suínos machos inteiros é proibido pela legislação brasileira, conforme consta no artigo 121 do RIISPOA, Decreto 30.691 de 29.03.1952 e Circular 47 de 04.05.1988 alterado pelo Decreto 1255 de 25.06.1962 (BRASIL, 1952; BRASIL, 1988).

Em países como Austrália e o Reino Unido onde os suínos são abatidos com pesos mais baixos, é comum que os suínos machos sejam mantidos inteiros, com o conceito de que o abate dos animais antes da maturidade sexual minimizará o odor de macho inteiro (POLEZE, 2007a). Segundo a atual legislação da União Europeia (Regulamentação 64/433EEC, 1993), o abate de suínos machos inteiros com peso de carcaça quente com cabeça de até 80 kg (equivalente a 100 kg de peso vivo) é permitido, exigindo o teste compulsório de odor sexual somente para as carcaças acima desse peso (FÁVERO, 2000). Entretanto, na maioria dos outros países (incluindo Estados Unidos e Brasil), todos os suínos machos destinados para produção são castrados fisicamente, na primeira semana de vida, para evitar o odor sexual (PRUNIER et al., 2006).

## 2.1 COMPONENTES DO ODOR SEXUAL

O odor sexual ou odor de cachaço ocorre em machos inteiros durante o período de maturidade sexual, é causado principalmente pelo acúmulo de pelo menos um dos dois compostos, androstenona (5 $\alpha$ -androst-16-ene-3-ona) (PATTERSON, 1968) e escatol (3-metil indole) em seu tecido adiposo (BONNEAU, 1998). Este odor pode ser percebido durante a cocção, o que causa a rejeição da carne de animais não castrados pelo consumidor (BABOL et al., 2004).

A androsterona, assim como a testosterona, é um hormônio esteróide produzido pelos testículos. O efeito fisiológico do androsterona porém não é androgênico, agindo apenas como feromônio, estimulando funções reprodutivas na fêmea suína (ANDRESSEN, 2006). Parte do androsterona é secretada na saliva (GOWER, 1972), servindo como feromônio, enquanto outra parte é depositada no tecido adiposo (JAROS et al., 2005). Sabe-se pouco sobre a degradação deste composto, que ocorre principalmente no fígado, mas em princípio, a

deposição excessiva de androsterona no tecido adiposo ocorre tanto por uma desproporcional taxa de produção de androsterona nos testículos, um metabolismo deficiente do androsterona ou ambos os fatores (DORAN et al., 2002). Esse acúmulo de androsterona é parcialmente responsável pelo odor na carcaça (ADAMS, 2005) e é facilmente associável ao odor da urina (CLAUS et al., 2007).

O escatol por sua vez possui um odor associado ao odor das fezes e, ao contrário do androsterona, não é inteiramente específico de animais machos, mas produzido pelas bactérias do intestino grosso dos suínos (no cólon), a partir da degradação do triptofano (BONNEAU, 1998; ABERGAARD; LAUE, 1993). Tanto o triptofano da dieta quanto dos resíduos celulares da degradação da mucosa intestinal pode ser metabolizado a escatol, sendo esta produção dependente em grande parte da microbiota e da disponibilidade de substrato, que podem ser alteradas pela alimentação. Em alguns machos inteiros, uma proporção do escatol passa pelo fígado sem ser metabolizado e se acumula no tecido adiposo (ABERGAARD; LAUE, 1993; JAROS et al., 2005; ANDRESSEN, 2006; ZAMARATSKAIA, 2008; PRUNIER et al., 2006).

A correlação entre os níveis de escatol e os níveis de androsterona no tecido adiposo de machos inteiros pode ser explicada pela inibição do catabolismo do escatol provocado pelos andrógenos. Doran et al. (2002) sugerem que concentrações excessivas de androsterona impedem a expressão do citocromo hepático CYP2E1, responsável pelo metabolismo do escatol no fígado, provocando a redução da degradação deste composto, e consequentemente, o acúmulo no tecido adiposo.

A contribuição e o respectivo papel de cada composto para a formação do odor sexual têm sido investigados em vários estudos sensoriais com julgadores treinados, e existem muitas controvérsias, devido à sensibilidade individual, o nível de treinamento e a metodologia utilizada (BONNEAU et al., 2000; MATTHEWS et al., 2000). De acordo com os resultados, o escatol contribui mais do que a androstenona com o odor sexual em carnes (MATTHEWS et al., 2000), a androstenona e o escatol contribuem sinergicamente para o odor e apresentaram correlação negativa no sabor característico da carne suína (BONNEAU; SQUIRES, 2004).

### 3 CASTRAÇÃO IMUNOLÓGICA

A fim de aumentar a produtividade, atender as exigências nutricionais por uma carne mais magra e respeitar o bem-estar animal (exigidos pelos mercados importadores de carne suína); surge uma nova tecnologia: a castração imunológica ou imunocastração.

A castração imunológica é uma possibilidade de se evitar o aparecimento do odor sexual aproveitando, ainda, os efeitos dos anabolizantes naturais produzidos nos testículos dos machos inteiros ao longo da sua vida produtiva (BONNEAU et al., 1994; SILVEIRA, 2007). Este método interfere nas características de comportamento do animal ao diminuir atividade sexual e a agressividade (CRONIN et al., 2003), influencia também nos fatores de deposição muscular, uma vez que, melhora a conversão alimentar, a velocidade de crescimento e aumenta a gordura intramuscular (JAROS et al., 2005).

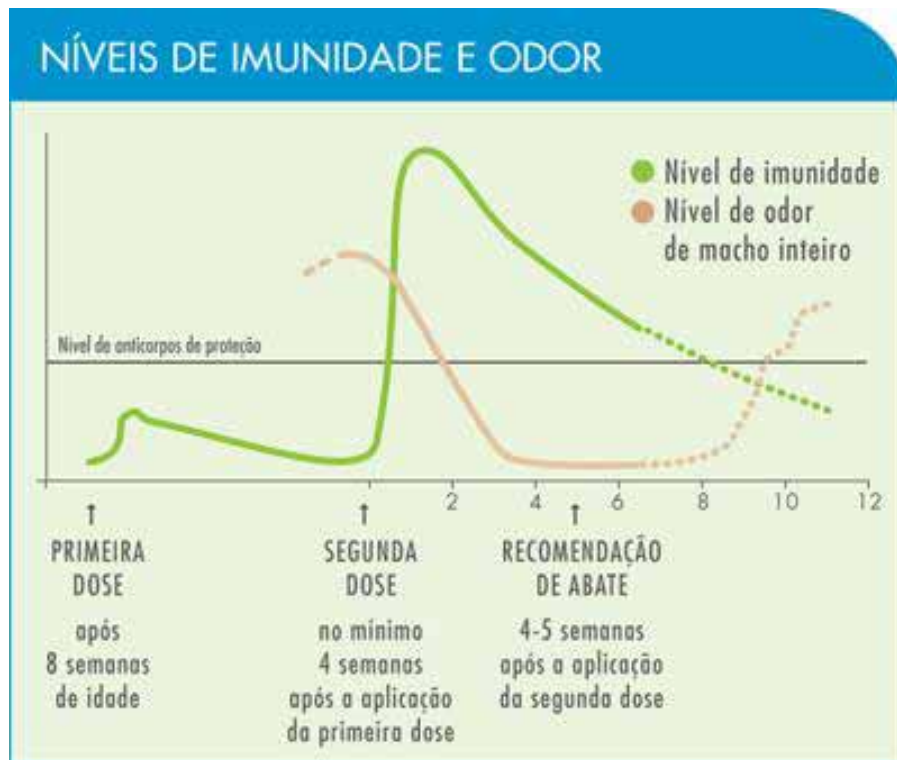
A imunocastração suprime temporariamente a produção de esteróides pelos testículos antes do abate. Funciona como uma vacina que contém uma forma modificada de GnRF (Figura 3), análogo sintético incompleto em veículo aquoso conjugado a uma proteína carreadora inerte, que atua estimulando o sistema imunológico dos suínos a produzir anticorpos naturais contra o fator de liberação de gonadotrofinas (GnRF) (JAROS et al., 2005; ZAMARATSKAIA et al., 2008). A gonadotrofina é um pequeno peptídeo (decapeptídeo) originário do hipotálamo com ação na glândula pituitária para induzir a secreção do Hormônio Luteinizante (LH) e o Hormônio Folículo Estimulante (FSH). Estes dois hormônios agem sobre as gônadas para estimular o desenvolvimento dos testículos e a produção de esteróides responsáveis pelas características de machos e crescimento muscular (ZENG et al., 2002; JAROS et al., 2005). A imunocastração inibe a liberação de LH e FSH da glândula pituitária, bloqueando a função testicular. Ao cessar o desenvolvimento dos testículos, estes são retidos altos no escroto e aparecem menos proeminentes.



**Figura 3:** Representação esquemática do GnRF natural e de seu análogo sintético da Vivax® (PFIZER, 2010).

A vacina para a imunocastração foi desenvolvida na Austrália e é comercializada desde 1998 no mesmo país e também na Nova Zelândia. Foi aprovada em mais de 60 países como Rússia, EUA, Canadá e UE. No Brasil, a vacina está registrada desde 2005, mas apenas em 2007 foi lançada em nível nacional e está comercialmente disponível sob o nome de Vivax® (PFIZER, 2010). A formulação e o protocolo determinam a administração de duas doses da vacina, a primeira oito semanas antes do abate e a segunda dose entre 4 a 5 semanas antes do abate (DUNSHEA et al., 2001). Somente após a segunda dose (Figura 4), ocorrerá a inativação de todo o GnRF circulante, visto que são produzidos altos níveis de anticorpos anti-GnRF específico, o que inibe a produção de esteróides no testículo, suprimindo o metabolismo de substâncias envolvidas na ocorrência do odor sexual (ANABEL, 2006, POLEZE, 2007b). A imunocastração (imunização contra o GnRF), utilizando a vacina Improvac® (Vivax®), demonstrou sua eficiência em controlar os compostos responsáveis pelo odor sexual (androstenoa e escatol) em níveis inferiores ao do limiar de detecção dos julgadores, além de manter os níveis de testosterona comparáveis aos animais castrados fisicamente (DUNSHEA et al., 2001; JAROS et al., 2005; SILVEIRA et al., 2006; ZAMARATSKAIA et al., 2008).





**Figura 4:** Representação gráfica dos níveis de imunidade e odor ao longo das aplicações da vacina Vivax® (PFIZER, 2010).

A imunocastração melhorou o desempenho zootécnico e contribuiu para diminuir a gordura (0,77 kg) e aumentar a quantidade de carne (2,42 kg), acrescentando mais carne nos cortes de maior valor comercial, como pernil, carré, a barriga e paleta, que representa uma vantagem econômica para a indústria da carne, pois atende os mercados de carne *in natura* e de produtos industrializados (SILVEIRA et al., 2006).

Segundo Zamaratskaia et al. (2008), não houve diferenças significativas em relação ao comportamento (tempo de repouso, locomoção e alimentação) dos animais imunocastrados e castrados fisicamente, mas os animais imunocastrados apresentaram reduzido comportamento sexual e agressivo. Do ponto de vista sensorial da carne suína, animais castrados imunologicamente não apresentaram diferenças significativas quando comparados a castrados fisicamente e fêmeas, enquanto que a carne proveniente de machos inteiros diferenciou de todos os outros (FONT i FURNOLS et al., 2009).

#### 4 AGONISTAS $\beta$ -ADRENÉRGICOS

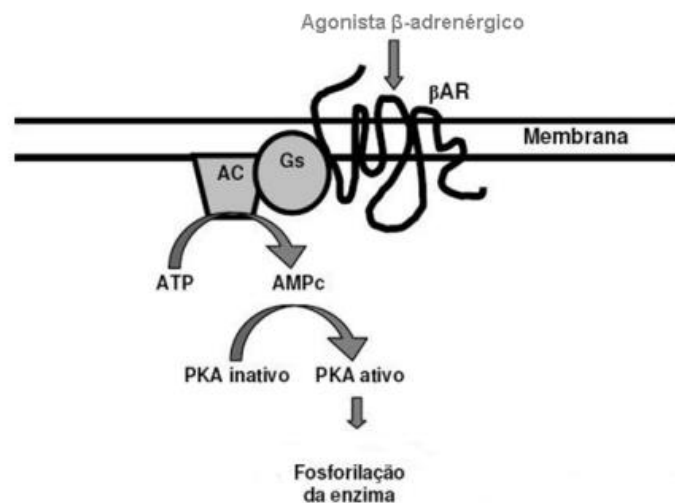
A utilização de agonistas  $\beta$ -adrenérgicos ( $\beta$  AA) na terapia veterinária é autorizada e age na modulação e otimização da resposta metabólica de diversos animais por meio de diferentes compostos químicos. O uso mais expressivo é como promotor de crescimento animal (LEONARDO, 2008). Os  $\beta$  AA ou repartidores de energia são representados pela somatotropina (pST) e por compostos sintéticos de análogos hormonais. São assim classificados devido: à capacidade de redirecionar a distribuição normal de nutrientes em função da alteração do metabolismo da célula e por modificarem as taxas de deposição de gordura e proteína do corpo animal (SILVEIRA, 2007; AGOSTINI et al., 2008).

Os  $\beta$  AA têm sido estudados a décadas na produção animal, com o intuito de melhorar a produtividade. Cunningham (1963) observou que a epinefrina poderia aumentar o ganho de peso diário e a retenção de nitrogênio em suínos.

Na década de 80, diversos  $\beta$  AA's foram desenvolvidos. Existem pelo menos seis  $\beta$ AA's que demonstram aumentar a síntese proteica na carcaça de animais: ractopamina, cimaterol, L-644,969, isoproterenol, salbutamol, clenbuterol e zilpaterol (PETERLA; SCANES, 1990; MERSMANN, 1998; HALSEY et al., 2011; MARTINS, 2012). Estes compostos são substâncias de estrutura análoga as catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), empregados na produção animal e agem como modificadores do metabolismo (MERSMANN, 1998; BRIDI et al., 2006). A administração é basicamente por via oral, na ração. Após absorvida, é metabolizada pelo fígado e sua eliminação é predominantemente urinária. A eficiência dos  $\beta$  AA's na redução do tecido adiposo do animal, possivelmente seja mais dependente da atividade de bloqueio da lipogênese, do que do estímulo da lipólise, embora exista uma variação considerável entre os  $\beta$  AA's (PETERLA; SCANES, 1990; MERSMANN, 1998; HALSEY et al., 2011).

De maneira geral, o mecanismo bioquímico de ação dos  $\beta$  AA's em suínos, de acordo com diversos autores (PETERLA; SCANES, 1990; MERSMANN, 1998; ZAGURY, 2002; LEONARDO, 2008; HALSEY et al., 2011) aponta que na membrana dos adipócitos (Figura 5) existem receptores (R)  $\alpha$ - e  $\beta$ -, moléculas orgânicas, onde os  $\beta$ -receptores ( $\beta$ A-R) são ativados pelos  $\beta$  AA's que por sua vez ativam a proteína Gs, desencadeando uma série de reações metabólicas que alteram a fluidez da membrana plasmática e estimulam a ação catalítica da enzima adenilato ciclase (Ac) onde converte o trifosfato de adenosina (ATP), em

monofosfato cíclico de adenosina (AMPc), uma das principais moléculas de sinalização intracelular. A AMPc se liga a subunidade reguladora da proteína-quinase A (PKA) ativando-a. A PKA libera suas subunidades catalíticas que fosforila, então, uma série de proteínas intracelulares. Algumas destas proteínas são enzimas que são ativadas quando fosforiladas como as enzimas responsáveis pela degradação de triacilgliceróis em adipócitos, levando à maior taxa de quebra dos triglicerídeos a ácidos graxos livres e glicerol. Outras enzimas são inativadas quando fosforiladas, como é o caso da Acetil-CoA carboxilase (HALSEY et al., 2011), que limita a taxa de formação de ácidos graxos de cadeia longa. Esta sequência de fosforilações sucessivas possibilita a amplificação do sinal, levando a respostas fisiológicas. As ações mediadas através dos  $\beta$ A-R's incluem: estímulos à lipólise, aumento da contração cardíaca e do fluxo sanguíneo, aumento disponibilidade de insulina na corrente sanguínea, glucagon (MERSMANN, 1998) e renina aumento da neoglicogênese, glicogenólise e posterior relaxamento da musculatura lisa (MOODY et al., 2000). O processo de dessensibilização dos receptores é um fator que interfere no mecanismo de ação das catecolaminas. A sensibilidade dos receptores  $\beta$  diminui após longos períodos de exposição aos agonistas (MOODY et al., 2000; HALSEY et al., 2011).



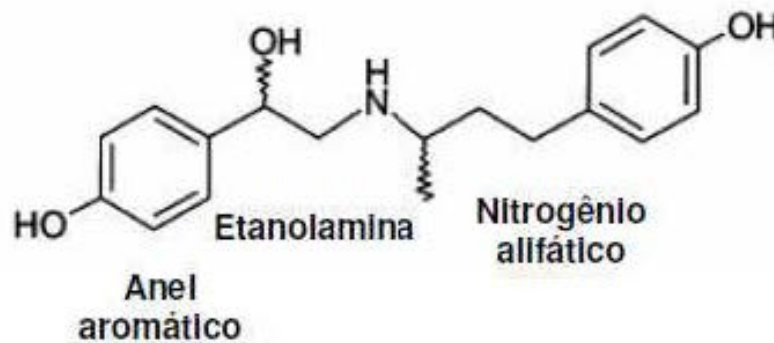
**Figura 5:** Ação dos  $\beta$  AA's na lipólise do tecido adiposo (MOODY et al., 2000).

#### 4.1 RACTOPAMINA

Na produção de monogástricos, como os suínos, o cloridrato de ractopamina (RAC) é o mais utilizado e é aprovado pela FDA. A estrutura química deste  $\beta$  AA (Figura 6) é

caracterizada pela presença de anel aromático, cadeia lateral da etanolamina e o nitrogênio alifático (SMITH, 1998).

A administração se faz via oral, adicionando-a na ração, pois o pH do trato gastrintestinal influencia o local de absorção. Independentemente da espécie ou da idade do animal, o pH do estômago, favorece a formação de um cátion na amina alifática, enquanto que a natureza mais neutra do duodeno, jejuno e íleo, promovem a redução da extensão da ionização e aumentam a absorção passiva através da mucosa intestinal (SMITH, 1998). Após absorvida, a RAC é metabolizada pelo fígado (PALERMO NETO, 2002) e sua eliminação é predominantemente urinária, de aproximadamente 80% em suínos.



**Figura 6:** Estrutura química do Cloridrato de Ractopamina (SMITH, 1998).

No metabolismo proteico há um aumento da síntese proteica, principalmente da actina e miosina, aumentando o diâmetro das fibras musculares, em específico nas fibras brancas e intermediárias (MERSMANN, 1998) com quase nenhum efeito sobre a formação óssea (PETERLA; SCANES, 1990). Da mesma forma, a massa dos tecidos viscerais e da maioria dos órgãos não aumenta e em alguns casos a massa do fígado diminui (BAUMAN et al., 1994).

Fatores extrínsecos ou ambientais, como ingestão inadequada de aminoácidos ou energia também podem limitar o potencial da RAC (BLACK; GRIFFITHS, 1975). Em certas ocasiões pode ocorrer um aumento na taxa de crescimento ou na eficiência alimentar. Respostas no ganho de peso e eficiência na alimentação estão relacionadas à dose de RAC utilizada, sendo de baixa eficácia em doses extremamente elevadas (RICKS et al., 1984; HANRAHAN et al., 1986). A RAC é dose dependente, apresentando melhora do ganho de

peso, eficiência alimentar mesmo quando utilizada em baixa taxa de inclusão (5 ppm) (MOODY et al., 2000; ATHAYDE et al., 2012).

A RAC na dieta de suínos proporciona um melhor desempenho zootécnico quando administradas no período final da engorda ou terminação. Principalmente em suínos melhorados geneticamente para produção de carne com abate efetuado próximo de 114 kg de peso vivo (LEONARDO, 2008). Ainda, as melhorias no desempenho do crescimento parecem ser maiores durante as primeiras semanas de administração e tendem a diminuir conforme a variação da dose (ATHAYDE et al., 2012; LANFERDINI et al., 2013). Assim, a suplementação de RAC é mais eficiente no período antes do abate (21 a 28 dias) em animais que já tenham atingido a maturidade, uma vez que diminuem a capacidade de síntese proteica, ampliando assim a eficiência da RAC (MARTINS, 2012)

Ainda, o sexo ocasiona diferenças no desempenho dos animais durante os períodos de crescimento e terminação (UNRUH et al., 1996; LATORRE et al., 2004; LANFERDINI et al., 2013). As fêmeas, seguidas pelos castrados fisicamente, respondem melhor ao tratamento com  $\beta$  AA's (SEE et al., 2004; RIKARD-BELL et al., 2009; MARTINS, 2012), provavelmente devido à maior quantidade e capacidade de mobilizar os lipídios que possuem, e cuja diminuição é evidente principalmente no tecido adiposo subcutâneo e irrisório no tecido adiposo intramuscular (MARTINS, 2012). Alguns autores relatam (DUNSHEA et al., 1993; LANFERDINI et al., 2013) que o desempenho zootécnico dos suínos machos imunocastrados não são influenciados pela inclusão de RAC na dieta.

Entretanto, para obter uma resposta ideal ao uso desse aditivo repartidor de energia, é necessário disponibilizar na ração níveis adequados de aminoácidos, especialmente a lisina (0,90 - 1,20%), aminoácido responsável pela síntese de proteína e deposição de tecido muscular e de proteína (mínimo 16% de proteína bruta) para sustentar o maior ganho em peso de carne (SILVEIRA, 2007; LANFERDINI et al., 2013).

## **5 CARNE SUÍNA**

A maioria dos estudos relacionados à ractopamina ou à imunocastração (separadamente) são direcionados aos efeitos destas tecnologias no desempenho zootécnico do animal, nas características de qualidade da carcaça e/ou da carne suína (McKEITH et al., 1988; MERKEL et al., 1990; AALHUS et al., 1990; BELLAVAR et al., 1991; UTTARO et

al.,1993; OLIVER et al., 2003; ARMSTRONG et al., 2004; JAROS et al., 2005; SILVEIRA et al., 2006; XIONG et al., 2006; FONT i FURNOLS et al., 2009; MORALES et al., 2011; ATHAYDE et al., 2012). Alguns estudos mais recentes analisaram a interação destas tecnologias, porém limitando-se aos efeitos no desempenho e qualidade de carcaça (RIKARD-BELL et al., 2009; LANFERDINI et al., 2013). Poucos trabalhos são direcionados às possíveis alterações que estes compostos podem causar na qualidade de produtos industrializados sejam eles testados separadamente como Fernández-Dueñas et al. (2008) e Boler et al. (2011) em presuntos e Tavárez et al. (2012) em bacon e copa ou em associação como Cervo (2012) em salame tipo italiano, Lucas (2012) em copa e Costa-Lima et al. (2014) em salsichas.

## 5.1 CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

A qualidade da carne representa uma das principais preocupações deste segmento, especialmente para consumidores mais exigentes. Existem inúmeros fatores intrínsecos (relacionados ao animal) e extrínsecos que participam de todas as fases da cadeia (da produção ao consumo), inter-relacionados que influenciam as diversas características de qualidade da carne.

As principais características relacionadas à qualidade da carne suína abrangem fatores como valor tecnológico (pH, cor e capacidade de retenção de água - CRA); valor nutricional (teor proteico e lipídico e composição de ácidos graxos); valor sensorial (sabor, odor, maciez e suculência). Estas características são influenciadas pelo processo bioquímico que acontece durante a conversão do músculo em carne.

Resguardada a variedade de parâmetros que definem a qualidade da carne, o National Pork Producers Council - NPPC (1998) estabeleceu alguns atributos mínimos para uma carne suína *in natura* de qualidade, tendo como corte padrão o lombo, avaliado 24 horas após o abate (Tabela 1).

**Tabela 1.** Atributos imprescindíveis para uma carne suína de qualidade.

<b>Atributo</b>	<b>Condição Ideal</b>	<b>Observações</b>
Cor	3,0 a 5,0	Utilizando a escala de 6 pontos (NPPC)
pH	Valor de L*entre 49 a 37 Inicial maior que 5,5 Final menor que 5,8	Sistema CIELAB
Maciez	Menor que 3,2 kgf	Utilizando o Warner Bratzler Shear Force, maturada por 7 dias
<i>Flavor</i> (odor/sabor)	Odor característico da carne suína	Ausência de <i>off-flavors</i>
Gordura intramuscular	2 a 4%	
Perda de água	Não exceder a 2,5%	

Fonte: BRIDI; SILVA (2009).

