

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Zootecnia
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

Ana Paula Liboreiro Brustolini

**EFEITO DA CASTRAÇÃO (FÍSICA OU IMUNOLÓGICA), MANEJO ALIMENTAR
E RACTOPAMINA SOBRE O DESEMPENHO DE SUÍNOS**
ANA PAULA LIBOREIRO BRUSTOLINI

Belo Horizonte
2018

Ana Paula Liboreiro Brustolini

**EFEITO DA CASTRAÇÃO (FÍSICA OU IMUNOLÓGICA), MANEJO ALIMENTAR
E RACTOPAMINA SOBRE O DESEMPENHO DE SUÍNOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Dalton de Oliveira
Fontes

Belo Horizonte
2018

B912c

Brustolini, Ana Paula Liboreiro, 1986-

Efeito da castração (física ou imunológica), manejo alimentar e ractopamina sobre o desempenho de suínos / Ana Paula Liboreiro Brustolini. - 2018.

96 f.:il

Orientador: Dalton de Oliveira Fonte

Tese (Doutorado) apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais para obtenção do título de Doutora.

Área de concentração: Nutrição de Não Ruminantes

Bibliografias: f. 39 a 46; f. 61a 63; f.78 a 80; f.92 a 95

Anexo: f.96.

1. Suínos - Desempenho - Teses - 2. Alimentação e rações - Teses - 3. Dieta em Veterinária - Teses - I. Fonte, Dalton de Oliveira - II. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária - III. Título.

CDD - 636.085

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes - CRB2569

Biblioteca da Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais.



Escola de Veterinária
UFMG

ESCOLA DE VETERINÁRIA DA UFMG
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Av. Antônio Carlos 6627 - CP 567 - CEP 30123-970 - Belo Horizonte- MG
TELEFONE (31)-3409-2173

www.vet.ufmg.br/academicos/pos-graduacao
E-mail: cpzootec@vet.ufmg.br

ATA DE DEFESA DE TESE DE ANA PAULA LIBOREIRO BRUSTOLINI

Às 09:00min horas do dia 07 de fevereiro de 2018, reuniu-se, na Escola de Veterinária da UFMG a Comissão Examinadora de Tese, indicada pelo Colegiado em reunião no dia 29/11/2017, para julgar, em exame final, a defesa da tese intitulada: EFEITO DA CASTRAÇÃO FÍSICA OU IMUNOLÓGICA, MANEJO ALIMENTAR E RACTOPAMINA SOBRE O DESEMPENHO DE SUÍNOS

_____, como requisito final para a obtenção do Grau de **Doutor em Zootecnia** área de concentração **Nutrição Animal**.

Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Dalton de Oliveira Fontes, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da Defesa de Tese, passou a palavra ao (a) candidato (a), para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato (a). Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento da tese, tendo sido atribuídas as seguintes indicações:

	Aprovada	Reprovada
Prof.(a)/Dr.(a) <u>DALTON DE OLIVEIRA FONTES</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof.(a)/Dr.(a) <u>DIEGO VILELA ALKIMIN</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof.(a)/Dr.(a) <u>GABRIEL CIPRIANO ROCHA</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof.(a)/Dr.(a) <u>LEONARDO JOSÉ CARMARGOS LARA</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof.(a)/Dr.(a) <u>LEONARDO BOSCOLI LARA</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pelas indicações, o (a) candidato (a) foi considerado (a): Aprovado (a)
 Reprovado (a)

Para concluir o Doutorado, o(a) candidato(a) deverá entregar 10 volumes encadernados da versão final da tese acatando, se houver, as modificações sugeridas pela banca, e a comprovação de submissão de pelo menos um artigo científico em periódico recomendado pelo Colegiado dos Cursos. Para tanto terá o prazo máximo de 60 dias a contar da data defesa.

O resultado final, foi comunicado publicamente ao (a) candidato (a) pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ata, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora e encaminhada juntamente com um exemplar da tese apresentada para defesa.

Belo Horizonte, 7 de Fevereiro de 2018.

Assinaturas dos membros da banca:

[Handwritten signatures]

(Vide Normas Regulamentares da defesa de Tese no verso)

(Este documento não terá validade sem assinatura e carimbo do Coordenador)

Doutorado/Atadefesa.doc

[Handwritten signature]

Prof. **Ronald Kenatchy Luz**
Coordenador do Colegiado de
Pos-Graduação em Zootecnia

*Aos meus pais, maiores responsáveis pela
conclusão deste sonho, dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha família (que é a razão da minha existência), pela minha saúde, por colocar pessoas maravilhosas em meu caminho e abençoar meus dias.

A minha mãe, Marta Liboreiro pelo companheirismo e amor incondicional durante toda esta caminhada. Ao meu pai pelo apoio financeiro, essencial para conclusão desta pesquisa. Às minhas irmãs, em especial à Isabella, por estar presente em toda esta jornada. À minha sobrinha pela inspiração à continuar. Ao Edison, por suportar todas as variações de humor durante este período, por resistir firmemente a elas.

Ao meu orientador, Dalton Fontes, pela confiança em meu trabalho e pela amizade, pelos conselhos e pelos conhecimentos passados durante todos esses anos.

Aos meus colegas de faculdade (cantina) pela amizade, pela ajuda e pelos momentos de descontração, em especial à Clarice Neta, Martolino Barbosa e Leonardo (Falamansa) por ajudarem de forma ativa na conclusão deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa e doutorado.

Aos professores do departamento de Zootecnia, em especial aos professores Walter Motta Ferreira, Leonardo Camargos Lara, Leonardo Boscoli, Iran Borges pelas contribuições em meus trabalhos, conselhos e ensinamentos passados. A Heloísa, secretária do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFMG, por toda a ajuda durante esses anos de pós-graduação, pelo seu empenho e dedicação em nos atender, por fazer, muitas vezes o papel de mãe, “puxando nossa orelha” quando necessário e nos apoiando sempre. Aos funcionários da escola de veterinária da UFMG.

Ao Jammson, Alícia e Joseane, que mesmo não fazendo parte de minha equipe de pesquisa, colaboraram com a realização do experimento.

Ao pesquisador Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva, pelo apoio ao desenvolvimento do projeto, pela prestatividade, por todo esforço e colaboração sempre que eu necessitei, juntamente com os funcionários da EPAMIG – Oratórios, em especial ao José Carlos, a EPAMIG foi uma segunda casa durante o período acadêmico.

Ao frigorífico SAUDALI e seus colaboradores que ajudaram nas análises de carcaça. Mesmo com todas as dificuldades em realizar pesquisas em frigoríficos comerciais, o SAUDALI sempre esteve de portas abertas e colaborando para a realização das mesmas. Ao Sr. Fernando e Juninho, pela parceria com o fornecimento dos animais, essencial para que esta pesquisa fosse realizada. À Zoetis, pelo fornecimento das vacinas e pela parceria.

À equipe de produção de suínos da DB-Genética Suína, em especial ao Dr. Diego Alkimin pela colaboração na realização do experimento, e aos funcionários da Granja Bom Retiro, em especial ao Cleanto pelo apoio ao desenvolvimento do mesmo. Ao nutricionista Moacir Furtado e Danilo, pela colaboração nas formulações e execução da primeira parte do experimento realizado na DB.

À Larissa, Patrícia e Flaviana, que foram minha família durante o período em que residi em BH, pelos conselhos, pela amizade, por tudo!

E a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, colaboraram para a realização do doutorado.

“Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer”
(Albert Einstein).