### 5.1.1 Fatores Tecnológicos

#### 5.1.1.1 pH

O pH é um fator de grande influência na qualidade e segurança da carne, diretamente ligado aos demais atributos. Está relacionado com o metabolismo do glicogênio, devido ao acúmulo de ácido lático proveniente das mudanças *post mortem*. A taxa de acumulação do ácido lático, por conseguinte o índice de pH (ácido, neutro ou básico) altera direta ou indiretamente a cor, a textura e a CRA (RAMOS; GOMIDE, 2007) com reflexos na aparência, na maciez e suculência, no sabor e no aroma, no rendimento industrial e comercial, na vida de prateleira e no valor nutricional.

Durante o desenvolvimento do *rigor mortis* e da maturação da carne, o pH influencia na contração, proteólise e desnaturação proteica, o que modifica a estrutura da carne e consequentemente, a qualidade. Baseados nestes processos metabólicos, a carne suína pode ser classificada em três categorias mais comumente encontradas (BRIDI; SILVA, 2009):

- RSE (*reddish pink, soft and exudative*): carne de cor normal, textura mole e exsudativa.
- RFN (*reddish-pink in color, firm in texture and free of surface wateriness – non-exsudative*): carne de cor normal, textura firme e não exsudativa. É a carne desejável de alta qualidade, com cor característica do corte analisado, com textura firme e não exsudativa.
- PSE (*pale in color, soft in texture and exsudative*): carne de cor pálida, de textura mole e com baixa capacidade de retenção de água.

- DFD (*dark in color, firm in texture and non-exsudative*): carne de cor escura, de textura firme e com grande capacidade de retenção de água.

Vários métodos já foram propostos para avaliar a qualidade final da carne nas primeiras horas *post mortem* (RAMOS; GOMIDE, 2007), mas a medida de pH continua sendo a mais eficaz na classificação da qualidade da carne. Atualmente temos níveis bem aceitos pela comunidade científica a fim de categorizar a qualidade com embasamento no pH aos 45 min após o abate e o pH final as 24 horas após o abate. Contudo, para auxiliar na classificação utiliza-se também o índice de Luminosidade ( $L^*$ ) e a CRA pela perda de peso por gotejamento (PPG) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Classificação da carne suína de acordo com suas propriedades tecnológicas.

<b>Categoria</b>	<b>Valor de <math>L^*</math></b>	<b>PPG (%)</b>	<b>pH<sub>45min</sub> - Inicial</b>	<b>pH<sub>24h</sub>-Final</b>
<b>RFN</b>	<50	<5	$\geq 5,8$	<6,0
<b>PSE</b>	$\geq 50$	$\geq 5$	<5,8	<5,8
<b>DFD</b>	$\leq 38$	<5	$\geq 5,8$	$\geq 6,0$

Fonte: Ramos e Gomide (2007) adaptado pelos autores

Elevados teores de pH final da carne são positivamente associados com várias características desejáveis, incluindo baixa PPG, cor mais escura e maior firmeza e maciez. Um dos principais problemas que acomete a carne suína, relacionado diretamente com o pH é a carne PSE. Dentre das principais causas que induzem à incidência de carne PSE temos o estresse que o animal sofre no momento que antecede o abate ou no abate, a genética (portadores do gene halotano) e as condições de refrigeração na fase *post mortem* das carnes (FORMIGHIERI, 2012).

O estresse pré-abate ativa a liberação de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) e de cortisol que aumentam a atividade da creatina fosfoquinase e aceleram o metabolismo, provocando ativação excessiva do músculo. Com o metabolismo acelerado há rápida produção de ácido láctico e o pH cai bruscamente. A combinação do pH baixo com a temperatura elevada da carcaça quente, ocorre maior desnaturação das proteínas musculares, principalmente da miosina e das proteínas sarcoplasmáticas (LAWRIE, 2005), esse fenômeno é maior nas fibras brancas (Tipo II) por conterem maior quantidade de células glicolíticas. A carne deste animal será, portanto, PSE. Na carne PSE, a desnaturação das proteínas musculares reduz a CRA, a cor desta carne torna-se mais pálida pela perda de pigmentos que



extravasam com a água (como a mioglobina) e, pela maior presença de água na superfície e nos espaços extracelulares, refletindo a luz. Carnes PSE apresentam também baixa atividade das calpaínas, que são as enzimas responsáveis pela resolução do *rigor mortis*, ou seja, o amaciamento da carne. O baixo pH inicial da carne promove a autólise e a inativação da  $\mu$ -calpaína (LEONARDO, 2008). O resultado é que as carnes PSE apresentam uma textura mais dura (BRIDI; SILVA, 2009).

Passado 24 horas, se o pH estiver superior a 6,0, a carne suína irá reter grande quantidade de água, o que implica em curto tempo de conservação e coloração escura, fenômeno característico da carne DFD. Isso se ocorre em suínos submetidos a estresse ou jejum muito prolongado, ou abatidos em dias muito frios, promovendo a redução nas reservas de glicogênio muscular, e por conseguinte o pH elevado (LAWRIE, 2005). Entre sexos, os machos inteiros apresentam maior incidência de DFD, porque comumente são mais agitados nos momentos que antecedem o abate.

#### 5.1.1.2 Cor

Segundo Bridi e Silva (2009) a cor da carne é importante não somente porque é a primeira característica que o consumidor analisa, mas porque está relacionada com outros aspectos sensoriais e tecnológicos da carne. A cor da carne é aferida pelos pigmentos de mioglobina existentes nos músculos. 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. A carne de suínos caracteriza-se por possuir cor uniforme, entre rosada e avermelhada, possuindo uma pequena camada de gordura esbranquiçada.

Quimicamente, a cor da carne *in natura* está associada à proporção relativa de três formas químicas da mioglobina (pigmento da carne): mioglobina reduzida ou deoximioglobina (cor vermelho púrpura); oximioglobina (vermelho brilhante); e, metamioglobina (marrom). Na superfície da carne, quase sempre existe uma mistura destas formas, mas a cor resultante é da pigmentação predominante. O estado químico dos pigmentos diz respeito ao estado de oxidação do ferro, tipo de ligante na sexta posição do grupo heme, estado da proteína globina e integridade do núcleo de hematina (RAMOS; GOMIDE, 2007). Contudo, a cor da carne não depende apenas da concentração da mioglobina, mas também das propriedades de dispersão de luz na carne. O músculo cortado imediatamente após o animal ter sido abatido é translúcido, a luz incidente, portanto, é capaz

de penetrar em profundidades consideráveis e ser absorvida pela mioglobina antes de sofrer a dispersão, conseqüentemente a carne parece ser escura.

Em músculos normais *post-mortem* observa-se uma leve palidez devido ao desenvolvimento da dispersão da luz quando o pH cai para 5,9. Nas carnes DFD, o pH não cai para menos de 6,0 e a transição da carne com aparência escura gelatinosa para uma carne com aparência semi-opaca não ocorre. Contrariamente, carnes PSE são mais pálidas que às normais pois, devido a desnaturação das proteínas, a luz incidente é altamente dispersada pelas estruturas musculares, por essa razão a luz não consegue penetrar profundamente no músculo e deste modo é absorvida em pequena quantidade pela mioglobina (LAWRIE, 2005).

Norman et al. (2003) classificaram, de acordo com a cor, a carne de suínos em três categorias, segundo o NPPC (Figura 7). Denominaram como carne tipo A as que apresentavam padrão de cor 1-2, como tipo B as categorias 3-4 e como C as 5-6. Os autores não verificaram correlação do valor de  $L^*$  com a força de cisalhamento da carne, mas acharam uma correlação negativa dos valores de  $a^*$  (intensidade do vermelho) e  $b^*$  (intensidade do amarelo) com a força de cisalhamento. O teste sensorial, com julgadores treinados, demonstrou que 52,8% deles preferiram as carnes de coloração mais escura (Tipo C), por serem mais macias e suculentas.



**Figura 7:** Padrão de cor da carne suína.  
Fonte: NPPC, 1998.

#### 5.1.1.3 Capacidade de retenção de água- CRA

A carne magra ao ser abatida possui aproximadamente 75% de água. As características sensoriais, como cor, textura, firmeza, suculência e maciez da carne cozida, dependem direta ou indiretamente da CRA da carne, que é a capacidade que a carne tem de reter água durante o aquecimento, cortes, trituração e prensagem. A CRA do tecido muscular tem efeito direto durante o armazenamento. Quando os tecidos têm pouca capacidade de retenção de água, a perda de umidade e, conseqüentemente, de peso durante seu armazenamento aumentam.

A maior parte da água no músculo está presente nas miofibrilas, nos espaços entre filamentos de miosina e actina, mantidas por forças capilares (OFFER; KNIGHT, 1988). A perda de água pode ocorrer através da evaporação, gotejamento ou do cozimento. De modo contrário, o ganho de água, o qual promove o intumescimento da carne, ocorre durante a fabricação de produtos cárneos, se a carne for tratada com soluções de sal e polifosfato.

### **5.1.2 Fatores Nutricionais**

As carnes são uma excelente fonte de aminoácidos e ácidos graxos essenciais, além de minerais e vitaminas, em especial as dos complexo B. A carne suína, classificada como carne vermelha, tem composição muito semelhante as demais, um alimento rico em nutrientes, apresentando diversos benefícios indiscutíveis à saúde humana. Ela é rica em proteína de alto valor biológico, ácidos graxos monoinsaturados, vitaminas do complexo B e diversos minerais. O teor de gordura e valor calórico depende da localização da carne no animal, mas a quantidade dos demais nutrientes é pouca afetada.

De modo geral, a composição da carne suína consiste de aproximadamente 72% de água, 20% de proteínas, 7% de gordura, 1% de minerais e menos de 1% de carboidratos. Quando comparada a outros alimentos confirma-se a afirmação de que a carne suína é um alimento rico em proteínas e pobre em carboidratos, fato que auxilia na redução calórica do produto, 100 gramas de carne possui cerca de 147kcal (TACO, 2006).

### **5.1.3 Fatores Sensoriais**

A maciez da carne é afetada por fatores *ante mortem* e *post mortem*. Em geral todos os cortes de carne suína possuem maciez características. Está também geralmente tem menos gordura entremeada na carne, contudo, gordura intermuscular funciona como uma barreira contra a perda do suco muscular durante o cozimento, aumentando, portanto a retenção de água pela carne e aumento da suculência.

O aroma e sabor da carne pode ser determinado por fatores antes do abate como espécie, idade, sexo, raça, alimentação e manejo. Outros fatores como pH final do músculo, condições de esfriamento e armazenamento, e procedimento culinário também afetam este parâmetro sensorial.

## 5.2 RACTOPAMINA E/OU IMUNOCASTRACÃO VS. QUALIDADE DE CARNE

Estudos relacionando a administração de ractopamina na dieta de suínos com as características de qualidade de carne são controversos. Na cor objetiva, determinada pelo método CIELAB, a luminosidade ( $L^*$ ) é a medida relacionada à qualidade de carne suína, pois o  $L^*$  é um dos fatores que classifica uma carne como PSE ou DFD.

A luminosidade da carne suína parece não ser influenciada pela adição de ractopamina na dieta (ARMSTRONG et al., 2004; CARR et al., 2005; STAHL et al., 2007). O componente  $a^*$  da cor é uma medida do teor de vermelho e pode ser usado como uma indicação da quantidade de oximioglobina presente durante o período de *blooming* da carne (JOHANSSON, 1989). Portanto, a diminuição nos valores de  $a^*$  sugerem redução na quantidade de oximioglobina na carne produzida por suínos alimentados com RAC (UTTARO et al., 1993; AALHUS et al., 1990). Estudos mais recentes observaram que a ractopamina tem diminuído os valores de  $a^*$  (CARR et al., 2005, FERNANDEZ-DUEÑAS et al., 2008; APPLE et al., 2008; ATHAYDE et al., 2012) e  $b^*$  (CARR et al., 2005; APPLE et al., 2008), enquanto outros estudos não encontraram nenhum impacto da ractopamina nos valores de  $a^*$  (ARMSTRONG et al., 2004; GONZALEZ et al., 2010).

Møller et al. (1992), Wood et al. (1994) e Ramos e Silveira (2002) encontraram redução dos níveis de glicogênio muscular, elevação do pH final da carne com tonalidade levemente mais escura em animais tratados com ractopamina quando comparados à animais que não receberam o mesmo tratamento na dieta. Zagury (2002) e Carr et al. (2009), entretanto, não encontraram diferenças significativas na coloração da carne de suínos suplementados com ractopamina.

Importantes aspectos do uso de  $\beta$  AA na ração de suínos foram relatados por Warriss (1989). Foi observado que animais suplementados com este composto, devido o mimetismo dos efeitos naturais das catecolaminas, poderiam desenvolver a carne PSE ou, ainda, poderia haver estímulo da glicólise e assim promover o consumo de glicogênio muscular *ante mortem*, resultando em menor produção e acúmulo de ácido láctico na carcaça após o abate. Entretanto, estudos mais recentes com ractopamina não confirmaram essas hipóteses, uma vez que o pH 24h (STOLLER et al., 2003; WEBER et al., 2006; XIONG et al., 2006; STHAL et al., 2007) e o pH1h (CARR et al., 2005; WEBER et al., 2006; XIONG et al., 2006) das carcaças não foi alterado quando da adição dessa substância. Bridi et al. (2006), ao analisarem

o efeito da adição de ractopamina na dieta de suínos do genótipo halotano heterozigoto e homozigoto, não observaram aumento da incidência de carne PSE.

Quanto ao grau de maciez, diversos autores (AALHUS et al., 1992; UTTARO et al., 1993; CARR et al., 2005; XIONG et al., 2006) observaram significativo aumento na força de cisalhamento (WBSF) na carne suína, proveniente de animais tratados com ractopamina. Fernández-Dueñas et al. (2008) também relataram maiores valores de força de cisalhamento em carne de suínos alimentados com RAC, entretanto julgadores treinados não conseguiram detectar essa diferença. Merkel et al. (1990), Stoller et al. (2003) e Apple et al. (2008) relataram que não há nenhuma diferença na maciez sensorial em lombo de suínos alimentados com RAC (10 mg/kg) em comparação com o controle.

Leonardo (2008) atribuiu a diminuição da maciez de carne de suínos suplementados com ractopamina ao aumento da atividade de calpastatina e diminuição na atividade de calpaína no músculo. Estes resultados também demonstraram que o tempo de maturação da carne deve ser levado em conta, uma vez que o efeito da ractopamina sobre o aumento dos valores de força de cisalhamento diminuiu ao longo do tempo e ficaram iguais ao grupo controle no décimo dia de maturação.

As possíveis alterações de pH, incidência de cor mais escura e perda de maciez da carne de animais com dieta contendo RAC (MØLLER et al., 1992; AALHUS et al., 1992; UTTARO et al., 1993; WOOD et al., 1994; CARR et al., 2005) podem resultar implicações relevantes e que impactam tanto o mercado produtor quanto o consumidor. Jaros et al. (2005), ao investigar a eficiência da imunocastração em suínos e compará-los com castrados fisicamente, não encontraram diferença no nível de androstenona, tampouco no ganho de peso diário, mas animais imunocastrados tiveram melhor rendimento de carne magra quando comparados com os castrados. Da mesma forma, Tonietti (2008), ao avaliar a qualidade de carnes de machos castrados fisicamente e imunocastrados, encontrou diferenças entre o teor de carne magra (maior para os imunocastrados) e gordura (maior para os castrados fisicamente), além dos imunocastrados terem menor índice de luminosidade ( $L^*$ ) e de intensidade do vermelho ( $a^*$ ), mas não houve diferença entre perda de peso por cocção e força de cisalhamento. Na análise sensorial, a carne dos machos imunocastrados foram mais bem aceitas que a de machos castrados fisicamente.

Font i Furnols et al. (2008 e 2009) avaliaram a aceitação sensorial (odor e sabor) de lombo suíno de machos imunocastrados em comparação com fêmeas, machos castrados

fisicamente e machos inteiros por consumidores espanhóis. Os consumidores não identificaram diferença entre os tratamentos avaliados, exceto para os machos inteiros, com menor aceitação.

Rocha et al. (2013) avaliaram os efeitos da suplementação de RAC (7,5 ppm), método de castração e sua interação sobre a resposta comportamental e fisiológica ao estresse pré-abate, carcaça e qualidade de carne de dois genótipos Pietrain. Os autores observaram que a imunização contra GnRF como fator único não teve influência negativa na resposta dos suínos no manuseio pré-abate e na qualidade da carne e concluíram que a imunização contra GnRF mais do que o uso da genética Pietrain parece ser uma alternativa viável para o uso de RAC, uma vez que garante a produção de carcaças magras, sem qualquer efeito significativo sobre bem-estar animal e qualidade da carne suína.

Ao avaliar a adição de RAC na dieta de fêmeas, machos castrados fisicamente e imunocastrado sobre a qualidade de salsichas, Costa-Lima et al. (2014) observaram interação entre as tecnologias na matéria-prima (pernil desossado). Os imunocastrados obtiveram menor pH, maior teor de proteína e menor teor de lipídeos quando comparados com os castrados fisicamente e fêmeas. Nas salsichas (produto emulsionado, curado, embutido e cozido) a imunocastração favoreceu no rendimento, mantendo a umidade do produto e melhorando a força de cisalhamento. Não houve diferença na análise sensorial com consumidores, mas as salsichas provenientes de pernis de suínos machos imunocastrados foram menos aceitos que os castrados e as fêmeas.

No Brasil mais de 90% da carne suína, destinada ao mercado interno, são consumidos na forma industrializada – produtos embutidos, curados, fermentados, defumados, salgados, injetados e/ou cozidos (ABIPECS, 2013). O processamento dessas carnes permite agregar valor e aumentar sua vida útil. A aplicação da tecnologia ractopamina tem sido estudada ao longo dos anos, mas sua influência na qualidade e aceitabilidade dos produtos industrializados foi pouco elucidada, enquanto que a aplicação da imunocastração ainda não foi pesquisada em produtos cárneos marinados por injeção. Por este motivo se faz necessário ampliar as pesquisas/investigação sobre estas tecnologias e suas influências no processamento dos produtos cárneos.

## 6 ENHANCEMENT

Neste processo de salga leve (concentração de sal em até 0,8% no produto final), não são agregados condimentos ou saborizantes, restringindo-se os coadjuvantes ao cloreto de sódio, em baixas concentrações, e aos polifosfatos, além de antioxidantes e bacteriostáticos, eventualmente (BRASHEAR et al., 2002; GONÇALVES, 2006; LEMOS, 2006). O termo marinação foi inicialmente utilizado para denominar o processo, embora não seja o mais adequado, especialmente quando as carnes não recebem a adição de agentes saborizantes tais como condimentos e especiarias, e utilizam principalmente salmouras alcalinas, ao contrário das ácidas utilizadas em produtos marinados tradicionais (BJÖRKROTH, 2005).

Inicialmente utilizada como prática culinária, a marinação se estendeu a níveis industrial para produção em larga escala (ORESKOVICH, 1992), tendo sido utilizada há décadas pela indústria de carne de frango. Mais recentemente, a aplicação da tecnologia *enhancement* tem sido estendida à carne suína e, em menores proporções, à carne bovina, obtendo-se avanços tecnológicos nos últimos anos e fazendo com que a comercialização de carne *in natura* gradativamente venha cedendo lugar às carnes adicionadas de soluções, gerando produtos semi-prontos (WRIGHT et al., 2005; XIONG, 2005; SCHIRMER et al., 2009). No Brasil, alguns pesquisadores tendem a denominar esses produtos como carnes melhoradas ou “*meat enhancement*” (MANHANI et al., 2007).

Os frigoríficos também se beneficiam com o processo, uma vez que permite o aumento da CRA da carne, propriedade esta que tem sido considerada a responsável pelo aumento da suculência. Este incremento na qualidade sensorial do lombo suíno é de especial interesse, por se tratar de um corte muito consumido que, no entanto, é muitas vezes classificado como “seco” (OECKEL VAN et al., 1999).

O sal e o fosfato presentes na salmoura de *enhancement* atuam na fibra muscular de modo a permitir maior ligação de água pelo músculo. O aumento da CRA permite absorção e retenção da salmoura, bem como da água presente no próprio músculo, o que aumenta o rendimento na cocção (OECKEL VAN et al., 1999).

A interação química proteína/água, que ocorre no processo de marinação, está relacionada à atração das cargas iônicas que são afetadas pelas condições do meio, como pH (LEMOS et al., 2001). Com a diminuição do pH do meio, o valor obtido aproxima-se do ponto isoelétrico das proteínas, restringindo as cargas disponíveis, diminuindo sensivelmente

as interações proteína/água e aumentando as interações proteína/proteína. Quando se coloca um músculo inteiro em uma salmoura, a difusão do líquido dependerá da concentração de sólidos dissolvidos e do tempo de imersão ou contato do músculo com a salmoura, permitindo migração da água e dos solutos para o interior do músculo (IOCCA et al., 2010). Entretanto, diferentes camadas de tecido conjuntivo (epimísio, perímísio e edomísio) se constituem em uma barreira para a migração dos solutos uma vez que as moléculas de alto peso molecular não atravessam estes tecidos com facilidade (LAWRIE, 2005). Além disso, o fluxo de água que penetra no músculo avança perpendicularmente ao eixo das fibras musculares e é necessário que atravesse as três camadas de tecido conjuntivo antes que atinja o sarcolema, membrana celular das fibras musculares (LAWRIE, 2005). Com objetivo de facilitar esta migração utiliza-se o processo de injeção. As diferentes camadas de tecido conjuntivo são perfuradas pelas agulhas facilitando a distribuição da salmoura no músculo.

O balanço hídrico do processo de marinação fundamenta-se no princípio da osmose, cuja definição é a passagem de uma substância através de uma membrana semipermeável (ORESKOVICH, 1992), ou seja, a difusão da água no espaço extracelular depende basicamente da concentração dos solutos da salmoura podendo fazer com que a água saia das células ou penetre nas mesmas. Se a concentração de solutos na salmoura for maior que nas células, a água destas tenderá a sair e vice-versa. A concentração de cloreto de sódio (sal) no tecido muscular é de aproximadamente 0,9% e a maioria das salmouras de marinação são altamente hipertônicas, o que faz com que a água das células tenda a sair. Assim, um produto recém injetado não é estável quanto à retenção de água, ou seja, caso fosse imediatamente cozido apresentaria baixo rendimento e perda de textura (LEMOS et al., 2001).

A pressão exercida pelo líquido presente nos tecidos ultrapassa as estruturas do tecido conjuntivo e causa danos às membranas celulares, desta forma o princípio de gradiente de concentração (osmose) não mais prevalece no processo (AGUIRRE, 1999). O efeito da alta concentração de solutos da salmoura em combinação com o vácuo e o trabalho mecânico exercido pelo massageamento provocam a solubilização de algumas porções dos tecidos, principalmente das membranas celulares e das proteínas miofibrilares (FERNÁNDEZ-MARTÍN et al., 2002).

Os fosfatos alcalinos, normalmente presentes nas salmouras, são responsáveis pela dissociação da actina e da miosina, facilitando assim a solubilização das proteínas. Quando isto ocorre, a quantidade de cargas elétricas do sistema aumenta, graças à extração de



proteínas, e a água injetada pode ligar-se nas cargas disponíveis de forma estável (PORTO et al., 2000). Ao cozer o músculo após estabilização da salmoura no seu interior, ocorre fixação da água através da solidificação do gel proteico onde está retida a água (FERNÁNDEZ-MARTÍN et al., 2002).

## 6.1 EFEITOS DOS PRINCIPAIS COADJUVANTES DAS SALMOURAS DE INJEÇÃO

### 6.1.1 Cloreto de Sódio (NaCl)

O sal comum ou NaCl, tem largo emprego em tecnologia de carne, tendo em vista sua múltipla ação como condimento e como conservador aplicado a seco ou por intermédio de salmoura. Dependendo da concentração salina e da temperatura, a adição de sal às carnes faz com que estas ganhem ou percam água, sendo que, quanto maior for a concentração de sal, maior será a perda de água (PARDI et al., 2001).

A adição de sal, em baixas concentrações, provoca o aumento da CRA das proteínas cárneas, especialmente das miofibrilares, uma vez que se aumenta a força iônica do meio, permitindo que as proteínas miofibrilares absorvam a água e se solubilizem (*salting in*). Porém, à medida que se eleva a concentração salina, além de certos limites, as proteínas tendem a precipitar (*salting out*). Os íons salinos passam então, a competir pela água com as moléculas de proteína, destruindo a sua capa de hidratação e permitindo que as moléculas de proteína se atraiam mutuamente liberando água (SGARBIERI, 1996). Em baixa concentração, o sal age abaixando o ponto isoelétrico das proteínas da carne sem, entretanto, alterar substancialmente, o pH da mesma. A adição de sal contribui para o aumento do volume das proteínas e do mesmo modo o íon cloreto tem capacidade de se ligar aos filamentos proteicos da carne e aumentar as forças de repulsão eletrostáticas entre eles. Com o aumento dessas forças de repulsão, a estrutura proteica desdobra-se e a proteína dobra de volume (SGARBIERI, 1996). O aumento do volume leva a um número maior de cadeias laterais das proteínas que podem se ligar a água, e dessa forma, a CRA aumenta (AMBIEL, 2004). Além disso, a adição de sal ao produto realça o sabor e a textura da carne além de atuar como agente antimicrobiano.

Na presença de sal, as fibras onde o endomísio é danificado ou perdido, se expandem mais que as restantes, o que durante o processamento leva a um aumento na CRA. Igualmente, a remoção do endomísio da superfície da fibra da carne, aumentará a retenção de

água na camada superficial da fibra (KNIGHT et al., 1989). Em processos onde são utilizadas peças inteiras de carne, a presença do endomísio e do sarcolema pode inibir a expansão das miofibrilas, por impedir a migração dos íons  $\text{Cl}^-$  para o interior dos filamentos, ou por restrição mecânica, neste caso, o papel da massagem a vácuo ou “tambleamento” é de suma importância, pois pode romper estas estruturas (KNIGHT; PARSONS, 1988).

O efeito bactericida ou bacteriostático do sal depende da sua concentração, pois o efeito inibitório é decorrente da concentração salina na fase aquosa (GIRARD, 1991). O efeito preservativo do sal deve-se exclusivamente à sua capacidade de funcionar como agente desidratante e a sua propriedade de baixar a pressão de vapor das soluções em que está presente (AMBIEL, 2004), ao interagir com as moléculas de água presentes no alimento, tornando-se indisponível à utilização pelos microrganismos, atuando assim, como agente redutor da atividade de água. Entretanto o sal promove escurecimento indesejável à carne (PEARSON; GILLET, 1999; BAUBLITS et al., 2006). Quando presente em concentrações que vão de 1% a 3% de sal no produto final, aumenta a tendência dos pigmentos heme de sofrer oxidação. A taxa de oxidação é proporcional a concentração de íon cloreto.

### **6.1.2 Polifosfatos**

As primeiras patentes sobre o uso de polifosfatos em carnes vermelhas foram concedidas nos Estados Unidos, no Canadá e na Alemanha, na década de 50 (DEMAN; MELNYCHYN, 1970). Estas patentes descrevem o uso de tripolifosfato e/ou metafosfatos em produtos cárneos elaborados com músculo íntegro ou cominuídos, submetido ou não à cura (MOLINS, 1991).

O  $\text{NaCl}$  e os fosfatos são comumente utilizados em soluções para marinar carnes, isolados ou combinados, a fim de explorar sua ação sinérgica (DETIENNE; WICKER, 1999; JENSEN et al., 2003; PRESTAT et al., 2002; ROBBINS et al., 2003; SHEARD; TALI, 2004). Os fosfatos são importantes componentes da carne, fazendo parte de algumas proteínas, de membranas celulares e participando de processos bioenergéticos, sob a forma de ATP, ADP e fosfocreatina (LAWRIE, 2005).

Os polifosfatos são sais do ácido ortofosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_2$ ), de coloração branca, higroscópicos, de pH variável, diferenciando-se uns dos outros pelo seu número de átomos de fósforo dentro da macromolécula (grau de polimerização); pela natureza dos cátions que se fixam sobre a cadeia (sódio ou potássio) e pelo número de hidrogênios não substituídos por

cátions (FRENTZ, 1982). Muitas vezes os fosfatos são adquiridos em misturas, embora os mais utilizados em carnes injetadas sejam o pirofosfato, o tripolifosfato e o metafosfato solúvel, com estrutura cíclica. A mistura de polifosfatos tem sido recomendada por pesquisadores, por trazer bons resultados de rendimento e alta aceitabilidade dos produtos (COSTA et al., 2003; MOLLINS, 1991; BAUBLITS et al., 2006).

Os polifosfatos são compostos químicos que atuam como agentes tamponantes e sequestrantes, bem como poli aníons que aumentam a força. Em relação à atividade tamponante, destacam-se os ortofosfatos, enquanto os pirofosfatos atuam bem em pH na faixa de 5,5 a 7,5. Outros polifosfatos não são agentes tamponantes tão efetivos e esta atividade decresce com o aumento do comprimento da cadeia, por outro lado, apresentam atividade sequestrante de íons metálicos, que decresce com o aumento do pH (MOLLINS, 1991). Os polifosfatos de cadeia curta são bons agentes sequestrantes de cobre e outros metais pesados, e o pirofosfato apresenta maior atividade com íons ferro (CIPOLLI, 2004). A atividade sequestrante dos fosfatos de cadeia curta também diminui com o aumento do pH. A atividade sequestrante dos fosfatos parece estar relacionada com a atividade antimicrobiana (MOLLINS, 1991) e antioxidante (KEETON, 1983).

No processamento de carnes, o tripolifosfato, devido sua elevada solubilidade, é reconhecido como mais eficaz sendo amplamente utilizados em produtos marinados (MOLLINS, 1991; PRESTAT et al., 2002; PIETRASIK; SHAND, 2005; XIONG, 2005; BAUBLITS et al., 2006; XU et al., 2009), mas se hidrolisam a pirofosfato, tornando-se o agente realmente efetivo (SOFOS, 1986).

A carne suína geralmente apresenta pH entre 5,4 e 5,8 e o ponto isoelétrico das proteínas situa-se entre 5,1 a 5,2, correspondendo ao pH onde a CRA é mínima. As misturas comerciais de polifosfatos utilizadas apresentam pH (em solução aquosa a 1%) inferior a 9, mas próximo deste valor. Os polifosfatos componentes destas misturas apresentam em solução aquosa 1%, pH variando de 8,3 a 10,4, com exceção do hexametáfosfato que é utilizado em pequenas quantidades, cujo pH é 6,4, e o pirofosfato ácido com pH igual a 4,2 (BENDALL, 1972). Desta forma, a adição de polifosfatos alcalinos, eleva o pH da carne de 0,2 a 0,5 unidades, tendo em vista a quantidade utilizada (<0,5%) e o poder tamponante da carne, o que aumenta a CRA através do deslocamento do pH do ponto isoelétrico (BENDALL, 1972).

Os polifosfatos são capazes de formar complexos com  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ . Estes cátions estão presentes na carne e uma parte apresenta-se ligada às proteínas miofibrilares. Segundo a teoria de Hamm (1960), este fenômeno de fixação catiônica corresponderia à formação de pontes entre as cargas negativas das cadeias polipeptídicas das proteínas por intermédio do  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ . Estas pontes manteriam as cadeias polipeptídicas muito próximas, reduzindo a CRA. A complexação destes cátions pelos polifosfatos ocasionaria o rompimento de algumas pontes e afrouxaria as redes proteicas, refletindo-se em um aumento da CRA da carne (SHULTZ et al., 1972). Os polifosfatos são muito versáteis quanto as suas propriedades, agindo como sequestrantes, acidulantes, tamponantes e precipitantes, afetam a carga superficial, causando dispersão, peptização, emulsificação e suspensão coloidal em meio aquoso (VAN WAZER, 1971).

Propriedades tão variadas se entrelaçam e, de sua interação, resultam aplicações utilizadas pela indústria da carne para reduzir a quantidade de “sucos” durante o cozimento, o exsudado gelatinoso do presunto enlatado, a quebra das salsichas no cozimento, com eliminação das bolsas de gordura e de ar, melhorando a compactação da massa, a cor e o gosto (KOTTER; FISCHER, 1975). Todas essas características, ensejando altos rendimentos de fabricação, justificam a presença dos polifosfatos como aditivos em conservas de carnes, no tocante ao objetivo tecnológico.

Outro exemplo, o trifosfato de sódio, aditivo comum, também pode ser utilizado em produtos cárneos para melhorar a suculência e a textura. O mecanismo de ação em relação à maciez consiste na ruptura de estruturas, aumento da proteólise através de catepsinas e da conversão de colágeno à gelatina a um pH baixo durante a cocção da carne (MOLLINS, 1991).

Considerando que, muitos fatores têm sido relacionados às alterações como cor, maciez e suculência da carne suína e dentre estes se destacam a produção animal propriamente dita, são necessários estudos que possam comprovar as vantagens técnicas e econômicas das inovações tecnológicas que estão disponíveis no mercado para a melhoria destes fatores. Faz-se necessário empreender estudos que possam elucidar como a imunocastração e a ractopamina influenciam nas propriedades funcionais da carne suína possibilitando viabilizar melhores ajustes no processo de injeção que garantam o sucesso na comercialização, destes produtos, pela indústria de carne.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AALHUS, J. L.; JONES, S. D.; SCHAEFER, S. D. M. The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 70, n. 5, p. 943-952, 1990.
- AALHUS, J. L.; SCHAEFER, A. L.; MURRAY, A. C.; JONES, S. D. M. The effect of ractopamine on myofiber distribution, morphology, and their relation to meat quality in swine. **Meat Science**, v. 31, p. 397-409, 1992.
- ABERGAARD, N.; LAUE, A. Absorption from gastrointestinal tract and liver turnover of skatole. In: BONNEAU, M. (ed.). **Measurements and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs**, Paris: INRA, 1993. p. 12-107.
- ASSOCIAÇÃO Brasileira de Criadores de Suínos – ABCS. **Manual brasileiro de boas práticas na produção de suínos**. Brasília, DF: ABCS; MAPA; Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 140p.
- ASSOCIAÇÃO Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína - ABIPECS. Relatório 2011/2012. São Paulo, 2013. Disponível em <<http://www.abipecs.org.br>>. Acesso em 02 fevereiro 2013.
- ADAMS, T. E. Using gonadotropin-releasing hormone (GnRH) and GnRH analogs to modulate testis function and enhance the the productivity of domestic animals. **Animal Reproduction Science**, v. 88, p. 127-139, 2005.
- 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: PorkExpo & IV Fórum Internacional de Suinocultura, 2008, Curitiba. **Anais**. Porkworld, 2008. p.104-105.
- AGUIRRE, S. E. Ingredientes que aumentan la capacidad de retención de agua em productos cárnicos. **Carnetec**, v. 8, p. 32-37, 1999.
- AMBIEL, C. **Efeitos das concentrações combinadas de cloreto e lactato de sódio na qualidade e conservação de um sucedâneo da carne de sol**. 2004. 86 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- ANABEL, E. Global Control of boar taint Part 3. Immunological castration. **Pig Progress**, v. 22, n. 5, p. 6-9, 2006.
- ANDRESSEN, Ø. Boar taint related compounds: Androstenone/skatole/other Substances. In: Prevention of Boar Taint in Pig Production: The 19th Symposium of the Nordic Committee for Veterinary Scientific Cooperation, 2005, Gardermoen, Norway. Acta Veterinaria Scandinavica, Gardermoen, Norway: v. 48, 2006. p. 10-13. (Resumo).

- APPLE, J. K.; MAXWELL, C. V.; KUTZ, B. R.; RAKES, L. K.; SAWYER, J. T.; JOHNSON, Z. B.; ARMSTRONG, T. A.; CARR, S. N.; MATZAT, P. D. Interactive effect of ractopamine and dietary fat source on pork quality characteristics of fresh pork chops during simulated retail display. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 2711-2722, 2008.
- ARMSTRONG, T. A.; IVERS, D. J.; WAGNER, J. R.; ANDERSON, D. B.; WELDON, W. C.; BERG, E. P. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 3245-3253, 2004.
- ATHAYDE, N. B.; DALLA COSTA, O. A.; ROÇA, R. O.; GUIDONI, A. L.; LUDTKE, C. B.; LIMA, G. J. M. M. Meat quality of swine supplemented with ractopamine under commercial conditions in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 4604-4610, 2012.
- BABOL, J.; SQUIRES, E. J.; GULLETTB, E. A. Investigation of factors responsible for the development of boar taint. **Food Research International**, v. 28, n. 6, p. 573-581, 1996.
- BABOL, J.; ZAMARATSKAIA, G.; JUNEJA, R. K.; LUNDSTRÖM. The effect of age on distribution of skatole and indole levels in entire male pigs in four breeds: Yorkshire, Landrace, Hampshire and Duroc. **Meat Science**, v. 67, p. 351-358, 2004.
- BAUBLITS, R. T.; MEULLENET, J.-F.; SAWYER, J. T.; MEHAFFEY, J. M.; SAHA A. Pump rate and cooked temperature effects on pork loin instrumental, sensory descriptive and consumer-rated characteristics. **Meat Science**, v. 72, p. 741-750, 2006.
- BAUMAN, D. E.; BEERMANN, D. H.; BOYD, R. D.; BUTTERY, P. J.; CAMPBELL, R. B.; CHALUPA, W. V.; ETHEERTON, T. D.; KLASING, K.; SCHELLING, G. T.; STEELE, N. C. **Metabolism modifiers**: effects on the nutrition requirements of food-producing animals. National Academy Press: Washington, D.C., 1994, 96 p. Disponível em: <[http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=2306](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=2306)> Acesso: 13/03/2009.
- BELLAVER, C.; FIALHO, E. T.; FÁVERO, J.; AJALA, L. C.; MENDES, J. Níveis de ractopamina na dieta e efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 10, p. 1795-1802, 1991.
- BENDALL, J. The swelling effect of polyphosphates on lean meat. **Journal Science Food Agriculture**, v. 5, p. 468, 1972.
- BJÖRKROTH, J. Microbiological ecology of marinated meat products. **Meat Science**, v. 70, n. 3, p. 477-480, 2005.
- BLACK, J. L.; GRIFFITHS D. A. Effects of live weight and energy intake on nitrogen balance and total N requirements of lambs. **Brazilian Journal of Nutrition**, v. 33, p. 399-413, 1975.
- BOLER, D. D.; HOLMER, S. F.; DUNCAN, D. A.; CARR, S. N.; RITTER, M. J.; STITES, C.R.; PETRY, D. B.; HINSON, R. B.; ALLEE, G. L.; McKEITH, F. K.; KILLEFER, J. Fresh

meat and further processing characteristics of ham muscles from finishing pigs fed ractopamine hydrochloride. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 210-220, 2011.

BONNEAU, M.; DUFOUR, R.; CHOUVET, C.; ROULET, C.; SQUIRES, E. J. The effects of immunization on against luteinizing hormone-releasing hormone on performance, sexual development, and levels of boar taint-related compounds in intact male pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 14-20, 1994.

BONNEAU, M. Use of Entire Males for Pig Meat in the European Union. **Meat Science**, v. 49, n. 1, p. 257-272, 1998.

BONNEAU, M.; KEMPSTER, A. J.; CLAUS, R.; MAGNUSSEN-CLAUDI, C.; DIESTRE, A.; TORNBERG, E.; WALSTRA, P.; CHEVILLON, P.; WEILER, U.; COOK, G. L. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: I. Presentation of the programme and measurement of boar taint compounds with different analytical procedures. **Meat Science**, v. 54, p. 251-259, 2000.

BONNEAU, M.; SQUIRES, E. J. Boar Taint – Causes and Measurement. In: JENSEN, W. K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M. **Encyclopedia of Meat Sciences**, Elsevier, 1.ed, p. 91-97, 2004.

BRASHEAR, G.; BREWER, M. S.; MEISINGER, D.; MCKEITH, F.K. Effect of raw material pH, pump level and pump composition on quality characteristics of pork. **Journal of Muscle Foods**, v. 13, n. 3, p. 189-204, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 30.691. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 10.785. Seção1, 1952.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Circular nº 47. Ementa: Autorização para abate de suínos não castrados. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1988.

BRIDI, A. M.; OLIVEIRA, R. A.; FONSECA, N. A. N.; MASSAMI, S.; COUTINHO, L. L.; SILVA, A. C. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 2027-2033, 2006.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. **Avaliação da Carne Suína**. Londrina: Midiograf, 2009. 120p.

CARR, S. N.; IVERS, D. J.; ANDERSON, D. B.; JONES, D. J.; MOWREY, D. H., ENGLAND, M. B., et al. The effect of ractopamine hydrochloride (Paylean®) on growth performance and carcass characteristics of late finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 2886-2893, 2005.

CARR, S. N.; HAMILTON, D. N.; MILLER, K. D.; SCHOROEDER, A. L.; FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D.; KILLEFER, J.; ELLIS, M.; MCKEITH, F.K. The effect of ractopamine hydrochloride (Paylean®) on lean carcass yields and pork quality characteristics of heavy pigs fed normal and amino acid fortified diets. **Meat Science**, v. 81, p. 533-539, 2009.

CERVO, G. D. **Métodos de castração associados a adição de ractopamina em dieta suína e seus efeitos no processamento e qualidade de salame tipo italiano.** 2012, 72f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual Paulista. São José do Rio Preto, 2012.

CIPOLLI, K. M. V. A. B. **Efeito da marinação da estimulação elétrica e da desossa a quente sobre propriedades físicas, químicas tecnológicas e sensoriais em *M. Triceps brachii* (coração da paleta) da raça Nelore.** 2004. 152f. Dissertação (Mestrado em

Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

COMPANHIA Nacional de Abastecimento – CONAB. **Perspectivas para a agropecuária: Safra 2013/2014.** Brasília-DF: CONAB, v. 1, p. 65-75, set., 2013.

COSTA-LIMA, B. R. C.; CANTO, A. C. V. C. S.; SUMAN, S. P.; CONTE-JUNIOR, C. A.; SILVEIRA, E. T. F.; SILVA, T. J. P. Sex-specific effect of ractopamine on quality attributes of pork frankfurters. **Meat Science**, v. 96, p. 799-805, 2014.

CLAUS, R.; LACORN, M.; DANOWSKI, K. et al. Short-term endocrine and metabolic reactions before and after second immunization against GnRH in boars. **Vaccine**, 39, v. 25, p. 4689-4696, 2007.

COSTA, D. P. S.; LEMOS, A. L. S. C.; HARADA, M. M.; CIPOLLI, K. M. V. B.; FIORI, J. Quality traits of processed roast beef as affected by various polyphosphate injection brines. In: 49th International Congress of Meat Science and Technology, 2003, Campinas, **Anais, ITAL**, 2003, p.264- 265.

CRONIN, G. M.; DUNSHEA, K. L.; BUTLER, I.; McCAULEY, J. L.; BARNETT, P. H. The effects of immune-and surgical-castration on the behavior and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 81, p. 111-126, 2003.

CUNNINGHAM, H. M. Effect of epinephrine, norepinephrine and nicotine on growth and carcass composition of chicks. **Poultry Science**, v. 42, p. 1197, 1963.

DEMAN, J. M.; MELNYCHYN, P. **Symposium: phosphates in food processing.** Ontário, Canadá: Avi Pub. CO, 1970. 242p.

DETIENNE, N. A.; WICKER, L. Sodium chloride and tripolyphosphate effects on physical and quality characteristics on injected pork loins. **Journal of Food Science**, v. 64, p. 1042-1047, 1999.

DORAN, E; WHITTINGTON, F. W; WOOD, J. D, McGIVAN, J. D. Cytochrome P450III<sub>E1</sub> (CYP2E1) is induced by skatole and this induction is blocked by androstenone in isolated pig hepatocytes. **Chemico-Biological Interactions**, v. 140, n. 7, p. 81-92, 2002.

DUNSHEA, F. R.; KING, R. H.; CAMPBELL, R. G.; SAINZ, R. D.; KIM, Y. S.

Interrelationships between sex and ractopamine in protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 2919-2930, 1993.



DUNSHEA, F. R.; COLANTONI, C.; HOWARD, K.; MACCAULLEY, I.; JACKSON, P.; LONG, K. A.; LOPATICKI, S.; NUGENT, E. A.; SIMONS, J. A.; WALKER, J.; HENNESSY, D. P. Vaccination of boars with GnRH vaccine (improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 10, p. 2524-2535, 2001.

FOOD and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. **The state of food and agriculture 2013: Food systems for better nutrition**. Roma. 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/011/i0100e/i0100e00.htm>> Acesso em 26 fevereiro 2014.

FAVERO, J. A. Abate de suínos machos inteiros – visão brasileira. In: 1ª Conferencia Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, 2000, **Anais**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000.

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 body weight pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 3544-3550, 2008.

FERNANDEZ-MARTÍN, F.; COFRADES, S.; CARBALLO, J.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Salt and phosphate effects on the gelling process of pressure/heat treated pork batters. **Meat Science**, v. 61, p. 15-23, 2002.

FRENTZ, J.C. **L'Encyclopédie de la charcuterie: dictionnaire encyclopédique de La charcuterie**. 2.ed. Paris: Soussana, 1982. 790p

FONT i FURNOLS, M.; GISPERT, M.; GUERRERO, L.; VELARDE, A.; TIBAU, J.; SOLER, J.; HORTOS, M.; GARCIA-REGUEIRO, J. A.; PEREZ, J.; SUAREZ, P.; OLIVER, M.A. Consumers' sensory acceptability of pork from immunocastrated male pigs. **Meat Science**, v. 80, p. 1013-1018, 2008.

FONT i FURNOLS, M.; GONZALES, J.; GISPERT, M.; OLIVER, M. A.; HORTOS, M.; PEREZ, J.; SUAREZ, P.; GUERRERO, L. Sensory characterization of meat from pigs vaccinated against gonadotropin releasing factor compared to meat from surgically castrated, entire male and female pigs. **Meat Science**, v. 83, p. 438-442, 2009.

FORMIGHIERI, R. **Efeito da ractopamina e da imunocastração no bem estar animal e nas propriedades da carne suína**, 2012. 107f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2012.

GIRARD, J.P. **Tecnología de la carne y de los productos cárnicos**. Espanha, Editora Acríbia, 1991. 189p.

GONÇALVES, J. R. Marinação e enhancement. **Revista Nacional da Carne**, v. 350, p. 94-96, 2006.

GONZALEZ, J. M.; JOHNSON, S. E.; STELZLENI, A. M.; THRIFT, T. A.; SAVELL J. D.; WARNOCK, T. M.; JOHNSON, D. D. Effect of ractopamine–HCl supplementation for 28 days on carcass characteristics, muscle fiber morphometrics, and whole muscle yields of six distinct muscles of the loin and round. **Meat Science**, v. 85, p. 379-384, 2010.

GOWER, D. B. 16-unsaturated C19 steroids: a review of their chemistry, biochemistry and possible physiological role. **Journal of Steroid Biochemistry**, v. 3, p. 45-103, 1972.

HALSEY, C. H. C.; WEBER, P. S.; REITER, S. S.; STRONACH, B. N.; BARTOSH, J. L.; BERGEN, W. G. The effect of ractopamine hydrochloride on gene expression in adipose tissues of finishing pigs. **Journal of animal Science**, v. 89, p. 1011-1019, 2011.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **In: Advances in food research**. New York: Academic Press, v. 10, p. 355-463, 1960.

HANRAHAN, J. P.; QUIRKE, J. F.; BOWMAN, W.; ALLEN, P.; McEWAN, J.; FITZSIMONS, J.; KOTZIAN, J.; ROCHE, J. F.  $\beta$ -agonists and their effects on growth and carcass quality. In: Cole, D. A and Haresign, W. (ed.) **Recent Advances in Animal Nutrition**, London: Butterworths. 1986.

HAYA, M.; VULIN, A.; GENIN, S.; SALES, P.; PRUNIER, A. Assessment of pain induced by castration in piglets: behavioral and physiological responses over the subsequent 5 days. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 82, p. 201-218, 2003.

IOCCA, A. F. S.; CATANOZI, M. P. L. M.; LEMOS, A. L. S. C. Adição de plasma bovino em salmouras para injeção de coxão duro bovino (*m. Biceps femoris*) e seus efeitos no pH e na carga microbiana de bifés cozidos, embalados a vácuo e mantidos sob refrigeração. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 3, p. 443-452, jul./set., 2010.

JAROS, P.; BÜRGI, E.; STÄRK, K. D. C.; CLAUS, R.; HENNESSY, D.; THUN, R. Effect of active immunization against GnRH on androstenone concentration, growth performance and carcass quality in intact male pigs. **Livestock Production Science**, v. 92, p. 31-38, 2005.

JENSEN, J. M.; ROBBINS, K. L.; RYAN, K. J.; HOMCO-RYAN, C.; McKEITH, F. K.; BREWER, M. S. Effects of lactic and acetic acid salts on quality characteristics of enhanced pork during retail display. **Meat Science**, v. 63, p. 501-508, 2003.

JOHANSSON, G. Relationships between different colour parameters from reflectance measurements on bovine muscles. In: 35th Int. Congress of Meat Science and Technology, 1989, **Anais**. Copenhagen, Denmark, p. 601, 1989.

KEETON, J. T. Effects of fat and NaCl/phosphate levels on the chemical and sensory properties of pork patties. **Journal of Food Science**, v. 48, p. 878-881, 1983.

KNIGHT, P.; ELSEY, J. E.; HEDGES, N. The role of the endomysium in the salt-induced swelling of muscle fibres. **Meat Science**, v. 26, p. 209-232, 1989.