RESUMO

Objetivando-se avaliar os efeitos do tipo de castração (física ou imunológica), manejo alimentar e inclusão de ractopamina (RAC) na dieta de suínos, quatro experimentos foram realizados utilizando-se um total de 420 animais. No primeiro experimento foram utilizados 160 suínos, 80 machos inteiros (EM) e 80 machos castrados (SC), da 7^a à 19^a semana de idade. Os animais foram distribuídos em quatro tratamentos, arranjo fatorial 2 x 2 (categoria sexual x plano nutricional), 10 repetições. SC consumiram maior quantidade de ração ($p < 0.0001$) e obtiveram pior conversão alimentar (CA) ($p < 0.0001$). Suínos EM submetidos ao programa nutricional de baixa densidade (BD), tiveram a taxa de crescimento comprometida. Houve menor ($p < 0,05$) deposição de gordura na carcaça de EM. Objetivando-se comparar o efeito da categoria sexual e inclusão RAC na dieta sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos arraçoados de forma *ad libitum* (AL) e restrita (RT) por quatro semanas antes do abate, foram realizados o segundo e terceiro experimentos. Na segunda avaliação, 40 suínos (20 SC e 20 machos imunocastrados (IC)) foram distribuídos inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial 2 x 2 (categoria sexual x inclusão de ractopamina (RAC) na dieta), quatro tratamentos, cinco repetições. Esses animais foram alimentados de forma *ad libitum* (AL). A terceira avaliação foi idêntica à segunda, exceto pelo manejo alimentar que ocorreu de forma restrita (RT). No segundo experimento, observou-se que suínos IC obtiveram melhor desempenho ($p < 0,05$) e pior rendimento de carcaça (RC) ($p < 0,05$) que suínos SC. A inclusão da RAC na dieta aumentou a força de cisalhamento sobre o bife suíno. No manejo alimentar RT, suínos IC obtiveram menor ($p < 0,05$) deposição de gordura na carcaça. A inclusão da RAC na dieta proporcionou maior ($p < 0,05$) taxa de crescimento e maior AOL dos suínos. Por fim, objetivando-se, principalmente, comparar o desempenho entre suínos EM/IC e SC, bem como a utilização da RAC no período final de terminação, foi realizado um experimento utilizando-se 120 suínos (60 suínos EM/IC e 60 suínos SC). Os animais foram distribuídos de forma aleatória em arranjo fatorial 2 x 2 (categoria sexual x inclusão de RAC na dieta), quatro tratamentos, cinco repetições. Na 23^a semana de idade, houve a inclusão da RAC na dieta de metade dos suínos IC e metade dos suínos SC. No período total avaliado, suínos EM/IC consumiram menor quantidade de ração ($p = 0,013$), obtiveram melhor conversão alimentar (CA) com ganho de peso semelhante ($p > 0,05$) a de SC. Após a segunda imunização não houve diferença ($p > 0,05$) de desempenho entre as categorias sexuais. A RAC melhorou a CA de suínos. No momento do abate, suínos IC estavam com menor espessura de toucinho (-9%; $p = 0,003$) e menor profundidade de lombo (9-6%; $p < 0,0001$) que SC. Em conclusão, estes resultados mostram que suínos EM precisam de uma dieta diferenciada para expressar seu potencial, sendo que tanto a imunocastração quanto a inclusão de RAC na dieta contribuem para o melhor desempenho dos suínos, reduzem a deposição de gordura na carcaça e que a RT compromete a taxa de crescimento, entretanto, pode ser parcialmente compensada pela inclusão da RAC.

Palavras-chave: Conversão alimentar. Espessura de toucinho. GnRH. Imunocastração. Níveis de lisina.

ABSTRACT

In order to evaluate the effects of the type of castration (physical or immunological), food management and inclusion of ractopamine (RAC) in pigs' diet, four experiments were carried out using a total of 420 animals. In the first experiment, 160 pigs were used, 80 whole males (WH) and 80 castrated males (CM), from the 7th to the 19th week of age. The animals were distributed in four treatments, factorial arrangement 2 x 2 (sexual category x nutritional plan), 10 repetitions. CM consumed a greater amount of feed ($p < 0.0001$) and obtained worse feed conversion (FC) ($p < 0.0001$). CM pigs submitted to the low density nutritional program (BD), had their growth rate compromised. There was less ($p < 0.05$) fat deposition in the CM carcass. Aiming to compare the effect of sexual category and RAC inclusion in the diet on performance, carcass characteristics and meat quality of pigs fed ad libitum (AL) and restricted (RT) for four weeks before slaughter, the second and third experiments were carried out. In the second evaluation, 40 pigs (20 CM and 20 immunocastrated males (IC)) were distributed entirely at random, in a 2 x 2 factorial arrangement (sexual category x inclusion of ractopamine (RAC) in the diet), four treatments, five repetitions. These animals were fed ad libitum (AL). The third assessment was identical to the second, except for the food management that occurred in a restricted way (RT). In the second experiment, it was observed that IC pigs had better performance ($p < 0.05$) and worse carcass yield (CY) ($p < 0.05$) than CM pigs. The inclusion of RAC in the diet increased the shear strength on the pork steak. In RT feed management, IC pigs obtained less ($p < 0.05$) fat deposition in the carcass. The inclusion of RAC in the diet provided higher ($p < 0.05$) growth rate and a higher AOL for the pigs. Finally, aiming, mainly, to compare the performance between pigs WM / IC and CM, as well as the use of RAC in the final termination period, an experiment was carried out using 120 pigs (60 pigs WM / IC and 60 pigs CM). The animals were randomly distributed in a 2 x 2 factorial arrangement (sexual category x inclusion of RAC in the diet), four treatments, five repetitions. At 23 weeks of age, RAC was included in the diet of half of the IC pigs and half of the CM pigs. In the total period evaluated, pigs WM / IC consumed less feed ($p = 0.013$), obtained better feed conversion (FC) with similar weight gain ($p > 0.05$) to that of CM. After the second immunization, there was no difference ($p > 0.05$) in performance between the sexual categories. The RAC improved the CA of swine. At the time of slaughter, IC pigs had a lower fat thickness (-9%; $p = 0.003$) and less loin depth (9-6%; $p < 0.0001$) than CM. In conclusion, these results show that WM pigs need a different diet to express their potential, and both immunocastration and inclusion of RAC in the diet contribute to better performance of pigs, reduce the deposition of fat in the carcass and that RT compromises growth rate, however, it can be partially offset by the inclusion of RAC.

Keywords: Feed conversion. Thickness of bacon. GnRH. Immunocastration. Lysine levels.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1 – Respostas fisiológicas da imunocastração	21
Figura 2 – Efeito da vacinação anti-GnRH em (A) estradiol, (B) testosterona, em suínos machos inteiros (boars), suínos machos castrados (barrows) e fêmeas (gilts)	22
Figura 3 – Relações entre o eixo hipotálamo-hipófise-gonadal, produção de androstenona nos testículos e formação de escatol a partir de triptofano no intestino, e seu metabolismo inter-relacionado no fígado	23
Figura 4 – Peso dos órgãos reprodutores em suínos machos inteiros (EM27) e suínos imunocastrados abatidos 2 (IC21), 5 (IC24) e 8 semanas (IC27) após a segunda vacinação ..	24

CAPÍTULO I

Figura 1 – Programa nutricional/fases e protocolo de vacinação.....	21
---	----

CAPÍTULO III

Figura 1 – Ordem cronológica dos períodos avaliados.....	86
Figura 2 – Consumo de ração de suínos machos imunocastrados e suínos machos castrados avaliados após a segunda imunização de suínos machos castrados.....	88