KNIGHT, P.; PARSONS, N. Action of NaClO and polyphosphates in meat processing: responses of myofibrils to concentrated salt solutions. **Meat Science**, v. 24, p. 275-300, 1988.

KOTTER, L.; FISHER, A. The influence of phosphates or polyphosphates on the stability of foams and emulsion in meat technology. **Fleischwirtschaft**, v. 3, p. 265-68, 1975.

LANFERDINI, E.; LOVATTO, P. A.; MELCHIOR, R.; ORLANDO, U. A. D.; CECCANTINI, M.; POLEZE, E. Feeding surgically castrated, entire male and immunocastrated pigs with different levels of amino acids and energy at constant protein to energy ratio with or without ractopamine. **Livestock Science**, v. 151, p. 246-251, 2013.

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

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

LEMOS, A. L. S. C, BARBOSA, A. C. L., HARADA, M. M. M., BRUM, M. Influência da composição da salmoura nas características físicas e químicas de cortes bovinos injetados. In: 1º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes, 2001, São Pedro, **Anais**, ITAL, 2001.

LEMOS, A. L. S. C. Estudos de marinação/enhancement no CTC do Ital. **Revista Nacional da Carne**, v. 350, p. 98-100, 2006.

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, 64f. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Agronomia, Universidade de São Paulo/Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.

LUCAS, D. S. **Imunocastração e adição de ractopamina em dieta suína e seus efeitos físico e bioquímicos na copa**. 2012, 96f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária), Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

MANHANI, M. R.; CAVA, G. C.; POLLONIO, M. A. R. Avaliação da atividade antimicrobiana de extrato de alecrim, diacetato e lactato de sódio sobre *Listeria innocua* em lagarto bovino (*m. semitendinosus*) injetado e assado. **Higiene Alimentar**, v. 21, p. 90-91, 2007.

MARTINS, A. **Influência da ractopamina adicionada à dieta de suínos machos e fêmeas e da imunocastração de machos nas características e composição física das carcaças**. 2012, 84f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

MATTHEWS, K. R.; HOMER, D. B.; PUNTER, P.; BEAGUE, M. P.; GISPERT, M.; KEMPSTER, A. J.; AGERHEM, H.; CLAUDI-MAGNUSSEN, C.; FISCHER, K.; SIRET, F.; LEASK, H.; FONT-I-FURNOLS, M.; BONNEAU, M. An international study on the

importance of androstenone and skatole for boar taint. III. Consumer survey in seven European countries. **Meat Science**, v. 54, n. 3, p. 271-283, 2000.

McKEITH, F. K.; STITES, C. R.; SINGH, S. D.; BETCHEL, P. J.; JONES, D. J. Palatability and visual characteristics of hams and loin chops from swine fed ractopamine hydrochloride. **Journal Animal Science**, v. 66 (suppl. 1), p. 306 (Abstracts 212), 1988.

MERKEL, R. A.; BABIKER, A. S.; SCHROEDER, A. L.; BURNETT, R. J.; BERGEN, W. G. The effect of ractopamine on qualitative properties of porcine *longissimus muscle*. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 336, 1990.

MERSMANN, H. J. Overview of the Effects of  $\beta$ -Adrenergic Receptor Agonists on Animal Growth Including Mechanisms of Action. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 160-172, 1998.

MOODY, D. E.; HANCOCK, D. L.; ANDERSON, D. B. Phenethanolamine repartitioning agents. In: MELLO, J. P. F. D. **Farm animal metabolism and nutrition**. CAB, E.U.A.: Ed. New York, 2000. p. 65-95.

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

MOLINS, R. A. **Phosphates in food**. CRC Press, Inc. Boca Raton, 1991. 261 p.

MORALES, J. I.; CÁMARA, L.; BERROCOSO, J. D.; LÓPEZ, J. P.; MATEOS, G. G.; SERRANO, M. P. Influence of sex and castration on growth performance and carcass quality of crossbred pigs from 2 Large White sire lines. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 3481-3489, 2011.

NORMAN, J. L.; BERG, E. P.; HEYMANN H. J. L. Pork loin color relative to sensory and instrumental tenderness and consumer acceptance. **Meat Science**, v. 65, p. 927-933, 2003.

NATIONAL Pork Producers Council - NPPC. **Pork composition and quality assessment procedures**. National Pork Producers Council, Des Moines, IA, 1998.

OECKEL VAN, M. J.; WARNANTS, N.; BOUCQUÉ, C. V. Pork tenderness estimation by taste panel, Warner-Bratzler shear force and on-line methods. **Meat Science**, v. 53, p. 259-267, 1999.

OFFER, G.; KNIGHT, P. The structural basis of water holding in meat. Part 1: General principles and water uptake in meat processing. The structural basis of water holding in meat. Part 2: Drip losses. In: LAWRIE, R. (ed.). **Developments in meat science**. London: Elsevier Applied Science, 1988. cap. 3, p. 63-171, cap. 4, p. 172-243.

OLIVER, W. T.; McCAULEY, I.; HARRELL, R. J.; SUSTER, D.; KERTON, D. J.; DUNSHEA, F. R. A gonadotropin-releasing factor vaccine (Improvac<sup>®</sup>) and porcine

somatropin have synergistic and additive effects on growth performance in group-housed boars and gilts. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 1959-1966, 2003.

ORESKOVICH, D. C. Marinade pH affects textural properties of beef. **Journal of Food Science**, v. 57, p. 305-311, 1992.

PALERMO NETO, J. Agonistas de receptores  $\beta$ 2-adrenérgicos e produção animal. In: SPINOSA, H. S.; GORNIAC, S. L.; BERNADI, M. M.; **Farmacologia aplicada à Medicina Veterinária**. 3.ed., São Paulo: Guanabara Koogan, p. 545-557, 2002.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F. dos; SOUZA, E. R. de; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. 1.ed. Goiânia: UFG, 2001. 624p.

PATTERSON, R. L. S. So-androst-16-en-3-one: compound responsible for taint in boar fat. **Journal of Science Food Agriculture**, v. 19, p. 7-31, 1968.

PEARSON, A.M., E GILLET, T.A. **Processed Meats**. 3 ed. Gaithersburg, Maryland: An Aspen Publication, 1999.

PETERLA, I. A.; SCANES, C. G. Effects of  $\beta$ -adrenergic agonists on lypolysis and lipogenesis by porcine adipose tissue in vitro. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 1024-1029, 1990.

PFIZER Inc, 2010. **VIVAX<sup>®</sup> é a primeira vacina comercial contra o odor de macho inteiro**. Disponível em: <<http://improvac.com/sites/improvac/pt-br/pages/productoverview.aspx>> Acesso em: 10 ago. 2011.

PIETRASIK, Z.; SHAND, P. J. Effects of mechanical treatments and moisture enhancement on the processing characteristics and tenderness of beef *semimembranosus* roasts. **Meat Science**, v. 71, p. 498-505, 2005.

POLEZE, E. Odor de macho inteiro e impacto do método de castração cirúrgica – Intervenção de controle do risco do odor contém uma perda oculta para os produtos. **Revista Porkworld**, n. 38, p. 44-49, mai-jun, 2007a.

POLEZE, E. Controle global do odor de macho inteiro: a castração imunológica. **Revista Porkworld**, n. 39, p. 52-55, jul-ago, 2007b.

PORTO, A. C. S.; TÔRRES, R. C. O.; ILHA, E. C.; LUIZ, M. T. B.; SANT'ANNA, E. S. Influência da composição da salmoura sobre os parâmetros físico, sensoriais e microbiológicos de filés de peito de frango marinados por imersão. **Bol. CEPPA**, v. 18, n. 2, p. 141-150, 2000.

PRESTAT, C.; JENSEN, J.; McKEITH, F. K.; BREWER, M. S. Cooking method and endpoint temperature effects on sensory and color characteristics of pumped pork loin chops. **Meat Science**, v. 60, p. 395-400, 2002.

- PRUNIER, A.; BONNEAU M.; VON BORELL E. H.; CINOTTI, S.; GUNN, M.; FREDRIKSEN, B.; GIERSING, M.; MORTON, D. B.; TUYTTENS, F. A. M.; VELARDE, A. A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and evaluation of non-surgical methods. **Animal Welfare**, v. 15, p. 277-289, 2006.
- RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**, Viçosa: UFV, 2007, 599p.
- RAMOS, F.; SILVEIRA, M. I. N. Agonistas adrenérgicos  $\beta_2$  e produção animal: III - Efeitos zootécnicos e qualidade da carne. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 97, n. 542, p. 51-62, 2002.
- RICKS, C. A.; DALRYMPLE, R. H.; BAKER, P. K.; INGLE, D. L. Use of the  $\beta$ -agonist to alter fat and muscle deposition in steers. **Journal of Animal Science**, v. 59, p. 1247-1255, 1984.
- RIKARD-BELL, C.; CURTIS, M. A.; van BARNEVELD, R. J.; MULLAN, B. P.; EDWARDS, A. C.; GANNON, N. J.; HENMAN, D. J.; HUGHES, P. E.; DUNSHEA, F. R. Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boards, intact boars and gilts. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 3536-3543, 2009.
- ROBBINS, K.; JENSEN, J.; RYAN, K. J.; HOMCO-RYAN, C.; McKEITH, F. K.; BREWER, M. S. Consumer attitudes towards beef and acceptability of enhanced beef. **Meat Science**, v. 65, p. 721-729, 2003.
- ROCHA, L. M.; BRIDI, A. M.; FOURY, A.; MORMÈDE, P.; WESCHENFELDER, A. V.; DEVILLERS, N.; BERTOLONI, W.; FAUCITANO, L. Effects of ractopamine administration and castration method on the response to pre slaughter stress and carcass and meat quality in pigs of two Piétrain genotypes. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 3665-3977, 2013.
- SCHIRMER, B.C.; HEIR, E.; LANGSRUD, S. Characterization of the bacterial spoilage flora in marinated pork products. **Journal of Applied Microbiology**, v. 106, n. 6, p. 2106-2116, 2009.
- SEE, M. T., ARMSTRONG, T. A., WELDON, W. C. Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 2474-2480, 2004.
- SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações e modificações**. São Paulo: Varela, 1996. 517p.
- SHEARD, P. R.; TALI, A. Injection of salt, tripolyphosphate and bicarbonate marinade solutions to improve the yield and tenderness of cooked pork loin. **Meat Science**, v. 68, n. 2, p. 305-311, 2004.

SHULTZ, G. W., RUSSEL, D. R., WIERBICKI, E. Effect of condensed phosphates on pH, swelling and water holding capacity of beef. **Journal of Food Science**, v. 37, p. 860, 1972.

SILVEIRA, E. T. F. Inovações tecnológicas aplicadas na suinocultura e suas implicações na industrialização da carne. In: IV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes, 2007, Campinas, **Anais**, ITAL, 2007.

SILVEIRA, E. T. F.; POLEZE, E.; UMEHARA, O.; TONIETTI, A. P.; BUZELLI, M. L. T.; HAGUIWARA, M. M. H.; MIYAGUSKU, L.; HENNESSY, D. Improvac<sup>®</sup> Immunized boars compared to surgical castrates: control of boar taint and growth performance. In: 52nd ICOMST, 2006, Dublin, **Anais**, ICOMST, p. 211-213, 2006.

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

SOFOS, J. N. Use of phosphates in low-sodium meat products. **Food Technology**, v. 40, n. 9, p. 52-68, 1986.

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

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

**TABELA Brasileira de Composição de Alimentos – TACO, NEPA-UNICAMP Versão II**, 2.ed., Campinas: NEPA-UNICAMP, 2006. 113p.

TAVÁREZ, M. A.; BOLER, D. D.; CARR, S. N.; RITTER, M. J.; PETRY, D. B.; SOUZA, C. M.; KILLEFER, J.; McKEITH, F. K.; DILGER, A. C. Fresh meat quality and further processing characteristics of shoulders from finishing pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 5122-5134, 2012.

TAYLOR, A. A.; WEARY, D. M. Vocal responses of piglets to castration: identifying procedural sources of pain. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 70, p. 17-26, 2000.

TONIETTI, A. P. **Avaliações do desempenho zootécnico, qualidade de carcaça e carne em suíno macho inteiro imunocastrados**. 2008, 129f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Faculdade de Ciência de Alimentos, Universidade de São Paulo/Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.

THUN, R.; GAJEWSKI, Z.; JANETT, F. F. Castration in male pigs: techniques and animal welfare issues. **Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 57, Suppl 8, p. 189-194, 2006.

UTTARO, B. E.; BALL, R. O.; DICK, P. et al. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 9, p. 2439-2449, 1993.

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

VAN WAZER, J. R. Chemistry of phosphates and condensed phosphates. In: DE MAN, S.M.; MELNYCHYN, P. (ed.) **Phosphates in food processing: symposium**. Westport, Avi Publ. Co., p. 1-23, 1971.

WARRISS, P. D. **Beta-adrenergic agonist for pigs: development and commercial aspects**. Society of Feed Technologist's Conference on New Development in Pig Nutrition and Feeding, 1989.

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 in genetically lean gilts. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 720-732, 2006.

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

WRIGHT, L. I.; SCANGA, J. A.; BELK, K. E.; ENGLE, T. E.; TATUM, J. D.; PERSON, R. C.; MCKENNA, D. R.; GRIFFIN, D. B.; McKEITH, F. K.; SAVELL, J. W.; SMITH, G. C. Benchmarking value in pork supply chain: Characterization of US pork in the retail marketplace. **Meat Science**, v. 71, n. 3, p. 451-463, 2005.

XIONG, Y. L. Role of miofibrillar proteins in water binding in brine-enhanced meats. **Food Research International**, v. 38, n. 3, p. 281-287, 2005.

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

XU, S. Q.; ZHOU, G. H.; PENG, Z. Q.; ZHAO, L. Y.; YAO, R. The influence of polyphosphate marination on Simmental beef shear value and ultrastructure. **Journal of Muscle Foods**, v. 20, n. 1, p. 101-116, 2009.

ZAGURY, R. T. F. **Efeito da ractopamina na ração sobre o crescimento, composição da carcaça e qualidade de carne de suínos**. Tese (Doutorado), Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, 2002.

ZAMARATSKAIA, G., ANDERSSON, H. K., CHEN, G. ANDERSSON, K., MADEJ, A., LUNDSTRÖM, K. Effect of a Gonadotropin-releasing Hormone Vaccine (Improvac™) on



steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 43, p. 351-359, 2008.

ZENG, X. Y.; TURKSTRA, J. A.; JONGBLOED, A. W.; DIEPEN Van, J. T. M.; MELOEN, R. H.; OONK, H. B.; GUO, D. Z.; WIEL Van, D. F. M. Performance and hormone levels of immunocastrated, surgically castrated and intact male pigs fed ad libitum high- and low energy diets. **Livestock Production Science**, v. 77, p. 1-11, 2002.

## CAPÍTULO 2

### **ARTIGO 1: QUALITY CHARACTERISTICS OF ENHANCED LOIN FROM IMMUNOCASTRATED AND CASTRATED MALE AND GILTS PIGS WITH RACTOPAMINE IN THE FINISHING DIET**

O artigo a seguir está redigido de acordo com as normas para publicação na revista *Journal of Animal Science* – ISSN 0021-8812.

## Quality characteristics of enhanced loin from immunocastrated and castrated male and gilts pigs with ractopamine in the finishing diet<sup>1</sup>

A. F. S. Iocca,<sup>\*2</sup>; D. S. Lucas,<sup>†</sup>; D. A. Fausto,<sup>‡</sup>; S. F.N. Pertille,<sup>‡</sup>; E. F. Delgado,<sup>‡</sup>; N. S. Janzantti,<sup>\*</sup>; E. T. F. Silveira,<sup>§</sup>

**ABSTRACT.** This study evaluated the quality effects of ractopamine (RAC) and immunocastration on pork loin quality enhanced (enhancement) with brine containing sodium tripolyphosphate (STPP) and salt (NaCl). To this end, commercial strain pigs were selected, including gilts (GT), physically castrated males (CM) and immunocastrated males (IM) and given a finishing diet with 7.5 ppm ractopamine (RAC) or without ractopamine (CON) for 21 ( $\pm 2$ days) before slaughter. Loins were processed and evaluated for physico-chemical parameters, color and texture instrumental and sensory analyzes. Animals supplemented with RAC had a better yield ( $P = 0.0012$ ) following processing. WHC was greater for IM-RAC ( $P = 0.0126$ ) than for CM-RAC, and cooking loss less ( $P = <.0001$ ). However, IM-RAC resulted in redder ( $P < 0.004$ ) and brighter ( $P < 0.0002$ ) enhanced loins than the while; the appearance ( $P < 0.009$ ) and shear force ( $P < 0.0001$ ) were similar to CM-RAC. Further IM-RAC was as tender (sensory) as GT-RAC ( $P < 0.02$ ). Meat from immunocastrated pigs fed ractopamine in the finishing diet is an alternative for the meat processing industry, however, considering that over 75% of the pork consumed worldwide is industrialized, sex-specific diets should be adopted to improve the quality of meat for industrialization by enhancement.

**Key Words:** Marination. Sodium tripolyphosphate. NaCl. Gonadotropin.  $\beta$ -adrenergic. Meat quality. Agroceres®.

## INTRODUCTION

Pork is the most consumed meat in the world, with  $\frac{3}{4}$  of this meat consumed through processed foods (Pork Check-off, 2013) and Brazil is the fourth largest producer worldwide (ABPA, 2012). The meat industry is constantly searching for methods and technologies that increase production efficiency. Immunocastration is a practice adopted in more than 50 countries, including Australia, Russia and Brazil and UE, which meets the demands of the consumer market for food produced considering animal welfare (Morales, et al., 2011; Rikard-Bell, et al., 2011; Lanferdini et al., 2013). This practice occurs with vaccination of pigs to inhibiting gonadotropin releasing hormone (GnRH), reducing the secretion of steroids, such as androstenone (Zamaratskaia et al., 2008) and metabolic clearance of indole compounds such as skatole (Jaros et al., 2005; Prunier et al., 2006; Rikard-Bell et al., 2011), decreasing aggressive behavior (Cronin et al., 2003).

In several studies, attributes related to odor, taste, texture, pH and color were similar between immunocastrated males (IM), gilts (GT) and physically castrated males (CM) (Font i Furnols et al., 2008, 2009; Boler et al., 2010; Gispert et al., 2010). Others concluded that immunocastration does not influence the sensory quality of ham (Boler et al., 2011; Font i Furnols et al., 2012).

RAC is a  $\beta$ -adrenergic agonist added to the finishing diet, used in the USA and Canada, which acts as a partitioner of nutrients that maximizes myofibrillar protein synthesis and reduces fat deposition (Moody et al., 2000; Rikard-Bell et al., 2011).

A technology related to marination, called enhancement has been evolving since 1980 in the US, where over 60% of the pork consumed is enhanced (Gooding et al., 2009). The technique consists of injecting a brine solution with a low concentration of salt and phosphates into the fresh meat in order to increase fluid retention during cooking, thus improving the sensory attributes such as juiciness and tenderness (Iocca et al., 2010).

Given the lack of scientific studies on the effect of RAC and immunocastration on the quality of enhanced pork meat, the objective of this study was to evaluate the influence of RAC in swine diets and physical castration and to compare immunocastration on the quality of enhanced pork loins.

## MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted in a full cycle, located in Capivari, Sao Paulo State, Brazil. All protocols and procedures were in accordance with the ethical principles of animal experimentation determined by the Animal Experimentation Ethics Committee (CEUA), University of Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo State, Brazil, as well as with the ethical principles of human experimentation determined by the Human Research Ethics Committee (CEP) of the Pontifical Catholic University (PUC), Campinas, Sao Paulo State, Brazil.

### **Animal production**

The study used 180 pigs, males (n = 120) and gilts (n = 60) up to 01 (one) day-of-life from commercial line Agroceres - AGPIC 337, male Duroc x Landrace x Pietran x CB22 female Large White x Landrace x Duroc.

At the nursery stage (0-21 days of age), half of the male pigs were physically castrated at 5 (five) days of age and the other half kept as uncastrated pigs; gilts were also kept intact. In the production phase corresponding the finishing stage (70-175 days of age), intact males were subjected to immunocastration (Vivax® - Pfizer Saúde Animal) with two doses (2.0 ml) at 8 and 4 weeks before slaughter. In this same stage, ractopamine was included (RAC, 7.5 mg/kg, Ractosuin® - Ourofino Agronegócio) in the feed for 21 days ( $\pm$  2 days) before slaughter, in the conventional diet based on corn and soybean, formulated with 16% protein and 0.91% lysine, totaling six (6) treatments (n = 30). Animals were grouped by sex - gilts (GT), physically castrated males (CM) and immunocastrated males (IM - Vivax®, Pfizer Saúde Animal) - and RAC - with (7.5 ppm) and without supplementation (CON) in the finishing stage (GT-RAC, CM-RAC, IM-RAC, GT-CON, CM-CON and IM-CON).

The handling and the technique of slaughter followed the standards of humane slaughter commercially adopted by a Brazilian slaughterhouse registered at the Federal Inspection Service. Animals were slaughtered when they reached an average body weight of 115 kg. The pre-slaughter fasting adopted in this experiment consisted of 12 hours on the farm and 4-6 hours in the slaughterhouse.

On the basis of hot carcass weight and backfat and muscle thickness, assessed by optical probe (Hennessy Grading Probe), 05 pigs were selected from each treatment. An experimental randomized design was used in a factorial arrangement of 3 (three) (physical castration, immunocastration and gilts) by 2 (two) (with and without ractopamine) with 5 (five) repetitions per treatment. The experimental unit was the loin (m. longissimus dorsi - LM) of each animal, located between the first thoracic vertebra (T1) and the sixth lumbar vertebra (L6) of the right half of each carcass. The loins sections were removed after 24h of cooling at 2°C. Boneless loins were vacuum packed and stored in a freezer (-31 °C) until processing.

### **Processing, sampling and analyzes**

Loins were thawed in a cold chamber at 6°C for 48h. The processing was performed in a controlled temperature chamber at temperatures up to 12°C. The ingredients used to formulate the injection brine were: sodium tripolyphosphate, 0.45% (Na<sub>5</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub>, INS E451i, PM 367.9, Thermphos International BV, the Netherlands) in the final product and common salt, 0.75% (NaCl) in the final product. Ingredients were weighed individually. The maximum temperature of water to prepare the injection brines was 4°C. The ingredients were mixed with water under continuous stirring within the reservoir of the injector.

Thawed loins were weighed, each to and, a multi-needle injector (72 needles of 3.00mm Ø, Intermec AMF 300, Intermec Ind., São Caetano do Sul, São Paulo State) set to 30 lb pressure, used to inject a brine solution equivalent to 10% of the initial weight of the loin. After injection loins were subjected to vacuum tumbling (15min/10rpm), and weighed again to determine the injection yield.

After the enhancement step, meat pieces were divided into 3 parts, vacuum packed, weighed, coded and stored for 72 hours in a cold chamber at 2°C ± 1 for equalization. Samples were stored at the Institute of Food Technology (Campinas, São Paulo State, Brazil) for subsequent analysis.

WHC measurement was performed in fresh meat according to Wierbiecki and Deatherage (1958). A pressure equal to a weight of 500lb for 1 minute was applied to 0.5 g diced muscle tissue, positioned between two circular filter papers (Whatman #1) and between two acrylic plates. The halo formed by the exudation of water from the meat sample. Was market and measured with the Adobe Photoshop CS5 software (Adobe Systems, CA, USA) to calculate the

internal and external areas. These values were used in Equation 1 to calculate the % of free water:

Equation 1:

$$\% \text{ free water} = \frac{[\text{TA (cm}^2) - \text{MA (cm}^2)] \times \text{CF} \times 100}{\text{TMS (mg)}}$$

Were:

CF is the conversion factor 0.947 for free water of according to the authors.

TA is total area

MA is meat area

TMS is total moisture of the sample

Fresh meat and injected meat after equalization were analyzed for proximate composition (moisture, protein and lipid) according to the protocol described by AOAC (2005). The pH of the fresh meat (pH 24h) and enhanced meat was determined using a pH meter (Digimed DM21) with direct puncture electrode.

The determination of the purge loss was made by the weight difference of portioned samples before and after equalization according to Honikel (1987). Cooking loss of the enhanced cuts was determined by weighing the enhanced loin steaks (5 steaks 2.5 cm/treatment) before and after cooking on an electrical plate pre-heated to 220°C until reaching internal temperature of 72°C, as recommended by AMSA (1995).

The color of the fresh and enhanced meat was assessed by the CIE system L\* (lightness), a\* (redness), b\* (yellowness), besides Hue angle and saturation index (Chroma) according to equations 2 and 3, respectively (CIE, 1978). We analyzed three random locations on each sample (5 steaks 2.5 cm/treatment) exposed to the atmosphere for 15 minutes before the measurements using the portable colorimeter Minolta Chroma meter CR-200b (Minolta Camera Company, Osaka, Japan) using illuminant D65 at 10° observation angle and calibrated with white tile (AMSA, 1995).

$$\text{Equation 2: Chroma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$\text{Equation 3: Hue} = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

After cooking loss analysis, grilled samples were cooled to room temperature (25°C) and cylinders cut (1.27 cm Ø) from each sample (n = 5) (Davis, et al., 2004) for instrumental analysis of texture by shear force (WBSF), with the equipment TA-XT2i Stable Micro Systems Ltda and Warner Bratzler probe. The equipment was calibrated with a traceable standard weight of 5kg. The downward speed of the device was 2 mm/s (AMSA, 1995). The determination was performed at room temperature; the final value was considered as the average of readings expressed in kgf/cm<sup>2</sup>.

Analysis for the presence of *Salmonella* sp. (absence in 25g) and thermotolerant coliforms 45°C/g (with a counting tolerance at 10<sup>4</sup>) further Coagulase positive staphylococci were carried out in the enhanced loins according to Anvisa Resolution - RDC 12 (BRASIL, 2001) raw meat prepared, including beef, pork and other mammals, chilled or frozen, temperate. Analyses were performed to ensure the microbiological safety of the product for later sensory analysis.

Sensory evaluations were conducted for raw and grilled meat enhanced by injection with 31 regular consumers of pork, untrained judges, both sexes, aged between 21 and 58 years old, undergraduate students of Food Engineering and employees of the Food Technology Institute.

An acceptance test for meat appearance was performed by consumers for samples of vacuum packed-raw enhanced meat. Packages were presented in commercial refrigerated display (3±1°C) simulating their appearance on the shelves in the supermarket. The consumers evaluated the sensory acceptability of enhanced grilled pork for the attributes appearance, odor, texture, flavor and overall impression, beyond the purchase intention. Consumers were given 2 pieces of grilled meat (2.0cm x 2.0cm x 2.5cm) per treatment.

In acceptance testing, we used a 9-point hedonic scale structure (9 = like extremely, 8 = like very much; 7 = like moderately, 6 = like slightly, 5 = neither like nor dislike, 4 = dislike slightly, 3 = dislike moderately; 2 = dislike very much, 1 = dislike extremely) and for purchase intention, a 5-point scale (1 = definitely would not buy this product, 2 = probably would not buy this product, 3 = maybe bought, maybe not buy, 4 = probably buy this product, 5 = definitely would buy this product). Samples coded with three-digit number were presented to consumers in a randomized block design in a monadic way. Drinking water and salt free crackers were served for cleansing the palate between samples (Stone; Sidel, 1993).



Sensory analyses were performed in individual booths equipped with computers. Data were collected through computers equipped with the software Compusense 4.2 version 5 (Compusense Inc., Guelph, Ontario, Canada).

### **Statistical analysis**

The experimental design was completely randomized in a 3x2 factorial arrangement of treatments. The fixed effects were sexual condition (GT, CM and IM) and diet (CON and RAC) and the interaction between the two treatments, and the statistical model used was:  $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$ , where  $Y_{ijk}$  is the value of the meat quality variable in the sexual condition supplemented with the RAC level  $j$  in the  $k$ -th repetition;  $\mu$  is a constant (overall average);  $\tau_i$  is the effect of the sexual condition  $i$ ;  $\beta_j$  is the effect of supplementation with RAC  $j$ ;  $(\tau\beta)_{ij}$  is the effect of the interaction between  $\tau_i$  and  $\beta_j$  and  $\epsilon_{ijk}$  is the residual random error. Data were subjected to analysis of variance using the maximum likelihood method (REML), with the PROC MIXED procedure (SAS 9.2, 2009. Inst. Inc., Cary, NC). Residual met the assumptions of normality and homogeneity of variance. Treatments and interactions that had a significant effect by the F-test ( $P < 0.05$ ), had their means assessed by Tukey's test, and differences were considered significant when  $P < 0.05$ .

## **RESULTS AND DISCUSSION**

There was no interaction between sex and RAC on quality characteristics of fresh pork loin. Thus, only the main effects are presented (Table 1). No significant difference was found in the pH value of fresh pork loin 24h after slaughter ( $P \geq 0.348$ ), either by sexual condition or by RAC supplementation in the finishing diet. The pH values observed in this study are in agreement with the literature, where the final pH in pork ranges from 5.50 to 5.80. Several authors also found no difference in pH between GT, CM and IM (Zamaratskaia et al., 2008; Boler et al., 2010; Gispert et al., 2010; Morales et al., 2011; Athayde et al., 2012; Rocha et al., 2013). Conversely, Stites et al, (1994), Stoller et al, (2003) and Carr et al, (2005) reported higher pH values in LM of pigs fed with RAC.

There was no difference ( $P \geq 0.752$ ) for the moisture in the meat of these animals, but pigs supplemented with RAC in the finishing diet resulted in LM with a higher percentage of

protein ( $P = 0.010$ ) and lower lipid concentration ( $P = 0.011$ ) compared with those not supplemented, corroborating other authors (Aalhus et al., 1990; Boler et al., 2011; Costa-Lima et al., 2014).

Ractopamine affects variables such as growth performance, increasing the percentage of lean meat by reducing the thickness of backfat and increasing loin eye area (Boler et al., 2011; Rikard-Bell et al., 2011; Athayde et al., 2012; Costa-Lima et al., 2014). However, meat quality especially the tenderness is affected by increased the quantity and size of glycolytic fibers (Rocha et al, 2013), and in the expression of calpastatin isoforms (Leonardo, 2008) a natural inhibitor of the meat tenderizing process.

In this study, the inclusion of RAC in the diet resulted in less tender LM ( $P = 0.0007$ ). Rocha et al. (2013) found an increased shear force in LM from physically castrated and immunocastrated pigs fed RAC. Fernández-Dueñas et al. (2008) also reported higher values of shear force in meat from pigs fed RAC, however, this supplementation did not affect the sensory evaluation by a trained sensory panel, which failed to detect this difference.

The instrumental color parameters were not different between sexual conditions and RAC. This result corroborates the study of Fernández-Dueñas et al. (2008) and Boler et al. (2011), who also found no difference in CIELab parameters between m. Semimembranosus (SM) of pigs fed with or without RAC. Nevertheless, Rocha et al., (2013) verified higher values of  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  for LM of animals without dietary supplementation of RAC. In turn, Athayde et al. (2012) observed differences only for red ( $a^*$  value) between LM of pigs that consumed RAC in the diet.

Significant interaction was detected between RAC and sexual condition in WHC ( $P = 0.0126$ ) (Figure 1). The IM-RAC treatment had higher WHC than CM-RAC and GT-RAC with intermediate values. For enhanced products, where the purpose is to hold the injected brine into the product, this attribute is critical. In this respect, immunocastration and RAC have a positive effect for injected products. Costa-Lima et al. (2014) concluded that GT-RAC and IM-RAC had higher water activity ( $A_w$ ) than those not supplemented with RAC, that is, a greater WHC, whereas Athayde et al. (2012) registered no difference for drip loss in LM between males and gilts fed or not fed with RAC.

**Table 1.** Effects of sex (S) and dietary ractopamine (R) on physico-chemical parameters, instrumental texture and instrumental color of fresh pork loin.

Item	Sex <sup>1</sup>			RAC <sup>2</sup>			P-value		
	GT	CM	IM	0	7.5	SEM	S	R	S x R
pH at 24h	5.53	5.48	5.40	5.45	5.49	0.02	0.17	0.49	0.35
Moisture (%)	73.18	72.46	72.88	72.70	72.97	0.12	0.57	0.62	0.75
Protein (%)	22.85	23.04	22.31	22.33 <sup>b</sup>	23.13 <sup>a</sup>	0.17	0.12	0.01	0.36
Lipid (%)	3.01	3.86	3.44	3.93 <sup>a</sup>	2.94 <sup>b</sup>	0.21	0.15	0.01	0.34
Shear Force (kg)	3.07	3.32	3.18	2.95 <sup>b</sup>	3.43 <sup>a</sup>	0.09	0.32	<0.01	0.32
Lightness (L*)	47.54	47.29	47.68	47.91	47.09	0.14	0.93	0.34	0.79
Redness (a*)	5.96	6.53	6.30	6.45	6.08	0.11	0.46	0.33	0.10
Yellowness (b*)	1.27	1.48	1.57	1.60	1.28	0.07	0.76	0.35	0.23
Chroma	6.16	6.72	6.55	6.69	6.27	0.11	0.51	0.30	0.10
Hue (h°)	12.03	12.77	13.99	13.93	11.89	0.01	0.87	0.39	0.33

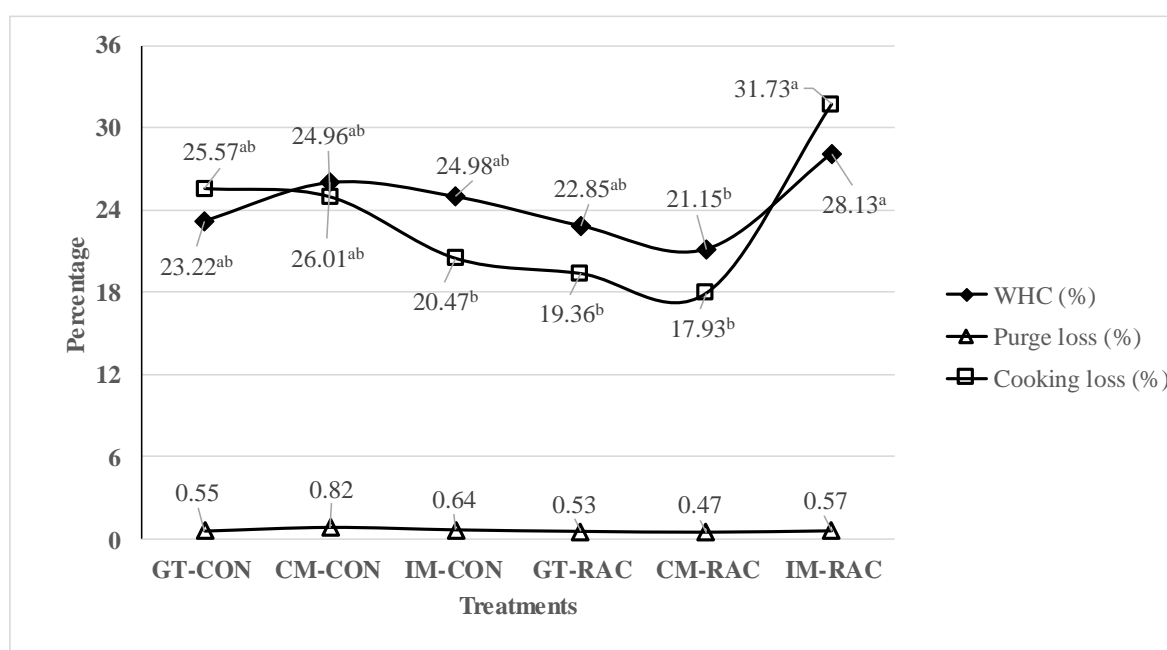
SEM = standard error of the mean.

<sup>a-b</sup>Within a rows and main effects, values with different superscript letters differ ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>GT = gilt; CM = physically castrated male; IM = immunocastrated male.

<sup>2</sup>RAC = 0 ppm ractopamine diet or 7.5 ppm ractopamine diet 21±2 days before slaughter.

LM from animals fed diets supplemented with RAC showed a higher yield in the enhancement process (Table 2). The exact mechanism for the increased retention of brine in LM from animals fed with dietary RAC is not fully known. RAC mainly influences the abundance of glycolytic metabolism-related enzymes by increasing the diameter and proportion of fast glycolytic muscle fibers (Aalhus et al., 1992; Athayde et al., 2012; Rocha, et al., 2013). Salt solutions at low concentrations of neutral to alkaline salts tend to increase the solubility of proteins. The chloride ions react with charges of proteins and decrease the electrostatic attraction between oppositely charged neighboring molecules with a predominance of protein-water interaction (Iocca, et al., 2010). Thus, RAC tends to favor the uptake of brine at low salt concentrations in products such as enhanced pork loins due to the higher protein content.



**Figure 1.** Effects of sex and dietary ractopamine on water holding capacity (WHC) parameter of fresh pork loin and on parameters drip loss and cooking loss of enhanced pork loins.

There was no effect of RAC and sex on purge loss (Figure 1) ( $P \geq 0.7889$ ), highlighting the efficiency of the combined use of STPP and salt in increased water retention. IM-RAC showed a greater cooking loss ( $P < 0001$ ) compared with CM-RAC and GT-RAC. The combined use of immunocastration and RAC increases WHC but cannot hold the water inside the product

after cooking, so negatively influenced the cooking loss parameter, since the greater loss indicates a trend to less tenderness and juiciness. According to Sheard et al. (1999), sex also affects weight loss by cooking of loins injected with brine containing STTP. In the study on loins marinated with 5% STTP in the brine, males showed less cooking loss (steaks grilled up to 72.5°C) than gilts.

**Table 2.** Effects of sex (S) and dietary ractopamine (R) in pork loins enhanced yield (10% w/w) followed by tumbling (10rpm/15min) and equalized by 72 hours at 2°C.

Item	Sex <sup>1</sup>			RAC <sup>2</sup>		SEM	<i>P</i> -value		
	GT	CM	IM	0	7.5		S	R	S x R
Yield (%)	89.56	89.14	89.90	88.59 <sup>b</sup>	90.47 <sup>a</sup>	0.32	0.50	<0.01	0.71

SEM = standard error of the mean.

<sup>a-b</sup>Within a rows and main effects, values with different superscript letters differ ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>GT = gilt; CM = physically castrated male; IM = immunocastrated male.

<sup>2</sup>RAC = 0 ppm ractopamine diet or 7.5 ppm ractopamine diet 21±2 days before slaughter

Physico-chemical parameters (pH, moisture, protein and lipids) of enhanced pork loin are shown in Table 3. There was an interaction between sex and RAC for all parameters ( $P < 0.03$  or less). GT-CON and IM-CON treatments had higher final pH values (5.86 and 5.79, respectively) when compared with GT-RAC and IM-RAC (5.50 and 5.52, respectively), unlike the physically castrated animals, where CM-RAC had higher pH (5.58) than CM-CON (5.50).

The increase in pH in enhanced meat is natural once the injection brine applied has an alkaline pH (8.4) because of its composition (NaCl and STTP). This shifts the isoelectric point, raises the pH and favors the retention of natural or injected water inside the meat, improving the tenderness and juiciness (Sheard et al., 2005) after cooking. Although no significant difference occurred ( $P > 0.49$ ) between pH 24h of fresh loins with or without RAC (Table 1), RAC had sex-specific influence on enhanced loins: increased pH of loins from CM and reduced the pH of loins of GT and IM, probably by increasing the glycolytic potential of animals fed with RAC, reflected directly in cooking loss, where meat with more acidic pH tends to a greater release of natural or injected water.

Moisture was higher for IM-RAC than for IM-CON, the reversal occurs in GT, where the addition of RAC decreased moisture of loins. Nevertheless, the difference cannot be detected for CM-RAC and CM-CON. In general, RAC increased moisture of loins from male pigs.

Values of protein content is enhanced products that are lower than fresh meat before the injection are related to the action of the components of the brine, where the STPP and salt, responsible for the dissociation of actin and myosin, facilitating the solubilization of proteins. When this occurs, the amount of electric charges of the system increases due to the extraction of proteins, and the injected water can stably bind to the available charges (Iocca et al., 2010). There were differences in protein content between IM-CON and CM-CON, in which IM-CON showed a lower protein content or greater protein solubilization. Despite the conditions associated with cellular metabolism of the different groups, RAC was able to equalize the protein content for IM, CM and GT.

Lipid content was similar between treatments with RAC, corroborating data of protein content, where RAC minimizes the differences between the sexes. For treatments without supplementation, IM-CON had higher lipid content than CM-COM, and GT-CON was indifferent. Rikard-Bell et al. (2011) also observed decreasing fat content in carcasses of immunocastrated animals supplemented with RAC.

Instrumental color parameters  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  Chroma and Hue angle were affected by sex and RAC (Table 4). The enhanced pork loin IM-CON and IM-RAC had greater lightness (45.06 and 46.16, respectively), which characterizes loins lighter and clearer than the other treatments.

Enhancement caused a decrease in the values of  $a^*$  and  $b^*$ , because the salts in the brine produce changes in muscle myoglobin (Hayes et al., 2006), where the iron is oxidized, generating metmyoglobin, with color tending to brown. IM -CON showed the lowest  $a^*$  and  $b^*$  values (darker meat) followed by GT-CON and CM-CON (lighter meat). Treatments containing RAC exhibited higher  $a^*$  value, where IM-RAC and CM-RAC were not different to each other, and showed a more vivid red color (Chroma) than GT- RAC.

Hue angle determines the position of a sample in the color solid, red tone from  $330^\circ$  to  $25^\circ$ , yellow from  $25^\circ$  to  $100^\circ$ . GT-CON had the reddest tone ( $17.95^\circ$ ), followed by IM-CON (red-yellow -  $27.61^\circ$ ) and CM-CON, more yellowish tone ( $32.60^\circ$ ). Between treatment with RAC, CM had more reddish tone ( $20.65^\circ$ ), followed by GT and IM ( $26.81^\circ$  and  $27.61^\circ$ , respectively).

**Table 3.** Effects of sex (S)<sup>1</sup> and dietary ractopamine (R)<sup>2</sup> on physico-chemical parameters of enhanced pork loin.

Item	CON				RAC				P-value		
	GT	CM	IM	SEM	GT	CM	IM	SEM	S	R	S x R
Final pH	5.68 <sup>a</sup>	5.50 <sup>c</sup>	5.79 <sup>a</sup>	0.05	5.50 <sup>c</sup>	5.58 <sup>b</sup>	5.52 <sup>c</sup>	0.05	<.0001	<.0001	<.0001
Moisture (%)	73.76 <sup>a</sup>	73.58 <sup>ab</sup>	72.42 <sup>b</sup>	0.33	72.41 <sup>b</sup>	74.07 <sup>a</sup>	74.27 <sup>a</sup>	0.33	0.04	0.15	<.0001
Protein (%)	21.41 <sup>a</sup>	22.18 <sup>a</sup>	18.19 <sup>b</sup>	0.61	21.69 <sup>a</sup>	19.84 <sup>ab</sup>	20.00 <sup>ab</sup>	0.61	0.02	0.87	0.01
Lipid (%)	3.14 <sup>ab</sup>	2.61 <sup>b</sup>	4.11 <sup>a</sup>	0.20	3.05 <sup>ab</sup>	3.28 <sup>ab</sup>	3.09 <sup>ab</sup>	0.20	0.09	0.54	0.03

SEM = standard error of the mean.

<sup>a-c</sup>Within a rows and main effects, values with different superscript letters differ ( $P < 0.05$ ).<sup>1</sup>GT = gilt; CM = physically castrated male; IM = immunocastrated male.<sup>2</sup>CON = 0 ppm ractopamine diet or RAC = 7.5 ppm ractopamine diet 21 ± 2 days before slaughter**Table 4.** Effects of sex (S)<sup>1</sup> and dietary ractopamine (R)<sup>2</sup> on instrumental color of enhanced pork loin

Item	COM				RAC				P-value		
	GT	CM	IM	SEM	GT	CM	IM	SEM	S	R	S x R
Lightness (L*)	39.19 <sup>e</sup>	42.18 <sup>cd</sup>	46.16 <sup>a</sup>	1.06	43.36 <sup>bc</sup>	40.88 <sup>de</sup>	45.06 <sup>ab</sup>	1.06	<.0001	0.18	0.0002
Redness (a*)	3.92 <sup>abc</sup>	4.16 <sup>ab</sup>	3.30 <sup>c</sup>	0.21	3.68 <sup>bc</sup>	4.59 <sup>a</sup>	4.55 <sup>a</sup>	0.21	0.02	0.06	0.004
Yellowness (b*)	1.27 <sup>c</sup>	2.66 <sup>a</sup>	1.77 <sup>bc</sup>	0.20	1.86 <sup>bc</sup>	1.73 <sup>bc</sup>	2.38 <sup>a</sup>	0.20	0.007	0.53	0.001
Chroma	4.12 <sup>bc</sup>	4.94 <sup>ab</sup>	3.76 <sup>c</sup>	0.46	4.12 <sup>bc</sup>	4.90 <sup>ab</sup>	5.15 <sup>a</sup>	0.46	0.005	0.01	0.004
Hue (h°)	17.95 <sup>c</sup>	32.60 <sup>a</sup>	28.21 <sup>abc</sup>	0.04	26.81 <sup>ab</sup>	20.65 <sup>bc</sup>	27.61 <sup>ab</sup>	0.04	0.03	0.94	<.0001

SEM = standard error of the mean.

<sup>a-c</sup>Within a rows and main effects, values with different superscript letters differ ( $P < 0.05$ ).<sup>1</sup>GT = gilt; CM = physically castrated male; IM = immunocastrated male.<sup>2</sup>CON = 0 ppm ractopamine diet or RAC = 7.5 ppm ractopamine diet 21 ± 2 days before slaughter

There was no interaction between sex and RAC ( $P > 0.10$ ) for instrumental texture determined by the shear force. Only the main effects are listed in Table 5. Enhancement promoted the reduction in shear force of pork loins for all treatments, without, however, equalizing the tenderness among treatments. Between sexual conditions, the GT presented the most tender loin, followed by IM and CM. RAC supplemented animals maintained higher shear force than non-supplemented ones and enhancement was, not effective in eliminating the negative effect of RAC.

**Table 5.** Effects of sex (S)<sup>1</sup> and dietary ractopamine (R)<sup>2</sup> on instrumental texture parameter of enhanced pork loin.

Item	Sex			RAC		SEM	<i>P-value</i> <sup>3</sup>	
	GT	CM	IM	0	7.5		S	R
Shear Force (kg)	2.15 <sup>b</sup>	3.04 <sup>a</sup>	2.87 <sup>ab</sup>	2.37 <sup>b</sup>	3.01 <sup>a</sup>	0.18	<.0001	<.0001

SEM = standard error of the mean.

<sup>a-b</sup>Within a rows and main effects, values with different superscript letters differ ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>GT = gilt; CM = physically castrated male; IM = immunocastrated male.

<sup>2</sup>RAC = 0 ppm ractopamine diet or 7.5 ppm ractopamine diet 21±2 days before slaughter

<sup>3</sup>Sex x Rac interactions were not significant ( $P > 0.10$ )

Microbiological analysis was performed in loins immediately after 72h equalization (Table 6) in accordance with current legislation. All treatments showed values below the maximum permitted level, ensuring the microbiological safety of participants in the sensory analysis. Still, no coagulase-positive staphylococci and low count of coliforms were observed in pork loins marinated by injection, indicating good handling practices during the industrialization process.

In sensory analysis, 93.55% of the panelists were frequent consumers of pork, 42% of those with weekly consumption, and the loin was the most consumed meat (35.48%), followed by rib (32.26%), chops and ham (16.13% each). Among the participants of the sensory analysis, 61.3% were between 21 and 28 years.



**Table 6.** Microbiological analysis of enhanced pork loin in the treatments<sup>1</sup>.

Item	CON			RAC		
	GT	CM	IM	GT	CM	IM
<i>Salmonella</i> sp. (25g)	absent	absent	absent	absent	absent	absent
CPS (CFU/g)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Coliforms (Log MPN/g)	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04
TC at 45°C (Log MPN/g)	<0.48	1.36	<0.48	<0.48	<0.48	1.56

<sup>1</sup>Treatments: GT = gilt; CM = physically castrated male; IM = immunocastrated male; CON = 0 ppm ractopamine diet and, RAC = 7.5 ppm ractopamine diet 21±2 days before slaughter.

<sup>2</sup>CPS = Coagulase positive staphylococci

<sup>3</sup>TC = Thermotolerant Coliforms

In general, the panelists ranked the samples between like very much and slightly liked. Differences were only detected for texture (Table 7) with interaction between sex and RAC ( $P < 0.0267$ ) and appearance of enhanced loin, raw vacuum-packed (Table 8) with effect only for sex.

**Table 7.** Effects of sex (S)<sup>1</sup> and dietary ractopamine (R)<sup>2</sup> on sensory attributes<sup>3</sup> and purchase intention<sup>4</sup> of grilled enhanced pork loin.