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1 – Consumo de ração médio diário (kg/dia) de suínos machos imunocastrados (IC) e suínos machos castrados (SC) da primeira vacinação anti-GnRH até o abate	27
Tabela 2 – Conversão alimentar (kg/kg) de suínos machos inteiros (EM), suínos machos imunocastrados (IC) e suínos machos castrados (SC) da primeira vacinação anti-GnRH até o abate.....	28
Tabela 3 – Taxa de deposição de proteína (g/dia) em suínos machos inteiros e suínos machos castrados de acordo com diversos autores	30

CAPÍTULO I

Tabela 1 – Divisão das fases e níveis de lisina digestível das diferentes dietas.....	50
Tabela 2 – Composições centesimais e nutricionais calculadas das dietas do programa de alta densidade nutricional (AD).....	51
Tabela 3 – Composições centesimais e nutricionais calculadas das dietas do programa de baixa densidade nutricional (BD)	52
Tabela 4 – Desempenho de suínos de acordo com a categorial sexual (machos castrados (SC) e machos inteiros (EM)), programa nutricional (baixa densidade (BD) e alta densidade (AD)) e suas interações de acordo com as fases	56
Tabela 5 – Espessura de toucinho no ponto P1 (ET P1) e ponto P2 (ET P2), profundidade de lombo (PL) e porcentagem de carne magra (PCM) de suínos de acordo com a categorial sexual (machos castrados (SC) e machos inteiros (EM)), programa nutricional (baixa densidade (BD) e alta densidade (AD)) e suas interações.....	57

CAPÍTULO II

Tabela 1 – Composições centesimais e nutricionais calculadas das dietas experimentais.....	68
Tabela 2 – Dados de desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos machos castrados (SC) e suínos machos imunocastrados (IC) alimentados de forma à vontade com dietas com ou sem inclusão de ractopamina (RAC).....	73

Tabela 3 – Dados de desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos machos castrados (SC) e suínos machos imunocastrados (IC) alimentados de forma controlada com dietas com ou sem inclusão de ractopamina (RAC).....	74
--	----

CAPÍTULO III

Tabela 1 – Composições centesimais e nutricionais calculadas das dietas experimentais.....	85
Tabela 2 – Peso inicial (PI), peso final (PF), consumo de ração médio total (CRT), consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso médio total (GPT), ganho de peso médio diário (GPD), conversão alimentar (CA), área de olho de lombo (AOL), espessura de toucinho (ET), profundidade de lombo (PL) e porcentagem de carne magra (PCM) de suínos machos castrados (SC) e suínos machos inteiros/imunocastrados (IC).....	89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	16
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 Castração de suínos	18
2.1.1 <i>Castração física.....</i>	<i>18</i>
2.1.2 <i>Castração imunológica.....</i>	<i>19</i>
2.1.2.1 <i>Efeito da imunocastração sobre a produção hormonal e órgãos reprodutivos de suínos machos inteiros.....</i>	<i>21</i>
2.2 Efeito da castração (física ou imunológica) sobre o desempenho de suínos.....	24
2.3 Efeito da castração (física ou imunológica) sobre as características de carcaça e qualidade de carne de suínos	29
2.3.1 <i>Efeito de diferentes planos nutricionais sobre o desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados e imunocastrados na fase de crescimento.....</i>	<i>31</i>
2.4 Estratégias de manejo que visam melhorar o desempenho de suínos na fase de terminação.....	33
2.4.1 <i>Ractopamina.....</i>	<i>34</i>
2.4.1.1 <i>Efeito da ractopamina sobre o desempenho e características de carcaça de suínos</i>	<i>34</i>
2.4.2 <i>Restrição alimentar para suínos machos imunocastrados e suínos machos castrados ..</i>	<i>36</i>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
CAPÍTULO I – EFEITO DA CASTRAÇÃO (FÍSICA OU IMUNOLÓGICA), PROGRAMA NUTRICIONAL E SUAS INTERAÇÕES SOBRE O DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA <i>IN VIVO</i> DE SUÍNOS DA 7ª À 19 SEMANA DE IDADE	47
Introdução	48
Material e Métodos.....	49
<i>Animais e tratamentos</i>	<i>49</i>
<i>Desempenho.....</i>	<i>53</i>
<i>Análise de carcaça in vivo.....</i>	<i>53</i>
<i>Análise estatística.....</i>	<i>53</i>
Resultados.....	53
Discussão.....	57
Conclusão	59
Referências	60

CAPÍTULO II – EFEITO DA CATEGORIA SEXUAL E INCLUSÃO DE RACTOPAMINA SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DE CARÇAÇA E DE CARNE DE SUÍNOS ALIMENTADOS DE FORMA <i>AD LIBTUM</i> OU RESTRITA....	63
Introdução	65
Material e métodos	66
<i>Desempenho.....</i>	<i>67</i>
<i>Qualidade de carcaça.....</i>	<i>68</i>
<i>Qualidade de Carne.....</i>	<i>68</i>
<i>Análises Estatísticas</i>	<i>69</i>
<i>Experimento 2: Animais e tratamentos</i>	<i>70</i>
<i>Análises Estatísticas</i>	<i>70</i>
Resultados.....	71
<i>Experimento 1.....</i>	<i>71</i>
<i>Experimento 2.....</i>	<i>71</i>
Discussão.....	74
Conclusão	76
Referências Bibliográficas	77
CAPÍTULO III – COMPARAÇÃO ENTRE MACHOS INTEIROS / IMUNOCASTRADOS E MACHOS CASTRADOS DA CRECHE À TERMINAÇÃO COM E SEM O USO DE RACTOPAMINA	80
Introdução	81
Material e métodos	82
Resultados.....	86
Discussão.....	89
Conclusão	91
Referências	91
ANEXO I – ARTIGO PUBLICADO	95

1 INTRODUÇÃO GERAL

A suinocultura é uma atividade dinâmica, a partir da qual os animais evoluem constantemente como consequência do melhoramento genético, buscando garantir que a produtividade, a nutrição e o manejo dos suínos devam ser aliados dessa evolução. Porém, as questões relacionadas à produtividade não são os únicos desafios enfrentados pelos suinocultores, considerando que os consumidores estão cada vez mais exigentes não só com questões relacionadas à higiene e qualidade do produto de origem animal, mas também, com fatores relacionados ao bem-estar dos mesmos.

A castração de suínos machos inteiros para abate está relacionada à qualidade sensorial da carne, devido ao odor sexual existente, causado principalmente pelo escatol e a androsterona (EINARSSON, 2006). A técnica mais utilizada para realizar a castração consiste na remoção dos testículos dos leitões em seus primeiros dias de vida (castração física), o que é muito questionado pelos consumidores.

Além da questão relacionada ao bem-estar, suínos machos castrados apresentam a pior eficiência alimentar e retenção de nitrogênio, comparado à machos inteiros e fêmeas, o que torna sua produção significativamente mais onerosa quando comparada às outras categorias sexuais (XUE *et al.*, 1997).

A imunocastração consiste em vacinar os animais duas vezes durante as fases de crescimento e terminação, sendo que em cada imunização os suínos recebem 2,0 mL de uma vacina comercial específica para castração (CLAUS *et al.*, 2007). A segunda imunização anti-GnRH que estimula, de fato, a liberação de anticorpos para neutralizar o GnRH natural, inibindo, assim, a função testicular e a síntese de esteroides testiculares (ANDERSON *et al.*, 2011).

Essa técnica não só elimina da carne as características sensoriais inerentes à suínos machos inteiros, como também melhoram o desempenho dos animais comparados à castração física (BATOREK *et al.*, 2012a) pelo potencial de crescimento de suínos machos inteiros até a segunda vacinação (DUNSHEA *et al.*, 2001). O maior potencial anabólico de suínos machos imunocastrados neste período torna suas exigências nutricionais diferenciadas das exigências nutricionais de suínos machos castrados.