Attributes	COM			RAC			SEM	<i>P</i> -value		
	GT	CM	IM	GT	CM	IM		S	R	SxR
Appearance	7.19	7.58	6.90	7.19	6.97	6.87	0.11	0.21	0.26	0.33
Odor	6.61	6.74	6.65	6.03	6.45	6.39	0.10	0.71	0.17	0.87
Flavor	6.39	6.65	6.36	6.26	6.13	6.52	0.08	0.95	0.58	0.63
Texture	7.42 <sup>a</sup>	7.32 <sup>ab</sup>	6.90 <sup>b</sup>	7.19 <sup>ab</sup>	6.77 <sup>b</sup>	7.65 <sup>a</sup>	0.13	0.49	0.90	0.03
Overall acceptance	6.81	6.81	6.68	6.52	6.29	6.81	0.09	0.83	0.39	0.59
Purchase intention	3.65	3.71	3.45	3.42	3.39	3.65	0.06	0.10	0.47	0.40

SEM = standard error of the mean.

<sup>a-b</sup>Within a rows and main effects, values with different superscript letters differ ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>GT = gilt; CM = physically castrated male; IM = immunocastrated male.

<sup>2</sup>CON = 0 ppm ractopamine diet or RAC = 7.5 ppm ractopamine diet 21±2 days before slaughter

<sup>3</sup>Test it used 9-poin hedonic scale where 1 = dislike extremely; 5 = neither like nor dislike; and 9 = like extremely

<sup>4</sup>Test it used 5-poin hedonic scale where 1 = definitely would not buy this product; 3 = maybe bought, maybe not buy; and 5 = definitely would buy this product

Regarding the texture, panelists gave higher scores to IC-RAC and GT-RAC, which differed from CM-RAC. In control treatments, GT-CON had the best score and IM-CON, the lowest acceptance, and CM-CON was similar to both. This assessment is in line with the instrumental texture, where CM and IM were less tender than GT.

Despite the lack of differences in the appearance of grilled enhanced loin ( $P = 0.2130$ ), the panelists perceived difference in the appearance of the vacuum packed raw product ( $P < 0.0093$ ). The enhanced loin from GT had the most preferred appearance (7.69) followed by CM (7.36) and IC (6.89). Appearance is a very important attribute because it directly influences on consumer choice.

**Table 8.** Effect of sex<sup>1</sup> on sensory attributes<sup>2</sup> and purchase intention<sup>3</sup> of enhanced pork loin.

Attributes	Sex			SEM	<i>P-value</i>
	GT	CM	IM		S
Appearance <sup>4</sup>	7.69 <sup>a</sup>	7.36 <sup>ab</sup>	6.89 <sup>b</sup>	0.23	0.009
Appearance <sup>5</sup>	7.19	7.27	6.89	0.12	0.213
Odor	6.32	6.60	6.52	0.08	0.705
Flavor	6.32	6.39	6.44	0.04	0.951
Texture	7.33	7.05	7.27	0.09	0.493
Overall acceptance	6.66	6.55	6.74	0.06	0.831
Purchase intention	3.53	3.55	3.55	0.01	0.998

SEM = standard error of the mean.

<sup>a-b</sup>Within a rows and main effects, values with different superscript letters differ ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>GT = gilt; CM = physically castrated male; IM = immunocastrated male.

<sup>2</sup>Test it used 9-poin hedonic scale where 1 = dislike extremely; 5 = neither like nor dislike; and 9 = like extremely

<sup>3</sup>Test it used 5-poin hedonic scale where 1 = definitely would not buy this product; 3 = maybe bought, maybe not buy; and 5 = definitely would buy this product

<sup>4</sup>Appearance of enhanced pork loin, raw vacuum-packed.

<sup>5</sup>Appearance of grilled enhanced pork loin.

In conclusion, RAC demonstrates positive effects on protein and lipid content of the loin, as well as in WHC, promotes a better yield of the injected product and improves the ability to hold the injected brine into the muscle after cooking. However, the sexual condition alters the

effects of enhancement in RAC supplemented animals. Immunocastrated male pigs supplemented with RAC show enhanced loins with redder and brighter color than the others, with appearance and texture (shear force) similar to the physically castrated animals; and as tender (sensory analysis) as the gilts. Taking into account that more than 75% of the pork consumed worldwide is industrialized, sex-specific diets should be used to improve pork quality intended for enhancement.

### LITERATURE CITED

- Aalhus, J. L., S. D. M. Jones, A. L. Schaefer, A. K. W. Tong, W. M. Robertson, J. K. Merrill, and A. C. Murray. 1990. The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 70:943–952.
- Aalhus, J.L.; Schaefer, A.L.; Murray, A.C.; Jones, S.D.M. The effect of ractopamine on myofiber distribution, morphology, and their relation to meat quality in swine. *Meat Science*. v. 31, p. 397-409, 1992.
- Associação Brasileira de Proteína Animal- ABPA. 2012. Relatório anual 2012. “Annual report 2012” (<http://www.abipecs.org.br/pt/relatorios.html>).
- AMSA. 1995. Meat color measurement guidelines. Champaign, IL, USA: American eat Science Association.
- AOAC, 2005. Official methods of analysis. 18th ed. AOAC Int., Arlington, VA.
- Athayde, N. B., O. A. Dalla Costa, R. O. Roça, A. L. Guidone, C. B. Ludtke, and G. J. M. M. Lima. 2012. Meat quality of swine supplemented with ractopamine under commercial conditions in Brazil. *J. Anim. Sci.* 90:4604–4610.
- Boler, D. D., D. L. Clark, A. A. Baer, D.M. Meeuwse, V. L. King, F. K. McKeith, and J. Killefer. 2010. Effects of increasing lysine on further processed product characteristics from immunologically castrated male pigs. *J. Anim. Sci.* 89:2200–2209.
- Boler, D.D., S. F. Holmer, D. A. Duncan, S. N. Carr, M. J. Ritter, C. R. Stites, D. B. Petry, R. B. Hinson, G. L. Allee, F. K. McKeith, and J. Killefer. 2011. Fresh meat and further

- processing characteristics of ham muscles from finishing pigs fed ractopamine hydrochloride. *J. Anim. Sci.* 89:210–220.
- BRASIL. Resolução DC/ANVISA nº12, de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial da União, Brasília, DF, Seção 01*, p. 54, jan. 2001.
- Carr, S. N., P. J. Rincker, J. Killefer, D. H. Baker, M. Ellis, and F. K. McKeith. 2005. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and at quality in late-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 83:223–230.
- CIE. 1978. Recommendations on uniform color spaces-color equations, psychometric color terms. Supp. No. 2 to CIE Publ., No. 15 (E-1.3.L) 1971 (9TC-1–3), Paris, France.
- Costa-Lima, B. R. C., A. C. V. C. S. Canto, S. P. Suman, C. A. Conte-Junior, E. T. F. Silveira, T. J. P. Silva. 2014. Sex-specific effect of ractopamine on quality attributes of pork frankfurters. *Meat Sci.* 96:799-805.
- Cronin, G. M., F. R. Dunshea, K. L. Butler, I. McCauley, J. L. Barnett, and P. H. Hemsworth. 2003. The effects of immuno- and surgical-castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 81:111–126.
- Davis, K. J., J. G. Sebranek, E. Huff-Lonergan, S. M. Lonergan. 2004. The effects of aging on moisture-enhanced pork loins. *Meat Sci.* 66: 519–524.
- Fernández-Dueñas, D. M., A. J. Myers, S. M. Scramlin, C. W. Parks, S. N. Carr, J. Killefer, and F. K. McKeith. 2008. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy body weight pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). *J. Anim. Sci.* 86:3544–3550.
- Font i Furnols, M., M. Gispert, L. Guerrero, A. Velarde, J. Tibau, J. Soler, M. Hortos, J. A. Garcia-Regueiro, J. Perez, P. Suarez, and M.A. Oliver. 2008. Consumers' sensory acceptability of pork from immunocastrated male pigs. *Meat Sci.* 80:1013–1018.
- Font i Furnols, M., J. Gonzalez, M. Gispert, M.A. Oliver, M. Hortos, J. Perez, P. Suarez, and L. Guerrero. 2009. Sensory characterization of meat from pigs vaccinated against

- gonadotropin releasing factor compared to meat from surgically castrated, entire male and female pigs. *Meat Sci.* 83:438–442.
- Font i Furnols, M., M. Gispert, J. Soler, M. Diaz, J. A. Garcia-Regueiro, I. Diaz and M. C. Pearce. 2012. Effect of vaccination against gonadotrophin-releasing factor on growth performance, carcass, meat and fat quality of male Duroc pigs for dry-cured ham production. *Meat Sci.* 91:148–154.
- Gispert, M., A. M. Oliver, A. Velarde, P. Suarez, J. Pérez and M. Font i Furnols. 2010. Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. *Meat Sci.* 85:664–670.
- Gooding, J.P., S. F. Holmer, S. N. Carr, P. J. Rincker, T. R. Carr, M. S. Brewer, F. K. McKeith, J. Killefer. 2009. Characterization of striping in fresh, enhanced pork loins. *Meat Sci.* 81: 364–371.
- Hayes, J. E., E. M. Desmond, D. J. Troy, D. J. Buckley, R. Mehra. 2006. The effect of enhancement with salt, phosphate and milk proteins on the physical and sensory properties of pork loin. *Meat Sci.* 72:380–386.
- Honikel, K. O. The water binding of meat. 1987. *Fleischwirtschaft*, 67:1098-1102.
- Iocca, A. F. S.; Catanozi, M. P. L. M.; Lemos, A. L. S. C. 2010. Adição de plasma bovino em salmouras para injeção de coxão duro bovino (m. biceps femoris) e seus efeitos no pH e na carga microbiana de bifos cozidos, embalados a vácuo e mantidos sob refrigeração. “Injection of brines containing bovine plasma in beef outside round and its effects on pH value and microbial load of refrigerated vacuum packaged cooked steaks”. *Alim. Nutr.* 21: 443-452.
- Jaros, P., E. Burgi, K. D. C. Stark, R. Claus, D. Hennessy and R. Thun. 2005. Effect of active immunization against GnRH on androstenone concentration, growth performance and carcass quality in intact male pigs. *Livestock Production Science*, 92, 31–38.
- Lanferdini, E., P. A. Lovatto, R. Melchior, U. A. D. Orlando, M. Ceccantini and E. Poleze. 2013. Feeding surgically castrated, entire male and immunocastrated pigs with different levels

- of amino acids and energy at constant protein to energy ratio with or without ractopamine. *Livest. Sci.* 151:246–251.
- Leonardo, E.F. 2008. A expressão da isoforma de calpastatina responsiva à ractopamina altera a maciez da carne, com implicações na eficiência de crescimento de suínos. “Expression of calpastatin isoform responsive to changes ractopamine on meat tenderness, with implications on the efficiency of growth of pigs”. PhD Thesis. Univ. of São Paulo. Piracicaba.
- Moody, D. E., D. L. Hancock, D. B. Anderson. 2000. Phenethanolamine repartitioning agents. In: D’MELLO, J. P. *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. New York: CAB International, p. 65-95.
- Morales, J. I., L. Cámara, J. D. Berrocoso, J. P. López, G. G. Mateos and M. P. Serrano. 2011. Influence of sex and castration on growth performance and carcass quality of crossbred pigs from 2 Large White and sire lines. *J. Anim. Sci.* 89:3481-3489.
- Pork Check-off. 2013. Quick facts. The pork industry at a glance. Publication 09133-08/13. Des Moines, IA, USA: National Pork Board (<http://www.pork.org/Resources/95/quickFacts.aspx#>).
- Prunier, A., M. Bonneau, E. H. von Borell, S. Cinotti, M. Gunn, B. Fredriksen, M. Giersing, D. B. Morton, F. A. M. Tuytens and A. Velarde. 2006. A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and the evaluation of non-surgical methods. *Anim. Welf.* 15:277–289.
- Rikard-Bell, C., M. A. Curtis, R. J. van Barneveld, B. P. Mullan, A.C. Edwards, N. J. Gannon, D. J. Henman, P. E. Hughes and F. R. Dunshea. 2009. Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, intact boars and gilts. *J. Anim. Sci.* 87:3536–3543.
- Rocha, L. M., A. M. Bridi, A. Foury, P. Mormède, A. V. Weschenfelder, N. Devillers, W. Bertoloni and L. Faucitano. 2013. Effects of ractopamine administration and castration method on the response to preslaughter stress and carcass and meat quality in pigs of two Piétrain genotypes. *J. Anim. Sci.* 91:3965-3977.

- Sheard, P. R., G. R. Nute, R. I. Richardson, A. Perry, A. A. Taylor. 1999. Injection of water and polyphosphate into pork to improve juiciness and tenderness after cooking. *Meat Sci.* 51: 371-376.
- Sheard P. R., G. R. Nute, R. I. Richardson, J. D. Wood. 2005. Effects of breed and marination on the sensory attributes of pork from Large White and Hampshire-sired pigs. *Meat Sci.* 70:699-707.
- Stites, C. R., F. K. McKeith, S. D. Singh, P. J. Bechtel, D. J. Jones, and D. H. Mowrey. 1994. Palatability and visual characteristics of hams and loin chops from swine treated with ractopamine hydrochloride. *J. Muscle Foods.* 5:367–376.
- Stoller, G. M., H. N. Zerby, S. J. Moeller, T. J. Bass, C. Johnson, and L. E. Watkins. 2003. The effects of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetics lines of swine. *J. Anim. Sci.* 81:1508-1516.
- Stone, H. and Sidel, J. L. 1993. *Sensory evaluation practices*. 2nd ed. London: Academic Press.
- Wierbiecki, E., and Deatherage, F. E. 1958. Determination of Water-Holding Capacity of Fresh Meats. *J. Agric. Food Chem.* 6:387-392.
- Zamaratskaia, G., H. K. Andersson, G. Chen, K. Andersson, A. Madej, and K. Lundström. 2008. Effect of a gonadotropin-releasing hormone vaccine (Improvac) on steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs. *Reprod. Domest. Anim.* 43:351–359.

## CAPÍTULO 3

### **ARTIGO 2: IMUNOCASTRACÃO E RACTOPAMINA NA QUALIDADE DE LOMBOS SUÍNOS MELHORADOS (ENHANCEMENT) COM SAL E TRIPOLIFOSFATO**

O artigo a seguir está redigido de acordo com as normas para publicação na revista *Pesquisa Agropecuária Brasileira* – PAB/EMBRAPA – ISSN 0100-204X impressa.



**Imunocastração e ractopamina na qualidade de lombos suínos melhorados  
(*enhancement*) com sal e tripolifosfato**

Andréia Fernanda Silva Iocca<sup>(1,2)</sup>, Daniel Silva Lucas<sup>(3)</sup> Daiane Aparecida Fausto<sup>(4)</sup>, Eduardo Francisquine Delgado<sup>(4)</sup>, Simone Fernanda Nedel Pértile<sup>(4)</sup>, <sup>(2)</sup>Natália Soares Janzantti, Expedito Tadeu Facco Silveira<sup>(5)</sup> (*in memoriam*)

**Resumo:** O objetivo foi determinar o efeito da ractopamina (RAC) e da imunocastração em suínos na qualidade do lombo melhorado (*enhancement*) com solução de salmoura contendo tripolifosfato de sódio e sal. Foram selecionados 30 lombos de suínos da linhagem genética Topigs® entre fêmeas (GT), machos fisicamente castrados (CM) e machos imunocastrados (IM) com dieta de terminação contendo 7.5ppm ractopamina (RAC) ou sem ractopamina (CON) por 21 dias  $\pm 2$  antes do abate. Os lombos foram processados e avaliados quanto ao pH, cor, rendimento de injeção, perda de peso por exsudação (PPE), perda de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (KgF/cm<sup>2</sup>), composição centesimal, análise microbiológica e análise sensorial. Não houve interação entre sexo e RAC nas características de qualidade do lombo suíno *in natura*. O pH do lombo suíno *in natura* 24h após o abate ( $P > 0,05$ ) foram semelhantes, mas a adição de RAC na dieta aumentou a força de cisalhamento nos lombos *in natura* ( $P < 0,05$ ). Não houve efeito do sexo nem de RAC no rendimento do processo de *enhancement* na PPE e no teor proteico ( $P > 0,05$ ) dos lombos suínos melhorados e IM teve menor PPC ( $P < 0,05$ ). CON teve maior umidade que RAC. O *enhancement* melhora a maciez dos cortes. RAC e a imunocastração proporcionam lombos melhorados com maior intensidade  $a^*$  e  $L^*$  e tão macia quanto aos demais tratamentos. Os consumidores não percebem diferença na aparência e textura entre os tratamentos, o que indica que o processamento *enhancement* padroniza os lombos suínos.

Termos para indexação: marinação por injeção, tripolifosfato de sódio, gonadotropina, agonista  $\beta$ -adrenérgico, bem-estar animal, qualidade de carne.

## **Immunocastration and ractopamine in enhanced pork loin quality with salt and tripolyphosphate**

**Abstract:** The objective was to determine the effect of ractopamine (RAC) and immunocastration in pork loin quality enhanced (enhancement) with brine solution containing salt and sodium tripolyphosphate. 30 pork loins Topigs® line sires among females (FE), physically castrated males (CM) and immunocastrated males (IM) with diet containing 7.5ppm termination ractopamine (RAC) or without ractopamine (CON) for 21 days  $\pm$  2 before slaughter were selected. The loins were processed and evaluated as regards pH, color instrumental, yield injection, purge loss (PPE), cooking loss (PPC), shear force (KgF/cm<sup>2</sup>), chemical composition, microbiological analysis and sensory analysis. There was no interaction between sex and RAC in parameters evaluated of fresh pork loin. The pH of fresh pork loin 24h after slaughter ( $P > 0.05$ ) were similar, but the addition of RAC in the diet increased the shear force at fresh loins ( $P < 0.05$ ). No effect of sex or RAC process yield enhancement of the PPE and protein content ( $P < 0.05$ ) improved the pork loins and IM had lower PPC ( $P < 0.05$ ). CON had higher moisture than RAC. The enhancement improves the smoothness of the cuts. RAC and immunocastration provides loins enhanced with more red, light, and as soft as the other treatments. Consumers do not realize the difference in appearance and texture among treatments, indicating that the enhancement processing standardizes cuts.

Terms index: Marination by injection, sodium tripolyphosphate, gonadotropin,  $\beta$ -adrenergic agonist, animal welfare, meat quality.

### **Introdução**

A carne suína tem grande participação como matéria prima em produtos cárneos com 75% da produção mundial destinada a industrialização. Preferida pelos europeus, com consumo superior a 40 kg/per capita/ano, e também, pelos chineses, 37 kg/per capita/ano (Pork Check-Off, 2013). No Brasil, o consumo da carne suína ainda é baixo, cerca de 15 kg/per capita/ano, mas a produção nacional estimada para 2014 é de 3,4 milhões de toneladas (CONAB, 2013),

aquecida principalmente pelo aumento da população e pela demanda do mercado internacional.

Para acompanhar esse crescimento, a suinocultura moderna utiliza novos modelos de produção, através de pesquisas na área de genética e nutrição aplicadas ao sistema de produção, dentre essas tecnologias tem-se a imunocastração e o uso da ractopamina (RAC).

A imunocastração, advém da demanda do mercado consumidor por alimentos de origem animal que atendam aos requisitos de bem estar animal (Prunier et al., 2006) sendo uma alternativa para a castração física sem anestesia. Os animais machos são mantidos inteiros (sem castração) até 8 semanas antes do abate quando recebem uma vacina indolor, que inibe o hormônio liberador de gonadotropina (GnRH), reduzindo a secreção de compostos responsáveis pelo odor sexual. Já a RAC é um agonista  $\beta$ -adrenérgico análogo dos hormônios naturais catecolaminas e tem sido utilizada na alimentação de suínos como aditivos repartidores de energia, pelo aumento da síntese muscular (Rikard-Bell et al., 2009) e da lipólise.

A maioria dos estudos relacionados a RAC ou imunocastração são direcionados aos efeitos destas tecnologias no desempenho zootécnico, qualidade da carcaça e/ou da carne suína (Xiong et al., 2006; Hinson et al., 2011; Kutzler et al., 2011; Athayde et al., 2012; Caldara et al., 2013), outros analisaram a interação destas tecnologias no desempenho e qualidade de carcaça (Rikard-Bell et al., 2009; Lanferdini et al., 2013). Há poucos trabalhos direcionados às possíveis alterações que estes compostos podem causar na qualidade de produtos melhorados por injeção como Fernández-Dueñas et al. (2008) e Boler et al. (2011) com presuntos cozidos e Tavárez et al. (2012) em bacon.

O *enhancement* (melhoria, incremento) é uma tecnologia emergente de processamento, e já possui consumidores adeptos como nos EUA, onde mais de 60% da carne suína consumida é *enhancement*. A técnica consiste em injetar uma solução de salmoura com baixa concentração de sais e fosfatos na carne *in natura* para aumentar a retenção de fluidos durante o cozimento do produto aprimorando os atributos sensoriais, como suculência e maciez (Sheard et al., 1999). Considerando que não há relatos científicos sobre o efeito da RAC e da imunocastração sobre a qualidade da carne suína processada com a tecnologia *enhancement*, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da RAC na dieta de suínos machos castrados fisicamente, fêmeas e machos imunocastrados sobre a qualidade de lombo suíno melhorado.

## **Material e Métodos**

O estudo foi conduzido entre os meses de junho de 2010 a junho de 2011, inicialmente em duas granjas comerciais, a primeira responsável pela cria e recria, localizada na cidade de Itu/SP (23°15'51" latitude Sul e 47°17'57" longitude Oeste e, 583m altitude) e a segunda, responsável pela engorda (terminação), localizada a 300km de distância na cidade de Fartura/SP (23°23'18" latitude Sul e 49°30'36" longitude Oeste e, 516m altitude). Todos os protocolos e procedimentos seguidos estavam de acordo com os princípios éticos de experimentação com animais, bem como dos princípios éticos de experimentação com seres humanos (ANEXOS A e B).

### **Manejo animal**

Foram selecionados, inicialmente 450 leitões, machos (n=300) e fêmeas (n=150) com até 01 (um) dia de vida de linhagem comercial - Tempo, macho x Topigs 40, fêmea, desenvolvida pela Topigs® para alta prolificidade, aumento de conversão alimentar e diminuição de carne magra (APÊNDICE B). Na fase maternidade (0 a 21 dias de vida) metade dos suínos machos foi castrado fisicamente sem anestesia aos 05 (cinco) dias de vida (n=150) e a outra metade mantida como suíno não castrado (n=150), as fêmeas foram mantidas intactas. Ao atingirem 70 dias de vida, os animais foram transferidos para a segunda granja, responsável pela terminação dos animais.

Na fase produtiva correspondente à terminação (70 a 175 dias de vida) os machos não castrados foram submetidos à imunocastração (Vivax® - Pfizer Saúde Animal) em duas doses (2,0mL) - 8 e 4 semanas antes do abate. Nesta mesma fase, foi incluída ractopamina (RAC, 7,5ppm, Ractosuín® - Ourofino Agronegócio) na ração de metade dos animais durante 21 dias  $\pm$ 2 antes do abate, na dieta convencional à base de milho e soja formuladas com 16% de proteína e 0,91% de lisina, totalizando 6 (seis) tratamentos (n=40). Os animais foram agrupados por condição sexual - fêmeas (FE), machos fisicamente castrados (CF) e imunocastrados (IM) - e RAC (7,5 ppm) e sem suplementação (CON) na fase de terminação (FE-RAC, CF-RAC, IM-RAC, FE-CON, CF-CON e IM-CON).

### **Abate, coleta de amostras e delineamento experimental**

A condução dos animais e a técnica de abate utilizada seguiram os padrões de abate humanitário adotados comercialmente por um frigorífico brasileiro registrado no Serviço de

Inspeção Federal. Os animais foram abatidos quando atingiram média de peso vivo de 115kg. O jejum pré-abate adotado nesse experimento consistiu de 12 horas na granja e 4 a 6 horas no abatedouro Frigorífico.

Fundamentados no peso de carcaça quente e espessuras de toucinho e músculo, avaliados pela instrumentação ótica de tipificação eletrônica (Heness Grading Probe), foram selecionados 05 suínos de cada tratamento. Foi aplicado um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 (três) (castração física, imunocastração e fêmeas) por 2 (dois) (com e sem ractopamina), por 5 (cinco) repetições por tratamento, tendo como unidade experimental o lombo (*m. longissimus dorsi* - LM) de cada animal, compreendido entre a primeira vértebra torácica (T1) e a sexta vértebra lombar (L6) de meia carcaça suína direita retirado após 24h de resfriamento da carcaça à 2°C. Os lombos desossados foram embalados à vácuo e armazenados sob congelamento (-31°C) até posterior processamento.

#### **Processamento por injeção - *Enhancement***

Os lombos foram descongelados em câmara fria de 6°C por 48h. O processamento foi realizado em sala climatizada à temperatura de até 12°C. Os ingredientes utilizados na formulação da salmoura de injeção foram: tripolifosfato de sódio (Na<sub>5</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub>, INS n°. E451i, PM 367.9, Thermphos International B.V., Holanda) para 0,45% no produto final e sal comum (NaCl) para 0,75% no produto final. Os ingredientes foram pesados individualmente. A água para preparo da salmoura para injeção foi utilizada à temperatura máxima de 4°C. Os ingredientes foram misturados à água sob agitação mecânica contínua dentro do reservatório da injetora.