Embora os benefícios da imunocastração sejam de maior interesse para produtores que criam suínos para o abate, essa tecnologia também pode ser vantajosa para aqueles que criam animais para reprodução (LUGAR *et al.*, 2016). A seleção de varrões ocorre quando os suínos possuem em média 20 semanas de idade. Se todos machos inteiros que chegassem à estação

de avaliação fossem previamente vacinados com uma dose da vacina de imunocastração, após a seleção os animais descartados poderiam receber a segunda dose, permitindo que o abate fosse realizado quatro semanas após esta prática (OLIVEIRO *et al.*, 2016). Os suínos selecionados não receberiam a segunda dose da vacina e poderiam ser utilizados na reprodução, pois uma única dose da vacina não afeta a função testicular (SCHEID *et al.*, 2014).

Contudo, após a segunda imunização o consumo de ração de suínos machos imunocastrados aumenta em decorrência do declínio dos hormônios sexuais (QUINIOU *et al.* 2010), o que pode diminuir sua eficiência alimentar e resultar em maior acúmulo de gordura na carcaça. Uma estratégia de baixo custo que visa reduzir a deposição de gordura na carcaça e, dessa forma, melhorar a eficiência, é o manejo de restrição alimentar (SANTOS *et al.*, 2012). A restrição alimentar é um manejo comumente utilizado na prática por produtores, porém, ainda não há estudos suficientes sobre níveis de alimentação para suínos imunocastrados após a segunda imunização (BATOREK *et al.*, 2012b; QUINIOU *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2012).

A ractopamina é um agonista β -adrenérgico industrializado que atua modificando o metabolismo animal. Esse composto é fornecido na fase final de produção de suínos e atua inibindo a lipogênese, estimulando a lipólise e aumentando a síntese proteica por aumento na retenção de nitrogênio (MERSMANN, 1998; MILLS, 2002), modificando, assim, o metabolismo do animal que se encontra em fase de maior deposição de gordura. Além de melhorar a qualidade da carcaça pela redução do teor de gordura e aumento da deposição de carne magra (MARINHO *et al.*, 2007), este composto também melhora o desempenho dos animais (ALMEIDA *et al.*, 2010).

Com a finalidade de potencializar o desempenho de suínos imunocastrados em suas diferentes fases fisiológicas, reduzir os efeitos negativos decorrentes do aumento da ingestão de ração após a segunda imunização, além de comparar essas estratégias com a utilização de suínos machos castrados, estudos que comparam diferentes programas nutricionais antes da segunda imunização, assim como o estudo de diferentes estratégias relacionadas ao manejo alimentar após essa fase, devem ser mais realizados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Castração de suínos

A castração física de suínos é uma prática comum na suinocultura, tendo seus primeiros relatos em 3000-4000 AC (ZARAMATSKAIA; RASMUSSEN, 2015). Essa prática consiste na remoção dos testículos e epidídimo do saco escrotal durante a primeira semana de vida dos suínos (CANDEK-POTOKAR *et al.*, 2015), deste modo, a síntese dos hormônios sexuais é interrompida.

A finalidade da castração é diminuir os comportamentos de agressões e produzir carne livre do odor característico de machos inteiros, pela prevenção do acúmulo de escatol e androsterona na gordura (ZARAMATSKAIA; RASMUSSEN, 2015). A androsterona (esteroide testicular) produz o odor semelhante ao da urina, enquanto o escatol (subproduto da flora bacteriana intestinal ou metabólito bacteriano do aminoácido triptofano) produz o odor fecal (BATOREK *et al.*, 2012b). Androsterona e escatol estão positivamente correlacionados (WALSTRA *et al.*, 1999).

Pela qualidade sensorial da carne, relacionada ao odor sexual existente em machos inteiros, o abate desses animais, no Brasil, é proibido, conforme consta no Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal, artigo 121, do Decreto 30.691 de 29 de março de 1952 (BRASIL, 1952).

2.1.1 Castração física

Dentre os métodos de castração física, a mais praticada é a castração escrotal. Nesse método é realizada uma incisão sobre cada testículo, a partir da qual se exterioriza os mesmos (SOBESTIANSKY *et al.*, 2003). Os testículos são removidos por meio de um corte com bisturi seguido de raspagem do cordão para remoção dos testículos com o mínimo de hemorragia. (PRUNIER *et al.*, 2006) ou ruptura do cordão espermático com as mãos.

A castração física, apesar de ser eficaz para controlar o odor sexual característico de machos inteiros, por se tratar de um procedimento invasivo, não é bem vista quando se considera o bem-estar destes animais (MARTINS *et al.*, 2013), além disto, esta prática pode reduzir o consumo dos leitões devido à dor (ZAMARATSKAIA *et al.*, 2008.)

Outro fato relevante relacionado à castração física, é que suínos machos castrados apresentam menor eficiência alimentar e retenção de nitrogênio, comparado à machos inteiros

e fêmeas, além de menor proporção carne:gordura, o que os torna menos eficiente e sua produção significativamente mais onerosa (XUE *et al.*, 1997).

2.1.2 Castração imunológica

Na década de 70, foi investigada a produção de anticorpos anti-GnRH (hormônio liberador de gonadotrofinas) em ratos e coelhos (FRASER *et al.*, 1974). A partir desses estudos, observou-se que a imunização ativa contra o GnRH prejudicava a função reprodutiva caracterizado pela redução das concentrações séricas dos hormônios gonadotróficos e esteroides gonadal (FRASER, 1982).

O GnRH é um peptídeo originado no hipotálamo, que chega à hipófise anterior através da corrente sanguínea, onde se liga ao seu receptor específico para induzir a secreção de LH (hormônio luteinizante) e FSH (hormônio folículo estimulante), que agem sobre as gônadas para estimular o crescimento testicular e a produção de esteroides (JAROS *et al.*, 2005), incluindo a testosterona e a androsterona. Os esteroides testiculares também impedem a depuração hepática de escatol, resultando em concentrações aumentadas de escatol no tecido gorduroso (ZAMARATSKAIA *et al.*, 2004).

Várias pesquisas foram realizadas na década de 80 para consolidar um protocolo eficiente de imunização (SHENOY *et al.*, 1982; WILLIAMSON *et al.*, 1985; BROOKS *et al.*, 1986) e o primeiro produto comercial produzido para imunocastração (Improvac®) foi lançado em 1998 na Austrália e nova Zelândia (BATOREK *et al.*, 2012a) pela Pfizer Saúde Animal. No Brasil, a vacina de imunocastração foi introduzida no ano de 2007, assim como a autorização do abate de suínos imunocastrados (Informação Diversa N° 061/2007/DICS/CGI/DIPOA de 23 de abril de 2007– Brasília/DF).

A imunocastração consiste em duas vacinações contra o GnRH e usa o próprio sistema imunológico do suíno para realizar o efeito da castração, pela neutralização do eixo hipotalâmico-pituitário-gonadal, inibindo assim o crescimento dos testículos e a síntese de esteroides sexuais (CANDEK-POTOKAR *et al.*, 2015).

A vacina contém uma forma modificada do hormônio ou um análogo de GnRH, conjugado a uma proteína carreadora combinada à um adjuvante, para induzir a formação de anticorpos contra GnRH (EINARSSON, 2006). O análogo sintético usado na Vivax® é similar, porém, diferente do GnRH natural, desta forma, não consegue se ligar ao seu receptor na hipófise, interrompendo a produção de hormônios (HENNESSY, 2008).

De acordo com o fabricante da Vivax® (Zoetis), a primeira vacinação deve ser administrada entre 17-18 semanas de vida, ou mais cedo, enquanto a segunda deve ser administrada em um intervalo de quatro semanas. A primeira imunização é seguida por uma resposta imunitária primária, onde ocorre produção limitada de anticorpos, produção de anticorpos não específicos IgM e a memória imunológica é estabelecida (VAN DEN BROEK *et al.*, 2016).

Portanto, a imunocastração permite aos machos imunocastrados a produção de hormônios anabolizantes andrógenos até a aplicação da segunda dose da vacina (ZAMARATSKAIA *et al.*, 2008), fato que possibilita a manutenção da superioridade do desempenho e deposição de carne magra na carcaça (JAROS *et al.*, 2005).

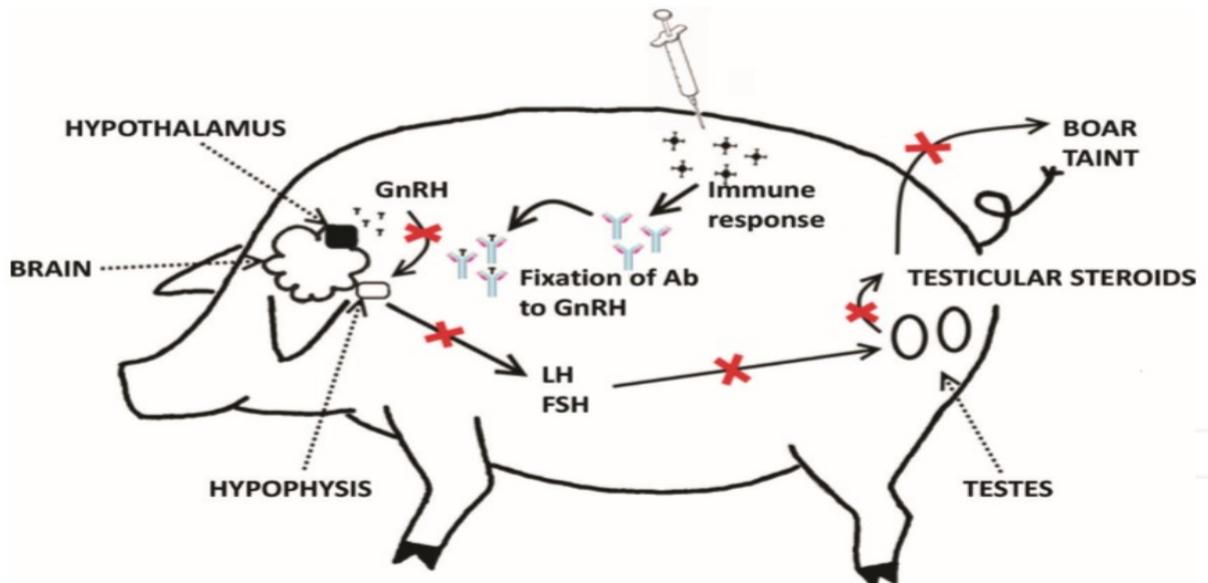
Após a segunda vacinação ocorre elevada e persistente produção de anticorpos IgG de alta afinidade (ROITT; DELVES, 2011), que provoca redução da produção de esteroides gonadais, principalmente testosterona e androsterona, com aumento do metabolismo hepático de esgotamento do escatol (QUINIYOU *et al.*, 2012).

O abate dos suínos imunocastrados deve ocorrer no mínimo quatro semanas após a segunda vacinação, pois é preciso este intervalo para que as substâncias causadoras de odor sejam depuradas do tecido adiposo (CANDEK-POTOKAR *et al.*, 2015). Os níveis de androsterona e escatol estão no limiar sensorial duas semanas após a segunda vacinação (KUBALE *et al.*, 2013). Alguns pesquisadores (CLAUS *et al.*, 2007; KUBALE *et al.*, 2013; VAN DEN BROEK *et al.*, 2016) observaram que os suínos permanecem imunocastrados entre oito a 10 semanas após a segunda vacinação.

Nomeadamente, nota-se que alguns animais não reagem à vacinação (não respondedores) devido à fraca reação imunológica ou técnicas de vacinação inadequadas (SKRELP *et al.*, 2012; KUBALE *et al.*, 2013), este número é relativamente baixo (1 a 3%) e é esperado que essa incidência seja equivalente à de criptorquídicos (CANDEK-POTOKAR *et al.*, 2015), como pode ser observado na Figura 1.

Recomenda-se realizar a imunocastração na fase de terminação para que o potencial de crescimento dos suínos machos inteiros seja utilizado por mais tempo (ZARAMATSKAIA; RASmussen, 2015).

Figura 1 – Respostas fisiológicas da imunocastração



Fonte: Candek-Potokar *et al.* (2017).

Desse modo, a imunocastração surgiu como uma prática que pode potencializar o desempenho dos suínos e solucionar o problema de bem-estar causado pela remoção dos testículos. Porém, a dificuldade da aplicação da segunda dose da vacina, devido ao maior peso dos animais na fase de terminação, a variação individual na resposta imunológica (EINARSSON, 2006) e por fim a presença do comportamento sexual de montas e agressões no período que antecede a segunda vacinação (ZAMARATSKAIA *et al.*, 2008; GUAY *et al.*, 2013) são algumas desvantagens na produção comercial de suínos machos imunocastrados.

2.1.2.1 Efeito da imunocastração sobre a produção hormonal e órgãos reprodutivos de suínos machos inteiros

A puberdade de suínos machos inicia-se entre 15^a e 17^a semanas de idade, com o pico de produção de esteróides em aproximadamente 25 semanas de idade (CLAUS *et al.*, 1990). Depois disso os níveis de testosterona decrescem de maneira branda e se estabilizam em altas concentrações, entre 21 e 27 semanas de idade, neste período os órgãos reprodutivos ainda estão em desenvolvimento (KUBALE *et al.*, 2013; CLAUS *et al.*, 2007).

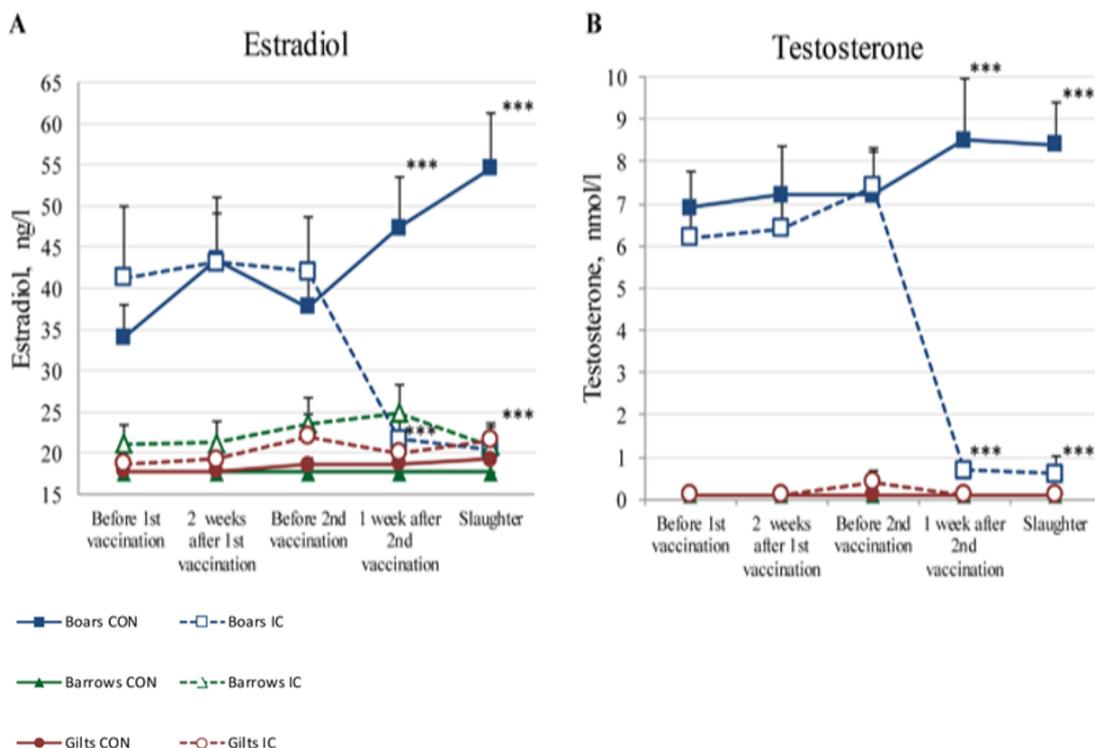
Antes da segunda imunização os suínos machos imunocastrados e suínos machos inteiros apresentam concentrações de testosterona e estradiol semelhantes, assim como tamanho de órgãos reprodutivos (VAN DE BROEK *et al.*, 2016).