Os lombos descongelados foram pesados e em seguida com o auxílio de uma injetora multiagulhas (72 agulhas com 3,00mm Ø, injetora Intermec modelo AMF 300 fabricante Intermec Ind., São Caetano do Sul, SP) ajustada para 30lb pressão, foram injetados com solução de salmoura, equivalente a cerca de 10% do peso inicial do lombo. Em seguida, foi realizado o massageamento em *tumbler* a vácuo (15 min/10 rpm), e novamente as peças foram pesadas para determinar a porcentagem de rendimento de injeção.

Após a etapa de *enhancement*, cada peça foi porcionada em 3 partes, embaladas a vácuo, pesadas, codificadas e armazenadas por 72h, em câmara fria a 2°C±1 para equalização. As amostras foram armazenadas a 4°C±1 para posterior realização das análises.

A carne *in natura* e a carne injetada após equalização foram analisadas quanto a composição centesimal (umidade, proteínas e lipídeos) de acordo com protocolo descrito pela AOAC (2005); a determinação do pH da carne *in natura* (pH 24h) e na carne melhorada, foi realizada por pHmetro Digimed modelo DM21 com eletrodo de punção direta.

A determinação da perda de peso por exsudação (PPE) foi feita por diferença de peso das amostras porcionadas antes e após equalização de acordo com Honikel (1987). A perda de peso por cocção (PPC) dos cortes melhorados foram determinadas através da pesagem de bifes de lombo injetado (5 bifes de 2,5 cm), antes e após a cocção em chapa elétrica pré-aquecida a 220°C até atingir temperatura interna de 72,5°C.

Foi realizada a avaliação da cor da carne *in natura* e enhancement pelo sistema CIE L\*(luminosidade), a\* (verde-vermelho), b\* (azul-amarelo), além do ângulo de tonalidade (Hue) e índice de saturação (Chroma) conforme equações 2 e 3, respectivamente. Foram mensurados em 3 pontos aleatórios em cada amostra (5 bifes de 2,5 cm/tratamento) expostas ao ambiente por 15 minutos antes das leituras, através do colorímetro portátil Minolta Chromameter CR-200b (Minolta Camera Company, Osaka, Japão), utilizando iluminante D65, no ângulo de observação 10° e calibrado com azulejo branco.

$$\text{Equação 2: Chroma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$\text{Equação 3: Hue} = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

Após a análise de PPC as amostras grelhadas foram resfriadas até temperatura ambiente (25°C), retirados cilindros (1,27 cm Ø) de cada repetição (n=5) para análise instrumental de textura por força de cisalhamento, com equipamento TA-XT2i Stable Micro Systems Ltda. e probe Warner Bratzler. O equipamento foi calibrado com peso padrão rastreável de 5kg. A velocidade de descida do dispositivo foi de 2 mm/seg. A determinação foi realizada sob temperatura ambiente, sendo considerada como valor final a média das leituras expressas em kgf/cm<sup>2</sup>.

Foram realizadas as análises de *Salmonella* sp. (ausência em 25 g) e coliformes termotolerantes 45°C/g (com tolerância de contagem a 10<sup>4</sup>), além de contagem de estafilococos coagulase positiva (não obrigatório para este tipo de produto) nos lombos melhorados de acordo com a resolução da Anvisa - RDC n° 12 (BRASIL, 2001) para o grupo de alimentos carnes cruas preparadas, bovinas, suínas e de outros mamíferos, refrigeradas ou

congeladas, temperadas. As análises foram realizadas a fim de garantir a segurança microbiológica dos produtos para posterior análise sensorial.

As avaliações sensoriais foram conduzidas para a carne melhorada por injeção crua e grelhada com 31 consumidores regulares de carne suína, julgadores não treinados, de ambos os sexos, com idade entre 21 a 58 anos, estudantes de graduação de Engenharia de Alimentos e funcionários do Instituto de Tecnologia em Alimentos.

Um teste de aceitação para o atributo aparência foi realizado pelos consumidores para as amostras das carnes melhoradas cruas embaladas a vácuo. As embalagens foram apresentadas em *display* comercial refrigerado ( $4^{\circ}\text{C}\pm 1$ ) simulando aparência na gôndola do supermercado. Os mesmos consumidores avaliaram a aceitação sensorial da carne melhorada grelhada quanto aos atributos aparência, odor, textura, sabor e impressão global, além da intenção de compra. Foram servidos aos consumidores 2 pedaços de carne grelhada (2,0 cm x 2,0 cm x 2,5 cm) por tratamento.

Nos testes de aceitação utilizou-se escala hedônica de 9 pontos (9=gostei muitíssimo; 8=gostei muito; 7=gostei moderadamente; 6=gostei ligeiramente; 5=nem gostei nem desgostei; 4=desgostei ligeiramente; 3=desgostei moderadamente; 2=desgostei muito; 1=desgostei muitíssimo) e para intenção de compra, a escala de 5 pontos (1=certamente não compraria este produto; 2=provavelmente não compraria este produto; 3=talvez comprasse, talvez não comprasse; 4=provavelmente compraria este produto; 5=certamente compraria este produto). As amostras, codificadas com número de três dígitos, foram apresentadas aos consumidores em blocos completos casualizados, de forma monádica. Foram oferecidos água potável e bolacha sem sal para a limpeza do palato entre as amostras (Stone; Sidel, 1993).

As análises sensoriais foram realizadas em cabines individuais equipadas com computadores. Os dados foram coletados por meio de computadores equipados com software Compusense 4.2 versão 5 (Compusense Inc., Guelph, Ontario, Canada).

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com esquema fatorial de tratamentos  $3 \times 2$ . Assim, os efeitos fixos considerados foram sexo/castração (FE, CF e IM) e dieta convencional e com ractopamina a 7,5ppm (CON e RAC, respectivamente) e a interação entre os dois tratamentos, e o modelo estatístico utilizado foi:  $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$  em que  $Y_{ijk}$  é o valor da variável de qualidade da carne na condição sexual suplementado com nível de RAC  $j$  na  $k$ -ésima repetição;  $\mu$  é uma constante (média geral);  $\tau_i$  é o efeito da

condição sexual  $i$ ;  $\beta_j$  é o efeito da suplementação com RAC  $j$ ;  $(\tau\beta)_{ij}$  é o efeito da interação entre  $\tau_i$  e  $\beta_j$  e  $\epsilon_{ijk}$  é o componente do erro aleatório residual. Os dados foram submetidos à análise de variância sob o método de máxima verossimilhança (REML), por meio do procedimento PROC MIXED do software SAS (2009). Os resíduos atenderam as pressuposições de normalidade e homogeneidade de variância. Os tratamentos e interações que tiveram efeito significativo pelo teste F ( $P < 0.05$ ) tiveram suas médias analisadas por meio do teste de Tukey, a 5% de significância.

### Resultados e Discussão

Não houve interação entre sexo e RAC nas características de qualidade do lombo suíno *in natura* nos parâmetros pH 24h, textura (força de cisalhamento) e cor instrumental ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Chroma e Hue), portanto apenas os principais efeitos são apresentados (Tabela 1). O pH do lombo suíno fresco 24h após o abate ( $P > 0,05$ ) foram semelhantes entre as condições sexuais com ou sem RAC. Xiong et al. (2006) também encontraram valores de pH<sub>24h</sub> semelhantes entre suínos (fêmeas e machos castrados) com ou sem RAC (20ppm) na dieta de terminação (5,39 e 5,38, respectivamente). Do mesmo modo, outros autores também não encontraram diferença no pH 24h do LM entre suínos castrados e fêmeas com ou sem RAC (Gispert et al., 2010; Hinson et al., 2011; Kutzler et al., 2011; Athayde et al., 2012). Já, Carr et al. (2005) relataram maiores valores de pH em LM de suínos alimentados com RAC.

A adição de RAC na dieta aumentou a força de cisalhamento nos lombos *in natura* ( $P < 0,05$ ) em relação ao CON. Para a condição sexual ( $P < 0,05$ ) CF tiveram lombos mais macios, seguidos de FE e IM. Do mesmo modo outros autores também relataram valores de força de cisalhamento mais elevados em carne de suínos alimentados com RAC (Xiong et al., 2006; Leonardo, 2008; Fernández-Dueñas et al., 2008; Athayde et al., 2012). Estudos mostram que a RAC altera a proporção de fibras musculares, em especial a miosina de cadeia pesada, e o efeito de repartição induzida por agonistas  $\beta$ -adrenérgicos é, em parte, mediada pela alteração da expressão de genes específico para o tipo de fibra muscular através do receptor B (Gunawan et al., 2007). Essas modificações alteram a qualidade da carne, especialmente da maciez, pois a RAC age sobre a expressão de isoformas de calpastatina (Leonardo, 2008) um



inibidor natural do processo de amaciamento da carne, reduzindo a maciez da carne através da diminuição da proteólise *post mortem* (Xiong et al., 2006).

**Tabela 1.** Efeito do sexo (S) e da ractopamina (R) na dieta nos parâmetros físico-químicos, cor e textura instrumental no lombo suíno *in natura*.

Parâmetros	Sexo <sup>1</sup>			RAC <sup>2</sup>			<i>P</i> -valor		
	FE	CF	IM	0	7,5	CV%	S	R	S x R
pH24h	5,38	5,37	5,37	5,36	5,39	1,26	0,91	0,19	0,83
Maciez (Kgf) <sup>3</sup>	3,50 <sup>ab</sup>	3,30 <sup>b</sup>	3,68 <sup>a</sup>	3,37 <sup>b</sup>	3,62 <sup>a</sup>	13,51	0,04	0,04	0,92
L*	47,88	48,39	47,78	48,02	48,01	4,46	0,82	0,99	0,95
a*	6,85	7,30	7,38	7,26	7,09	12,39	0,37	0,59	0,26
b*	0,94	1,62	1,41	1,42	1,22	73,45	0,32	0,58	0,65
Chroma	6,91	7,48	7,51	7,40	7,19	13,65	0,36	0,68	0,29
Hue (h°)	7,81	12,51	10,82	11,07	9,76	69,22	0,40	0,53	0,61

<sup>a-b</sup> Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si ( $P > 0,05$ ). <sup>1</sup>FE: fêmea; CF: macho castrado fisicamente; IM: macho imunocastrado. <sup>2</sup>RAC: 0 ppm ractopamina na dieta ou 7,5 ppm de ractopamina na dieta. <sup>3</sup>Kgf = medida de força de cisalhamento do lombo grelhado *in natura*.

Neste estudo os parâmetros de cor instrumental não diferiram entre os sexos e RAC para carne *in natura*. Fernández-Dueñas et al. (2008) e Boler et al. (2011) também concluíram que não houve diferença dos parâmetros CIE Lab entre *m. semimembranosus* (SM) de suínos alimentados com ou sem RAC. Athayde et al. (2012) encontraram diferença apenas para o parâmetro de a\* entre LM de suínos que consumiram ou não RAC na dieta.

Na tabela 2 são apresentados os dados de rendimento, PPE, PPC e composição centesimal. Não houve efeito do sexo nem de RAC no rendimento do processo de enhancement ( $P > 0,05$ ) e na PPE ( $P > 0,05$ ) dos lombos suínos, ou seja, para esta linhagem genética, a condição sexual e a suplementação com RAC na dieta não influencia na capacidade de retenção de água injetada no interior da carne e o pH semelhante nos lombos *in natura* dentre os tratamentos proporcionou equalização da salmoura injetada. Entretanto, para a variável PPC foi detectado efeito entre as condições sexuais ( $P < 0,05$ ), onde IM teve menor perda de peso após o

cozimento (o que promove a manutenção da suculência e maciez), semelhantes a CF e com maior perda para FE.

O aprimoramento na suculência e maciez de carnes melhoradas por injeção de salmoura ocorre devido a propriedade de retenção de água da carne. Os ingredientes utilizados modificam a estrutura miofibrilar, em especial o tripolifosfato, que se ligam às proteínas miofibrilares, aumentando a repulsão de cargas entre os miofilamentos e facilitando a remoção de proteínas miofibrilares transversais que podem atuar como restrições estruturais à extração da miosina.

A expansão dos miofilamentos reticulados permitem que a água injetada se ligue por força iônica formando uma matriz de gel viscoelástico que contribui para manutenção da água no interior da carne (Xiong, 2005).

O sexo influenciou na perda de PPC de lombos injetados com salmoura contendo tripolifosfato. Um estudo anterior realizado com lombos marinados com 5% de tripolifosfato na salmoura, também evidenciou que os machos apresentaram menor PPC (bifes grelhados até 72,5°C) que as fêmeas (Sheard et al., 1999).

Na análise de composição centesimal, os teores de proteína ( $P > 0,05$ ) foram semelhantes entre os tratamentos, contudo houve efeito de RAC no teor de umidade dos lombos melhorados ( $P < 0,05$ ), onde os tratamentos CON tiveram maior umidade que os com RAC. Houve interação de sexo e RAC para os teores de lipídeos ( $P = 0.0009$ ). O tratamento CF-CON teve maior teor lipídico (3,39 %), para IM-CON (2,56 %) e FE-CON (2,02 %) os valores foram semelhantes.

Para os tratamentos suplementados com RAC houve comportamento diferenciado, FE-RAC (4,85 %) teve maior porcentagem lipídica que IM-RAC (3,70 %) e CF-RAC (3,78 %).

Neste estudo os tratamentos com RAC obtiveram maiores teores lipídicos que CON. Caldara et al. (2013), avaliando qualidade de lombo suíno de fêmeas, castrados fisicamente e imunocastrados, não encontraram diferença nos teores de proteína, umidade e lipídeos. Já Boler et al. (2011) encontraram interação de RAC e sexo (machos castrados e fêmeas) para teor de umidade e proteína no presunto cozido e efeito de RAC para teor de lipídios.

**Tabela 2.** Efeito do sexo (S) e da ractopamina (R) na dieta nos parâmetros de rendimento, perda de peso por exsudação (PPE), perda de peso por cocção (PPC) e composição centesimal dos lombos suínos melhorados.

Parâmetros	Sexo <sup>1</sup>			RAC <sup>2</sup>		CV%	<i>P</i> -valor		
	FE	CF	IM	0	7,5		S	R	S x R
Rendimento (%)	88,01	87,84	88,30	87,65	88,45	1,78	0,17	0,80	0,30
PPE (%)	0,58	0,57	0,76	0,66	0,61	46,06	0,54	0,76	0,82
PPC (%)	22,35 <sup>a</sup>	20,51 <sup>ab</sup>	18,84 <sup>b</sup>	20,01	21,12	14,59	0,04	0,31	0,66
Proteína (%)	19,42	20,51	20,01	19,91	20,05	7,02	0,33	0,81	0,43
Umidade (%)	74,46	74,19	74,70	74,81 <sup>a</sup>	74,09 <sup>b</sup>	1,03	0,33	0,02	0,27

<sup>a-b</sup> Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si ( $P > 0,05$ ). <sup>1</sup>FE: fêmea; CF: macho castrado fisicamente; IM: macho imunocastrado. <sup>2</sup>RAC: 0 ppm ractopamina na dieta ou 7,5 ppm de ractopamina na dieta.

Do mesmo modo, Tavárez et al. (2012), trabalhando com cortes dianteiros (para produção de bacon e copa), encontraram diferença entre RAC e sexo (machos castrados e fêmeas) no teor de umidade e gordura e efeito de sexo para proteína (bacon) e para copa interação entre RAC e sexo para lipídeos, efeito de sexo para umidade e sem efeito para proteína. Costa-Lima et al. (2014), no estudo com salsichas cozidas, apresentaram efeito de RAC para teor de proteína e interação entre sexo (machos imunocastrados, castrados fisicamente e fêmeas) e RAC para lipídeos e umidade. Demonstrando que a composição centesimal varia de acordo com o corte utilizado como matéria-prima, bem como do tipo de processamento.

As interações entre sexo e RAC decorrentes dos parâmetros pH, cor e textura instrumental do lombo suíno melhorado são apresentados na Tabela 3. IM-CON e CF-CON tiveram valores de pH final, após equalização dos lombos melhorados, maiores quando comparados a FE-CON.

O pH final dos tratamentos com RAC tiveram comportamento diferente, onde FE-RAC teve pH superior, seguido de CF-RAC e IM-RAC. A elevação de pH em carnes melhoradas é natural uma vez que a salmoura de injeção aplicada possui pH alcalino (8,4) devido sua composição (NaCl e STTP), isso desloca o ponto isoelétrico, favorecendo a retenção de água natural ou injetada no interior da carne, melhorando a maciez e suculência (Sheard et al., 2005) após a cocção. A RAC influenciou na alteração de pH entre as condições sexuais.

**Tabela 3.** Efeito do sexo (S)<sup>1</sup> e da ractopamina na dieta (R)<sup>2</sup> no pH, cor e textura instrumental dos lombos suínos melhorados.

Parâmetros	CON			RAC			CV%	<i>P</i> -valor		
	FE	CF	IM	FE	CF	IM		S	R	S x R
pH	5,67 <sup>c</sup>	5,79 <sup>b</sup>	5,75 <sup>b</sup>	5,9 <sup>a</sup>	5,75 <sup>b</sup>	5,67 <sup>c</sup>	1,50	<,0001	0,003	<,0001
L*	40,68 <sup>b</sup>	43,80 <sup>a</sup>	37,38 <sup>c</sup>	36,76 <sup>c</sup>	38,63 <sup>bc</sup>	40,95 <sup>b</sup>	6,49	<,0001	0,001	<,0001
a*	3,71 <sup>ab</sup>	2,39 <sup>c</sup>	4,60 <sup>a</sup>	4,64 <sup>a</sup>	3,90 <sup>ab</sup>	3,39 <sup>a</sup>	22,25	0,001	0,026	<,0001
b*	1,51 <sup>a</sup>	1,97 <sup>a</sup>	1,30 <sup>b</sup>	1,19 <sup>b</sup>	1,24 <sup>b</sup>	1,66 <sup>a</sup>	27,07	0,45	0,167	0,046
Chroma	4,01 <sup>abc</sup>	3,10 <sup>c</sup>	4,78 <sup>a</sup>	4,79 <sup>a</sup>	4,09 <sup>ab</sup>	3,77 <sup>bc</sup>	16,24	0,003	0,138	0,001
Hue (h°)	22,15 <sup>b</sup>	39,5 <sup>a</sup>	15,78 <sup>b</sup>	14,38 <sup>b</sup>	17,64 <sup>b</sup>	26,09 <sup>ab</sup>	34,45	0,014	0,021	0,001
Maciez (kgf)	2,96 <sup>ab</sup>	2,74 <sup>b</sup>	2,19 <sup>c</sup>	2,88 <sup>ab</sup>	3,07 <sup>ab</sup>	3,30 <sup>a</sup>	17,36	0,252	<,0001	<,0001

<sup>a-c</sup> Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si ( $P>0,05$ ). <sup>1</sup>FE: fêmea; CF: macho castrado fisicamente; IM: macho imunocastrado. <sup>2</sup>CON: 0 ppm ractopamina na dieta e RAC: 7,5 ppm de ractopamina na dieta. <sup>3</sup>pH após 72h de equalização.

A luminosidade (L\*) da carne suína foi influenciada pela adição de RAC na dieta onde IM-RAC teve maior luminosidade, semelhante a CF-RAC, caracterizando lombos mais brilhantes e claros, e FE-RAC com lombo mais escuro (40,95, 38,63 e 36,76, respectivamente).

Os polifosfatos e o sal presentes na salmoura alteram a coloração de músculos injetados pois quelam íons metálicos, como o ferro, contido na mioglobina (Sheard et al., 2005) promovendo escurecimento da carne. Os tratamentos (IM-RAC, CF-RAC e FE-RAC) tiveram valores de a\* semelhantes. Apesar de IM-RAC ter apresentado índice de saturação de vermelho (Chroma) abaixo dos demais tratamentos com RAC, esta suplementação na dieta de terminação uniformizou a tonalidade (h°) dos cortes nas diferentes condições sexuais. Entretanto para IM-CON e FE-CON foram encontrados lombos melhorados com maior valor de a\* e mais avermelhados (Chroma e h°) enquanto CF-CON apresentou lombos mais amarelados (b\* e h°).

Na interação entre sexo e RAC ( $P<0,05$ ) para a textura instrumental, FE-CON resultou em maior força de cisalhamento, seguido de CF-CON, e IM-CON foi o tratamento com maior maciez. Entre IM-RAC, CF-RAC e FE-RAC os valores de força de cisalhamento foram semelhantes, a RAC uniformizou a maciez dos cortes. O *enhancement* promoveu a

diminuição da força de cisalhamento dos lombos suínos para todos os tratamentos, e equalizou a maciez dentre os tratamentos, exceto para IM.

Todos os tratamentos apresentaram contagem microbiológica inferior ao limite permitido pela legislação, garantindo a segurança alimentar dos consumidores na análise sensorial com ausência de *Salmonella* sp.; baixa contagem para Estafilococos coagulase positiva (<1,0 UFC/g); contagem de coliformes totais a 3,04 (Log NMP/g) e coliformes termotolerantes a 45°C com contagem inferior a <0,48 LogNMP/g, indicando que as boas práticas de manipulação durante o processamento de industrialização e armazenamento foram adotadas corretamente.

Na avaliação sensorial 93,55% dos consumidores (67,7% mulheres e 32,3% homens) declararam ser consumidores de carne suína, destes 42% com consumo semanal, sendo o lombo a carne *in natura* mais consumida (35,48%). Dentre os consumidores 61,3 % tinham entre 21 e 28 anos.

Os dados da análise sensorial com consumidores estão apresentados nas Tabelas 4 e 5. Houve interação de sexo e RAC na aparência ( $P<0,05$ ) e no odor ( $P<0,05$ ) do produto grelhado na ANOVA, contudo, não foi encontrado esta diferença na análise de comparação de médias utilizada neste estudo (Tukey). Quando questionados quanto a intenção de compra os consumidores informaram que provavelmente comprariam o tratamento CF-CON (4,19), sendo indiferentes para FE-CON (3,16) e IM-CON (3,32). Entre os tratamentos IM-RAC, CM-RAC e FE-RAC não houve diferença.

Houve ainda, efeito de sexo ( $P<0,05$ ) nos atributos sabor e aceitação global e intenção de compra, onde CF teve melhor aceitação em todos estes atributos e FE e IM tiveram valores mais baixos, mas semelhantes entre si.

Sheard et al. (1999) na análise sensorial feita com lombos marinados com 5% de tripolifosfato os julgadores relataram que as fêmeas apresentaram cortes mais macios que machos. Pauly et al. (2010) relataram que não encontraram diferença entre lombos *in natura* de suínos castrados e imunocastrados quanto a odor, sabor e maciez, mas os lombos oriundos de suínos castrados foram mais suculentos que de imunocastrados em análise sensorial com equipe treinada. Da mesma forma Caldara et al. (2013) não encontraram diferença entre os atributos sensoriais estudados (odor, aparência, maciez e sabor) para lombos *in natura* oriundos de fêmeas, castrados e imunocastrados.

**Tabela 4.** Efeito do sexo (S)<sup>1</sup> e da ractopamina (R)<sup>2</sup> nos atributos sensoriais dos lombos suínos melhorados.

Atributos	COM			RAC			CV%	<i>P</i> -valor		
	FE	CF	IM	FE	CF	IM		S	R	S x R
Aparência <sup>3</sup>	7,61	8,03	7,68	7,68	7,36	7,43	14,80	0,7879	0,0858	0,1851
Aparência <sup>4</sup>	6,90	7,36	7,42	7,52	7,00	6,61	19,54	0,7034	0,3660	0,0149
Odor	6,32	7,48	6,45	6,94	6,49	6,39	26,53	0,1940	0,5575	0,0379
Sabor	6,10	7,36	6,00	6,52	6,81	6,42	28,34	0,0155	0,7173	0,2346
Textura	6,58	7,42	6,74	7,19	7,42	7,00	20,73	0,0588	0,1733	0,4979
Aceitação global	6,16	7,26	6,16	6,87	7,03	6,61	25,14	0,0255	0,1992	0,2674
Intenção de compra	3,16 <sup>b</sup>	4,19 <sup>a</sup>	3,32 <sup>b</sup>	3,77 <sup>ab</sup>	3,87 <sup>ab</sup>	3,52 <sup>ab</sup>	28,62	0,0009	0,2708	0,0344

<sup>a-b</sup> Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si ( $P > 0,05$ ). <sup>1</sup>FE: fêmea; CF: macho castrado fisicamente; IM: macho imunocastrado. <sup>2</sup>CON: 0 ppm ractopamina na dieta ou RAC: 7,5 ppm de ractopamina na dieta. <sup>3</sup>Aparência do lombo suíno melhorado cru embalado a vácuo; <sup>4</sup>Aparência do lombo suíno melhorado grelhado.