Após a segunda vacinação há um rápido aumento de anticorpos anti GnRH, acompanhado por interrupção da esteroidogênese (CLAUS *et al.*, 2007; KUBALE *et al.*, 2013; VAN DEN BROEK *et al.*, 2016), estas mudanças são progressivas e aumentam sua intensidade em até oito semanas (KUBALE *et al.*, 2013).

Em até duas semanas após a segunda imunização, observa-se a redução das concentrações de estradiol, testosterona e LH (CLAUS *et al.*, 2007; KUBALE *et al.*, 2013; VAN DEN BROEK *et al.*, 2016), como pode ser observado na Figura 2. Nesse mesmo período as concentrações de androsterona e escatol estabilizam-se em limiares abaixo dos detectados sensorialmente e semelhantes aos de suínos machos castrados (CLAUS *et al.*, 2007; KUBALE *et al.*, 2013).

A redução gradual da testosterona não é um reflexo dos baixos níveis de síntese contínua, e sim, de sua depuração (CLAUS *et al.*, 1989). As concentrações de testosterona e LH diminuem pelo efeito de clivagem do LH com a cadeia lateral do colesterol que é um passo limitante para a esteroidogênese testicular (VOUTILAINEN *et al.*, 1986). A mesma cinética ocorre para a androsterona (CLAUS *et al.*, 1989).

Figura 2 – Efeito da vacinação anti-GnRH em (A) estradiol, (B) testosterona, em suínos machos inteiros (boars), suínos machos castrados (barrows) e fêmeas (gilts)



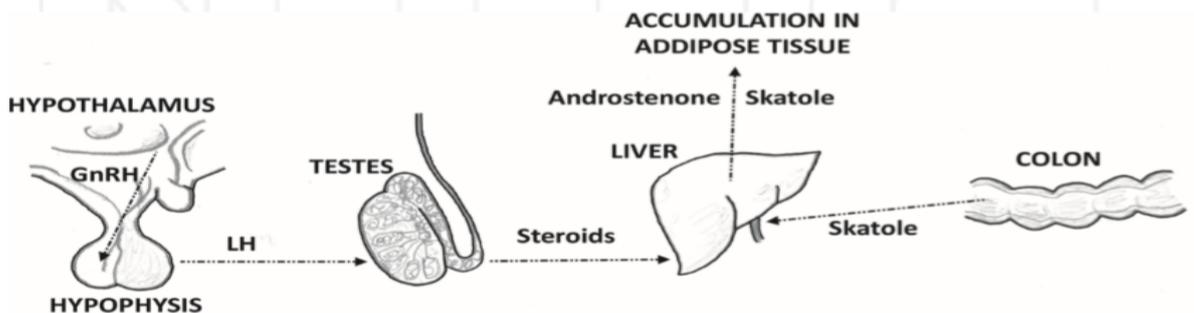
Fonte: Van den Broek *et al.* (2016).

Nota: CON = grupo controle, IC = grupo vacinado anti-GnRH. * P <0,05, ** P <0,01 e *** P <0,001. minado ponto de tempo são observados com asteriscos: * P <0,05, ** P <0,01 e *** P <0,001

A total eliminação do odor ocorre em até quatro semanas após a segunda vacinação (KUBALE *et al.*, 2013), apesar de que alguns estudos relataram que duas semanas são suficientes para depuração dos componentes de odor do tecido adiposo (LEALIIFANO *et al.*, 2011).

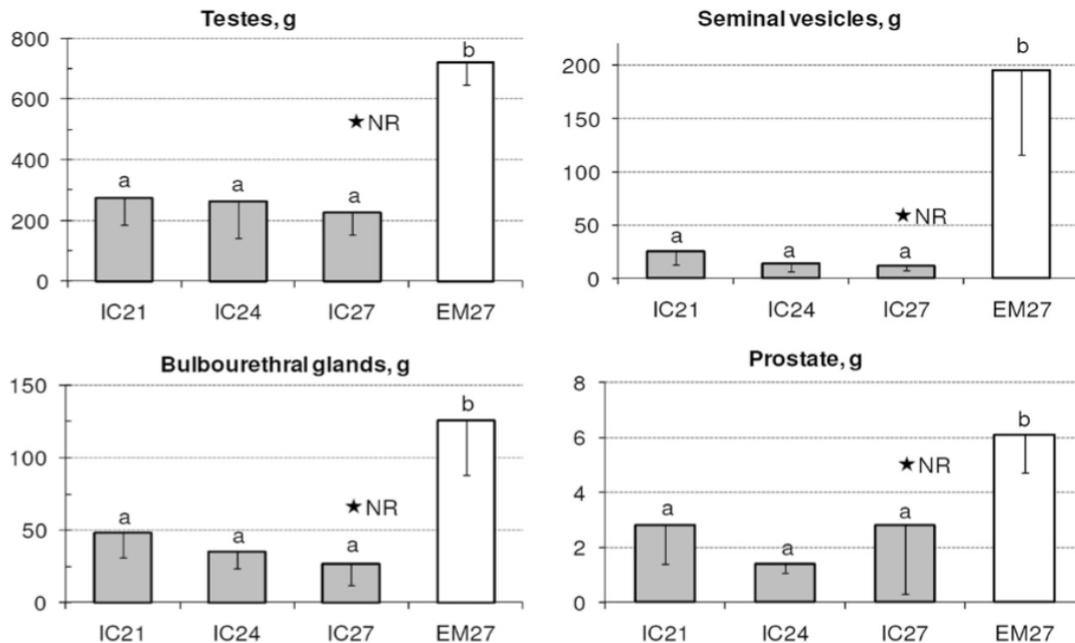
A manutenção de altas concentrações de GnRH associada à ausência de LH induz a redução do tamanho e quantidade de células de Leyding (WAGNER; CLAUS, 2004), há também encolhimento dos túbulos seminíferos, atrofia do epitélio seminífero e perda das células germinativas, interrompendo desta forma a função testicular (EINARSSON *et al.*, 2011; KUBALE *et al.*, 2013). O comprometimento das funções testiculares previne o acúmulo do odor sexual no tecido adiposo (BATOREK *et al.*, 2012) e se encontra representado nas Figuras 3 e 4. Nos suínos machos inteiros, a produção de esteroides testiculares, incluindo androsterona, inibe a depuração hepática do escatol. A androsterona e o escatol são acumulados no tecido adiposo devido à sua natureza lipofílica, causando desse modo o odor característico na carne.

Figura 3 – Relações entre o eixo hipotálamo-hipófise-gonadal, produção de androsterona nos testículos e formação de escatol a partir de triptofano no intestino, e seu metabolismo inter-relacionado no fígado



Fonte: Adaptado de Candek-Potocar *et al.* (2017).

Figura 4 – Peso dos órgãos reprodutores em suínos machos inteiros (EM27) e suínos imunocastrados abatidos 2 (IC21), 5 (IC24) e 8 semanas (IC27) após a segunda vacinação



Fonte: Kubale *et al.* (2013).

Nota: As diferenças estatisticamente significantes ($P < 0,05$) entre os grupos de tratamento são indicadas por diferentes letras minúsculas. As estrelas indicam os valores (não incluídos nas análises estatísticas) observados para um porco não-respondente (NR) no grupo IC27.

2.2 Efeito da castração (física ou imunológica) sobre o desempenho de suínos

Em relação ao sexo, todas as espécies de produção apresentam dimorfismo sexual. Para todas as espécies, os machos inteiros apresentam maior ganho de peso e eficiência alimentar, em suínos, os machos castrados são mais precoces que as fêmeas, depositando tecido adiposo mais cedo. Os machos inteiros são os últimos a depositar o tecido adiposo, apresentado maior proporção de tecido muscular (BRIDI, 1998).

Suínos imunocastrados possuem duas fases fisiológicas distintas: antes e após a segunda dose da vacina anti-GnRH, dessa forma possui o desempenho diferenciado tanto de machos inteiros quanto de machos castrados. Estes animais têm o desempenho semelhante a suínos machos inteiros até o momento da segunda imunização (FABREGA *et al.*, 2010; BATOREK *et al.*, 2012; PULS *et al.*, 2014; VAN DEN BROEK *et al.*, 2016), o que significa menor consumo de ração, menor taxa de crescimento, porém, melhor conversão alimentar do que suínos machos castrados (SKRLEP *et al.*, 2010; BATOREK *et al.*, 2012; PULS *et al.*, 2014; VAN DEN BROEK *et al.*, 2016).

Vários fatores podem influenciar a taxa de crescimento em suínos e, portanto, devem ser levados em consideração quando a taxa de crescimento é comparada entre machos

inteiros, castrados e imunocastrados. Tais fatores incluem os níveis de proteína e aminoácidos da dieta, o consumo de energia, a idade de castração, o peso de abate e o manejo. A inconsistência dos resultados na literatura é, sem dúvida, devida pelo menos em parte, à variabilidade entre estes fatores (XUE *et al.* 1997).

Os suínos machos castrados, geralmente crescem em maior velocidade, acumulam mais gordura e tem menor percentual de proteína na carcaça, comparados com machos inteiros (XUE *et al.*, 1997) que por sua vez possuem melhor conversão alimentar devido a produção de andrógenos e estrógenos sintetizados nos testículos, com outros esteroides, tais como a testosterona (DAVIS; SQUIRES, 1999; OLIVER *et al.*, 2003; BOWEN *et al.*, 2006).

A ação desses hormônios aumenta a retenção de nitrogênio em 23%. Essa alteração também é acompanhada por aumento de deposição proteica de 56% e, conseqüentemente, por redução no conteúdo de gordura corporal em torno de 15% (DAXENBERGER *et al.*, 2001).

Somente após a segunda vacinação que uma reação imune com títulos de anticorpos contra o GnRH é induzida (MEEUSEN *et al.*, 2009). Como consequência, a produção de esteroides sexuais reduz, alterando o comportamento de machos imunocastrados que passam a agir como machos castrados cirurgicamente em relação ao comportamento social, consumo de ração e, conseqüentemente, o desempenho de crescimento (CRONIN *et al.*, 2003). Entretanto, as alterações no ganho de peso de machos inteiros em relação a machos castrados estão relacionadas a agentes anabólicos testiculares (DAVIS; SQUIRES, 1999; SINCLAIR *et al.*, 2005).

Alguns esteroides, como o androstenediol, a dihidroandrosterona e a testosterona podem atuar na retenção de nitrogênio e no crescimento muscular (OLIVER *et al.*, 2003; LANTHIER *et al.*, 2006). Os machos inteiros têm uma capacidade superior de converter os alimentos em músculos, isso ocorre devido ações dos hormônios de crescimento somatotróficos (ESTEVEZ, 2001).

A maioria dos suínos imunocastrados produzem quantidade de anticorpos suficiente para neutralizar a secreção de GnRH rapidamente após a segunda imunização, o que reflete em média 25% de aumento no consumo de ração destes animais quando comparados à suínos machos inteiros (aproximadamente +583g/dia; PAULY *et al.*, 2009; FABREGA *et al.*, 2010; BATOREK *et al.*, 2012; PULS *et al.*, 2014; VAN DEN BROEK *et al.*, 2016).

É citada como causa do aumento do consumo de ração a redução dos níveis de androgênios e estrogênio. Estes hormônios estão relacionados ao menor consumo de ração, e seu declínio reduz os comportamentos sexuais de monta e agressão, o que permite maior tempo para alimentação (ZAMARATSKAIA *et al.*, 2008).

Assim como em relação a machos inteiros, machos imunocastrados também consomem maior quantidade de ração do que machos castrados, em média 15% (+390g/dia) (FABREGA *et al.*, 2010; BATOREK *et al.*, 2012; PULS *et al.*, 2014; VAN DEN BROEK *et al.*, 2016). A hipótese mais utilizada para explicar este fenômeno é relacionada às menores concentrações de leptina em imunocastrados (BATOREK *et al.*, 2012) em conjunto com quantidade elevada de IGF-1 (CLAUS *et al.*, 2007). Em contrapartida, Van den Broek *et al.* (2016) não relataram diferenças na concentração de leptina de suínos imunocastrados comparado à suínos castrados neste período.

Há indícios que os machos castrados têm correlações genéticas positivas entre ingestão residual e concentração plasmática de leptina (BOWEN *et al.*, 2006, HOQUE *et al.*, 2009), o que poderia explicar o consumo mais elevado. No caso de machos inteiros, a redução estaria em parte relacionada aos níveis de testosterona, que se correlaciona negativamente com a ingestão de alimento (LANTHIER *et al.*, 2006).

O consumo de ração de diferentes categorias sexuais pode ser influenciado por características da dieta (perfil de aminoácidos, densidade energética, granulometria, dentre outras) e do animal (composição do ganho, níveis de leptina e testosterona dentre outras). Mas não é possível atribuir o aumento do consumo a uma característica isolada, pois elas são complexas e inter-relacionadas.

Apesar do maior consumo de ração após a segunda imunização, o crescimento de suínos imunocastrados também é estimulado, estes animais ganham em média 99 e 130g/dia a mais de peso do que suínos machos inteiros e machos castrados respectivamente (BATOREK *et al.*, 2012; DUNSHEA *et al.*, 2013; DEMORI *et al.*, 2015). Puls *et al.* (2014) observaram que suínos imunocastrados em média 30% maior consumo de ração acompanhado de 22,5% do aumento de peso de suínos imunocastrados comparados à suínos castrados após a segunda vacinação.

Desse modo, a conversão alimentar de suínos imunocastrados aumenta em média 15% em relação à suínos machos inteiros, no entanto, a média é 15% menor em relação à suínos machos castrados (+30g/g e -35 g/g) (PALY *et al.*, 2009; SKRLEP *et al.*, 2010; BATOREK *et al.*, 2012b; DUNSHEA *et al.*, 2013; PULS *et al.*, 2014; DEMORI *et al.*, 2015; VAN DEN BROEK *et al.*, 2016).