**Tabela 5.** Efeito do sexo nos atributos sensoriais do lombo suíno melhorado grelhado.

Atributos	Sexo <sup>1</sup>			CV%	<i>P</i> -valor
	FE	CF	IM		S
Aparência	7,21	7,18	7,02	14,08	0,7034
Odor	6,63	6,98	6,42	17,45	0,1940
Sabor	6,31 <sup>b</sup>	7,08 <sup>a</sup>	6,21 <sup>b</sup>	16,50	0,0155
Textura	6,89	7,42	6,87	13,07	0,0588
Aceitação global	6,52 <sup>ab</sup>	7,15 <sup>a</sup>	6,39 <sup>b</sup>	10,08	0,0255
Intenção de compra	3,47 <sup>b</sup>	4,03 <sup>a</sup>	3,42 <sup>b</sup>	15,89	0,0009

<sup>a-b</sup> Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si ( $P > 0,05$ ). <sup>1</sup>FE: fêmea; CF: macho castrado fisicamente; IM: macho imunocastrado.

## Conclusões

1. Para lombos suínos *in natura* da linhagem comercial Topigs®, há efeito de RAC e de sexo apenas na força de cisalhamento, onde os tratamentos com RAC e a imunocastração têm lombos menos macios.
2. A RAC e a imunocastração não influenciam no rendimento, na PPE e no teor de proteína. A imunocastração diminui a PPC. A RAC e a imunocastração propiciam lombos melhorados com coloração mais vermelha e brilhante e tão macia quanto aos demais tratamentos.
3. Os consumidores não percebem diferença na aparência e textura entre os tratamentos, o que denota que o processamento *enhancement* padroniza os cortes. De modo global, os consumidores gostam mais dos lombos oriundos de IM, uma vez que obtiveram mesma pontuação que FE. A intenção de compra é semelhante entre os tratamentos com RAC.
4. Considerando que mais de 75% da carne suína consumida no mundo é industrializada, deve-se adotar dietas específicas por condição sexual para melhorar a qualidade da carne suína destinada ao processo de industrialização por injeção de salmoura.

## Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 1995. **Official Methods of Analysis**. 16<sup>a</sup> ed. AOAC, Washington, DC.
- ATHAYDE, N.B.; DALLA COSTA, O.A.; ROÇA, R.O.; GUIDONE, A.L.; LUDTKE, C.B.; LIMA, G.J.M.M. Meat quality of swine supplemented with ractopamine under commercial conditions in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 4604–4610, 2012.
- BOLER, D.D.; HOLMER, S.F.; DUNCAN, D.A.; CARR, S.N.; RITTER, M.J.; STITES, C.R.; PETRY, D.B.; HINSON, R.B.; ALLEE, G.L.; McKEITH, F.K.; KILLEFER, J. Fresh meat and further processing characteristics of ham muscles from finishing pigs fed ractopamine hydrochloride. **Journal of Animal Science**, v.89, p.210–220, 2011.
- BRASIL. Resolução DC/ANVISA nº12, de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 01, p. 54, jan. 2001.
- CALDARA, F.R.; MOI, M.; SANTOS, L.S.dos; PAZ, I.C.L.A.; GARCIA, R.G.; NÄÄS, I.A.; FERNANDES, A.R.M. Carcass characteristics and qualitative attributes of pork from

immunocastrated animals. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.26, n.11, p. 1630-1636, 2013.

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

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Perspectivas para a agropecuária: Safra 2013/2014**. Brasília-DF: CONAB, v.1, p.65-75, set. 2013.

COSTA-LIMA, B.R.C.; CANTO, A.C.V.C.S.; SUMAN, S.P.; CONTE-JUNIOR, C.A.; SILVEIRA, E.T.F.; SILVA, T.J.P. Sex-specific effect of ractopamine on quality attributes of pork frankfurters. **Meat Science**, v.96, p.799-805, 2014.

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 body weight pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). **Journal of Animal Science**, v.86, p.3544-3550, 2008.

GISPERT, M.; OLIVER, A.M.; VELARDE, A.; SUAREZ, P.; PÉREZ, J.; FONT i FURNOLS, M. Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. **Meat Science**, v.85, p.664–670, 2010.

GUNAWAN, A.M.; RICHERT, B.T.; SCHINCKEL, A.P.; GRANT, A.L.; GERRARD, D.E. Ractopamine induces differential gene expression in porcine skeletal muscles. **Journal of Animal Science**, v.85, n.9, p.2115-2124, 2007.

HINSON, R.B.; WIEGAND, B.R.; RITTER, M.J.; ALLEE, G.L.; CARR, S.N. Impact of dietary energy level and ractopamine on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.89, p.3572–3579, 2011.

HONIKEL, K. O. The water binding of meat. **Fleischwirtschaft**, v.67, p.1098-1102, 1987.

KUTZLER, L.W.; HOLMER, S.F.; BOLER, D.D.; CARR, S.N.; RITTER, M.J.; PARKS, C.W.; McKEITH F.K.; KILLEFER, J. Comparison of varying doses and durations of ractopamine hydrochloride on late-finishing pig carcass characteristics and meat quality. **Journal of Animal Science**, v. 89, p.2176–2188, 2011.

LANFERDINI, E.; LOVATTO, P. A.; MELCHIOR, R.; ORLANDO, U. A. D.; CECCANTINI, M.; POLEZE, E. Feeding surgically castrated, entire male and immunocastrated pigs with different levels of amino acid s and energy at constant protein to energy ratio with or without ractopamine. **Livestock Science**, v. 151, p. 246-251, 2013.

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, 64f. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Agronomia, Universidade de São Paulo/Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.



PAULY, C.; SPRING-STAEHLI, P.; O'DOHERTY, J.V.; KRAGTEN, S.A.; DUBOIS, S.; MESSADÈNE, J.; BEE, G. The effects of method of castration, rearing condition and diet on sensory quality of pork assessed by a trained panel. **Meat Science**, v.86, p. 498-504, 2010.

PORK CHECK-OFF. **Quick facts: The pork industry at a glance**. Publication #09133-08/13. Des Moines, Iowa: National Pork Board. Disponível em <<http://www.pork.org/Resources/95/QuickFacts.aspx#>> Acesso em 02 janeiro 2014.

PRUNIER, A.; BONNEAU M.; VON BORELL E.H.; CINOTTI, S.; GUNN, M.; FREDRIKSEN, B.; GIERSING, M.; MORTON, D.B.; TUYTTENS, F.A.M.; VELARDE, A. A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and evaluation of non-surgical methods. **Animal Welfare**, v.15, p.277-289, 2006.

RIKARD-BELL, C.; CURTIS, M.A.; van BARNEVELD, R.J.; MULLAN, B.P.; EDWARDS, A.C.; GANNON, N.J.; HENMAN, D.J.; HUGHES, P.E.; DUNSHEA, F.R. Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, intact boars and gilts. **Journal of Animal Science**, v.87, p.3536-3543, 2009.

SHEARD, P.R.; NUTE, G.R.; RICHARDSON, R.I.; PERRY, A.; TAYLOR, A.A. Injection of water and polyphosphate into pork to improve juiciness and tenderness after cooking. **Meat Science**, v.51, p.371-376, 1999.

SHEARD, P.R.; NUTE, G.R.; RICHARDSON, R.I.; WOOD, J.D. Effects of breed and marination on the sensory attributes of pork from Large White and Hampshire-sired pigs. **Meat Science**, v.70, p.699-707, 2005.

STONE, H.; SIDEL, J.L. Sensory evaluation practices. 2<sup>nd</sup> ed. London: Academic Press. 1993.

TAVÁREZ, M.A.; BOLER, D.D.; CARR, S.N.; RITTER, M.J.; PETRY, D.B.; SOUZA, C.M.; KILLEFER, J.; McKEITH, F.K.; DILGER, A.C. Fresh meat quality and further processing characteristics of shoulders from finishing pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). **Journal of Animal Science**, v.90, p.5122-5134, 2012.

XIONG, Y.L. Role of miofibrillar proteins in water-binding in brine-enhanced meats. **Food Research International**, v.38, n.3, p.281-287, 2005.

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

## CONCLUSÃO GERAL

Diversas interações entre ractopamina (RAC), condição sexual (FE, IM, CF) e genética comercial (Agroceres e Topigs) foram observadas neste estudo:

Na linhagem comercial analisada no capítulo 2 (Agroceres®) desenvolvida para maior deposição de carne magra com menor conversão alimentar, a interação da suplementação de ractopamina na dieta e o uso de imunocastração nos suínos machos não foram significativos, demonstrando que esta combinação não afeta as propriedades da carne suína *in natura*. A ractopamina ampliou os efeitos deste cruzamento genético em relação aos teores proteicos e lipídicos, mas apresentou maior força de cisalhamento. A capacidade de retenção de água dos lombos oriundos de suínos machos imunocastrados (IM) foi maior quando comparados aos castrados fisicamente (CF) alimentados com RAC, já para as fêmeas (FE) não houve diferença.

Após o processamento, os lombos de animais alimentados com RAC tiveram maior rendimento, sem efeito de perda de peso após equalização do produto, porém a condição sexual altera os efeitos pós processamento (*enhancement*), foi observado maior perda de peso após a cocção em IM-RAC, um efeito negativo quando comparados aos demais tratamentos com RAC. Para os tratamentos sem o suplemento na dieta, a IM teve a menor perda de peso após a cocção. Todavia, os IM tiveram lombos melhorados por injeção com coloração mais vermelha e brilhante que os demais, com aparência e textura (força de cisalhamento) semelhantes aos CF; e tão macia (análise sensorial) quanto as FE.

Para a genética Topigs® (Capítulo 3), linhagem comercial desenvolvida para uma maior resistência imunológica e alta prolificidade, também não houve interação entre RAC e condição sexual nas propriedades da carne *in natura*. A adição de RAC na dieta de terminação dos suínos, independente de condição sexual, apresentou efeito apenas na força de cisalhamento, entre as condições sexuais os animais CF tiveram lombos mais macios, seguidos por FE e IM.

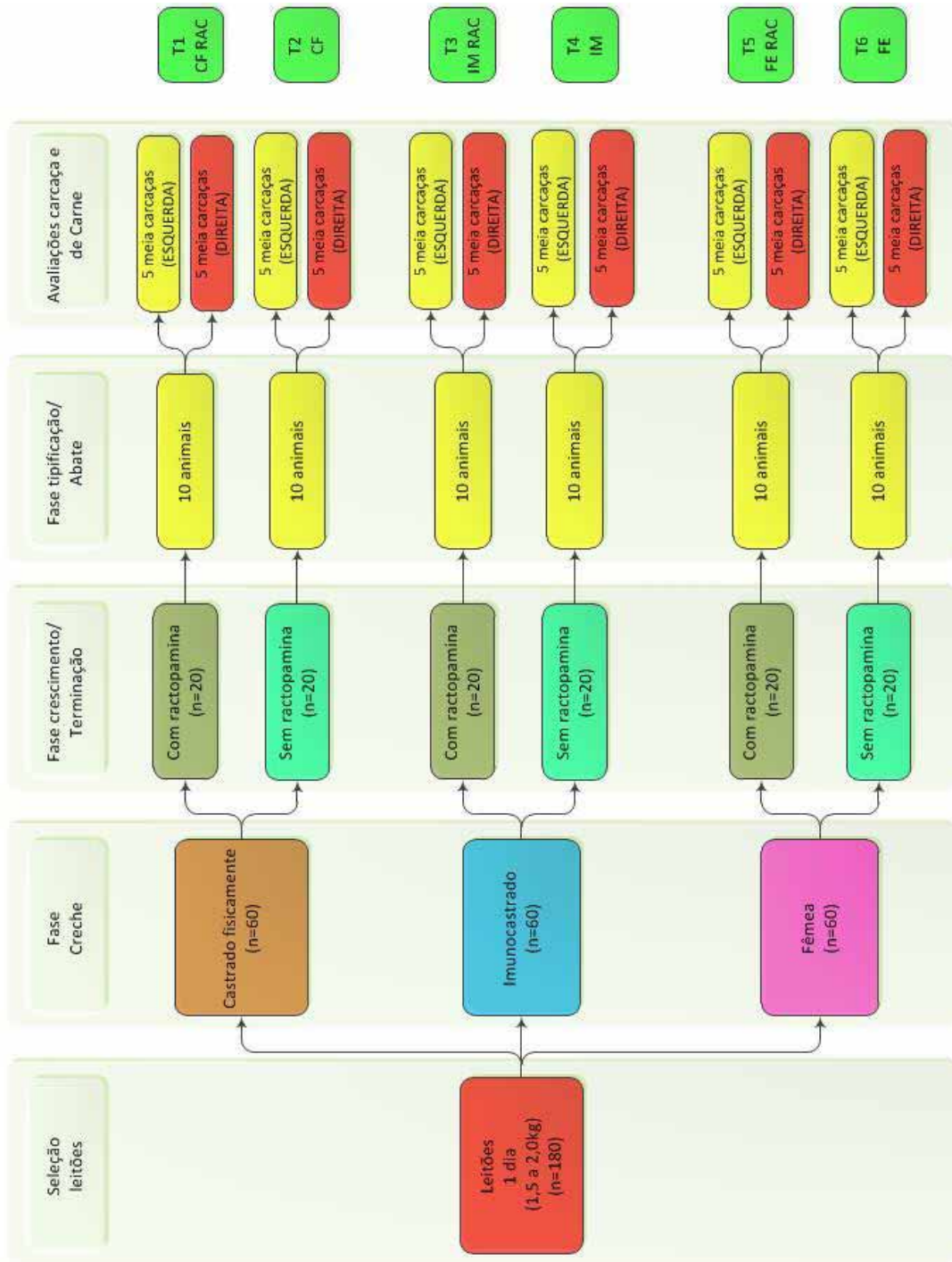
Após o processamento dos lombos, observou-se que a RAC e a imunocastração não influenciam no rendimento após *enhancement*, na perda de peso por exsudação e no teor de proteína. Neste cruzamento genético, a IM diminui a PPC e a RAC teve lombos melhorados mais secos (% de umidade). O processo de *enhancement* diminuiu o pH de todos os tratamentos e os lombos de IM-RAC tiveram menor pH entre os tratamentos com RAC. O uso de RAC na dieta e a imunocastração propiciam lombos melhorados com coloração mais

vermelha e brilhante e tão macia quanto aos demais tratamentos. Os consumidores não percebem diferença na aparência e textura entre os tratamentos, o que denota que o processamento *enhancement* padroniza os lombos. Contudo, de modo global, os provadores preferem os CF, seguidos de FE e IM. A intenção de compra foi semelhante entre os tratamentos com RAC.

Independente de alguns fatores isolados, houve efeito aditivo da ractopamina e da imunocastração nas características do lombo suíno melhorado por injeção, tecnologia *enhancement* para as duas linhagens comerciais estudadas. Parte destas diferenças pode estar associadas a diversos fatores além a genética em si, como estrutura da granja, abatedouro, transporte, manejo e contato com humanos. Sugerindo assim, estudos mais aprofundados para a comparação de linhagens em relação à RAC e a imunocastração.

A tecnologia de processamento *enhancement* é uma alternativa viável e de alto valor agregado para a industrialização de cortes suínos oriundos de animais suplementados com ractopamina e/ou imunocastrados. Porém, considerando o enorme consumo de carne suína processada no mundo, deve-se adotar dietas específicas por condição sexual para melhorar a qualidade da carne suína destinada ao processo de industrialização por *enhancement*.

APÊNDICE A- FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA UTILIZADA – LINHAGEM  
AGROCERES®



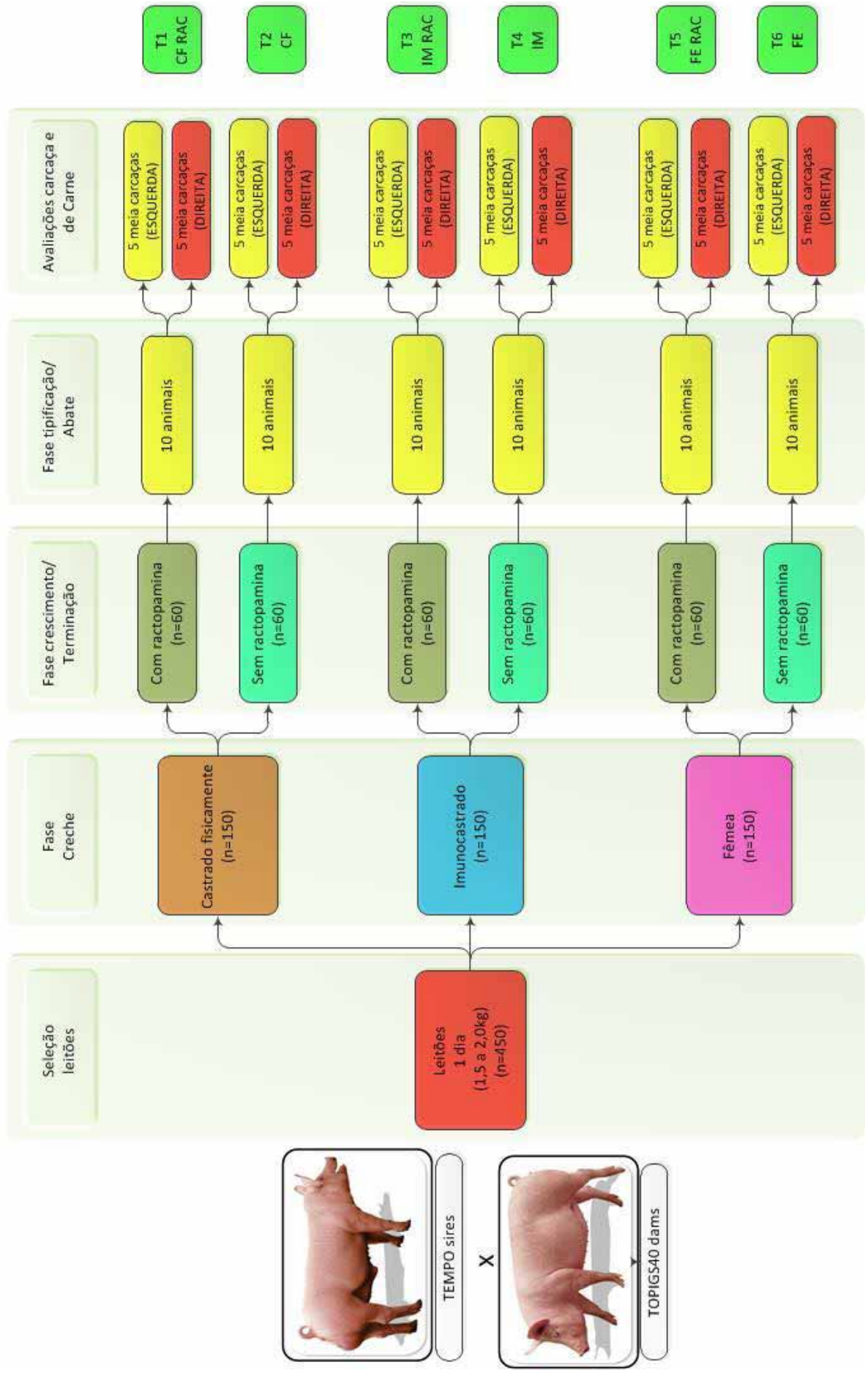
AGPIC337 sires  
Macho Duroc x Landrace  
x Pietran

X



CBaz dams  
Large White x Landrace  
x Duroc

APÊNDICE B- FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA UTILIZADA – LINHAGEM  
TOPIGS®



APÊNDICE C- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)



## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

### Para consumidores de carne suína

**PROJETO DE PESQUISA:**

Imunocastração e adição da ractopamina em dieta suína e seus efeitos na qualidade cortes frescos e marinados

**RESPONSÁVEL PELA PESQUISA:** Andréia Fernanda Silva Iocca

**JUSTIFICATIVA E OBJETIVO:** Estudos científicos demonstram que a tecnologia de imunocastração é eficaz no controle dos compostos responsáveis pelo odor sexual além de favorecer o desempenho zootécnico (conversão alimentar e ganho de peso) e apresentar em alguns casos um maior conteúdo de gordura intramuscular, melhorando assim suas características sensoriais. A Ractopamina atua no metabolismo proteico, aumentando a quantidade de tecido magro na carcaça e diminuindo a deposição de tecido adiposo, promovendo uma carne suína mais saudável, devido ao menor conteúdo de gordura subcutânea. O objetivo desse trabalho de pesquisa é avaliar os efeitos do uso isolado e/ou combinação das tecnologias aplicadas na produção animal (castração cirúrgica, imunocastração e a adição de 7,5% de ractopamina na dieta de suínos 21 dias antes do abate), na qualidade *de lombo suíno marinado (enhancement)* com ingredientes não cárneos (cloreto de sódio, tripolifosfato de sódio e salsinha desidratada).

**PROCEDIMENTO:** O provador terá, durante a execução do projeto, toda a liberdade para questionamento de qualquer dúvida e esclarecimento sobre a pesquisa a ser realizada, bem como poderá deixar de participar a qualquer tempo, sem prejuízos. A equipe deixa claro ao provador que não haverá qualquer risco com a sua participação na pesquisa com carne suína temperada e assada, a menos que o provador tenha alergia a produtos cárneos e/ou algum dos ingredientes, deverá ser informado previamente à equipe responsável pela pesquisa. Participam do teste apenas pessoas que tenham hábito de consumir carne suína pelo menos mensalmente. Além disso, a equipe assegura que os dados de identidade fornecidos são sigilosos e a utilização das informações ocorrerá sem identificação dos participantes.

Grato(a) pela sua colaboração.

**Membros da equipe:** Fone: (19) 3743-1892

Msc. Andréia Fernanda Silva Iocca - [andreiaiocca@hotmail.com](mailto:andreiaiocca@hotmail.com)

Pqc. Dr. Expedito Tadeu Facco da Silveira - [tfacco@ital.sp.gov.br](mailto:tfacco@ital.sp.gov.br)

Comitê de Ética – Fone: (19) 3343-6777

Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Assinatura do responsável pela pesquisa: \_\_\_\_\_

**Declaro aceitar participar voluntariamente da pesquisa.**

Assinatura do provador: \_\_\_\_\_ RG: \_\_\_\_\_

ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA ANIMAL - CEUA

ANEXO IV. Parecer do Comitê de Ética da UNICAMP-CEUA.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
Comissão de Ética no Uso de Animais



CEUA/UNICAMP

Carta CEEA 03/2012

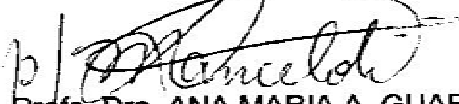
Cidade Universitária "Zeferino Vaz",  
05 de janeiro de 2012.

Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício  
Adrieli Martins  
Departamento de Tecnologia de Alimentos  
Faculdade de Engenharia de Alimentos  
UNICAMP

Prezado Senhor:

A Comissão de Ética no Uso de Animais da UNICAMP - CEUA/UNICAMP - esclarece que não há necessidade do projeto intitulado **"INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE RACTOPAMINA E DA IMUNOCASTRACÃO NA COMPOSIÇÃO DA CARÇAÇA SUÍNA"** ser analisado por esta Comissão, tendo em vista que envolve abate em matadouro que ocorre conforme normas do Ministério da Agricultura em frigoríficos credenciados e submetidos à fiscalização pelas leis vigentes, não se aplicando a emissão de um certificado pela CEUA, pois a eutanásia já faz parte de um outro sistema produtor, controlado por médico veterinário que atua nesta linha de produção.

Atenciosamente,

  
Prof.ª Dra. ANA MARIA A. GUARALDO  
Presidente da CEUA/UNICAMP

ANEXO B – PROTOCOLO DE APROVAÇÃO NO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA  
COM HUMANOS - CEP

Andamento do projeto - CAAE - 0028.0.147.000-10

**Título do Projeto de Pesquisa**

Imunocastração e seus benefícios na qualidade sensorial de carne suína

Situação	Data Inicial no CEP	Data Final no CEP	Data Inicial na CONEP	Data Final na CONEP
Aprovado no CEP	19/05/2010 14:39:21	25/08/2010 15:06:14		

Descrição	Data	Documento	Nº do Doc	Origem
1 - Envio da Folha de Rosto pela Internet	05/05/2010 15:08:31	Folha de Rosto	FR337542	Pesquisador
2 - Recebimento de Protocolo pelo CEP (Check-List)	19/05/2010 14:39:21	Folha de Rosto	0028.0.147.000-10	CEP
3 - Protocolo Pendente no CEP	25/08/2010 15:05:42	Folha de Rosto	211/10	CEP
4 - Protocolo Aprovado no CEP	25/08/2010 15:06:14	Folha de Rosto	211/10	CEP

[Voltar](#)