Neste período os níveis de IGF-1 reduzem em imunocastrados comparados a machos inteiros (METZ; CLAUS, 2003), porém isto acontece de forma mais lenta do que a redução dos níveis de esteroides testiculares (CLAUS *et al.*, 2007), logo o maior consumo de ração associado à maior taxa de crescimento acompanhada dos níveis de IGF-1 (que também

estimulam a deposição proteica) fazem com que suínos machos imunocastrados permaneçam mais eficientes do que machos castrados após a segunda vacinação (ZAMARATSKAIA *et al.*, 2008).

A principal razão para as diferenças de desempenho observadas na literatura está relacionada, principalmente, à data da imunização: quanto maior o tempo decorrido entre a segunda vacinação e o abate, maior a diferença entre os machos imunocastrados e inteiros. À medida que é estendido o tempo de abate (por mais de quatro a seis semanas após a dose reforço), o consumo de ração aumenta de tal forma que o consumo extra de energia extrapola o requerido para deposição de proteína e há aumento da deposição de gordura, fazendo com que estes animais percam a eficiência, de modo a aumentar sua conversão alimentar em relação à suínos castrados (ZAMARATSKAIA *et al.*, 2008). Aluwé *et al.* (2015) não observaram diferença de desempenho entre suínos imunocastrados quatro ou seis semanas após a segunda imunização.

Considerando o período entre a primeira vacinação e o abate, os suínos machos imunocastrados são mais eficientes do que suínos castrados devido à sua fisiologia similar à machos inteiros antes da segunda imunização, período que compreende em média 80% de sua vida. Batorek *et al.* (2012a) relataram em sua metanálise que imunocastrados consomem 130g/dia menor quantidade de ração, ganham 26g/dia mais peso e têm 19g/g de redução na conversão alimentar comparados com suínos castrados neste período.

As Tabelas 1 e 2 demonstram, a partir das pesquisas realizadas, o consumo de ração e conversão alimentar de suínos machos inteiros, suínos machos imunocastrados e suínos machos castrados no período que representa a primeira vacinação anti-GnRH até o abate.

Tabela 1 – Consumo de ração médio diário (kg/dia) de suínos machos imunocastrados (IC) e suínos machos castrados (SC) da primeira vacinação anti-GnRH até o abate

Autor	Nº de animais avaliados	Faixa de peso corporal (kg) médio	SC	IC	p-valor	
Tonietti, 2008	48	-		2,11	2,09	>0,05
Pauly <i>et al.</i> , 2009	39	27,67 - 107,03		2,36	2,22	<0,05
Skrlep <i>et al.</i> , 2010	75	30,90 - 120,00		3,21	3,06	<0,05
Albrecht, 2011	446	22,70- 108,00		2,90	2,89	>0,05
Albrecht, 2011 ^B	446	22,70- 108,00		2,81	2,71	<0,05
Morales <i>et al.</i> , 2011	180	31,35 - 122,63		2,52	2,41	<0,05
Morales <i>et al.</i> , 2011 ^B	180	32,97 - 127,17		2,66	2,45	<0,05
Morales <i>et al.</i> , 2010	180	-		2,25	2,14	<0,05
Batorek <i>et al.</i> , 2012	72	28,40 - 101,23		2,80	2,68	<0,05
Bradley <i>et al.</i> , 2013	180	92,79 - 136,25		2,85	2,70	<0,05
Puls <i>et al.</i> , 2013	192	67,23 - 131,70		3,06	3,11	<0,05

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 2 – Conversão alimentar (kg/kg) de suínos machos inteiros (EM), suínos machos imunocastrados (IC) e suínos machos castrados (SC) da primeira vacinação anti-GnRH até o abate

Autor	Nº de animais avaliados	Faixa de peso corporal (kg) médio	SC	IC	EM	p-valor
Tonietti, 2008	48	-	2,45	2,24	-	<0,05
Pauly <i>et al.</i> , 2009	39	27,67 - 107,03	2,54	2,41	2,34	<0,05
Skrllep <i>et al.</i> , 2010	75	30,90 - 120,00	3,23	2,99	2,82	<0,05
Albrecht, 2011 (I)	446	22,70- 108,00	2,89	2,63	-	<0,05
Albrecht, 2011 (II)	446	22,70- 108,00	2,88	2,53	-	<0,05
Morales <i>et al.</i> , 2011	180	31,35 - 122,63	2,74	2,55	-	<0,05
Morales <i>et al.</i> , 2011	180	32,97 - 127,17	2,74	2,55	-	<0,05
Morales <i>et al.</i> , 2010	180	-	2,74	2,55	2,45	<0,05
Batorek <i>et al.</i> , 2012	72	28,40- 101,23	2,96	2,64	2,71	<0,05
Bradley, 2013 (I)	180	92,79 - 136,25	2,97	2,72	-	<0,05
Puls, 2013 (I)	192	67,23 - 131,7	2,99	2,70	2,52	<0,05

Fonte: Elaboração própria.

Zamaratskaia *et al.* (2008), em estudos comparando suínos imunocastrados, castrados cirurgicamente e machos inteiros, observaram que houve diferenças entre as diferentes categorias sexuais somente para ganho de peso, enquanto que Dunshea *et al.* (2001) e Pauly *et al.* (2009) observaram diferenças significativas para diferentes parâmetros de desempenho

Nos estudos realizados por Pauly *et al.* (2009), no qual avaliaram desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos machos castrados, imunocastrados e machos inteiros observaram que durante todo o período experimental, os suínos machos castrados tenderam a crescer mais rápido do que machos inteiros, consumiram maior quantidade de ração e tiveram menor eficiência alimentar do que as demais categorias sexuais. Durante o período final de terminação, suínos imunocastrados obtiveram maior taxa de crescimento que as demais categorias sexuais.

Skrllep *et al.* (2010) avaliaram o efeito da vacina contra GnRF sobre o desempenho, órgão reprodutivos e compostos responsáveis pelo odor na carcaça e não observaram diferença no ganho de peso diário entre os grupos experimentais.

Dunshea *et al.* (2010) afirmam que tanto o ganho de massa magra quanto o consumo de ração são semelhantes até duas semanas após a segunda vacinação, Tonietti (2008), em contrapartida, observou consumo de ração equivalente para imunocastrados e suínos castrados após a primeira vacinação.

Segundo Pauly *et al.* (2009) na fase de terminação, imunocastrados obtiveram melhor conversão alimentar que suínos machos castrados, este estudo está de acordo com o realizado por Skrllep *et al.* (2010) que também verificaram melhor conversão alimentar para machos inteiros, seguida de machos imunocastrados e pior conversão alimentar para machos castrados.

2.3 Efeito da castração (física ou imunológica) sobre as características de carcaça e qualidade de carne de suínos

O sexo é fator determinante do desempenho e das características quantitativas de carcaça. Fêmeas possuem rendimento de carcaça quente superior aos machos imunocastrados, que por sua vez apresentam rendimento superior aos machos castrados (MORAES *et al.*, 2010). Algumas meta-análises mostraram que imunocastrados possuem em média 2% a 3% menor rendimento de carcaça do que suínos castrados (BATOREK *et al.*, 2012a; YUAN *et al.*, 2012; DUNSHEA *et al.*, 2013). Dunshea *et al.* (2013) relataram que esta diferença pode estar atribuída à presença dos órgãos reprodutivos (mesmo que de forma atrofiada) e também pelo maior peso de fígado e rins (PAULY *et al.*, 2009; BOLER *et al.*, 2014), embora Demori *et al.* (2015) não observaram diferença para esta variável.

No entanto, o rendimento da carcaça pode ser altamente variável e pode estar relacionado com a duração da retirada da alimentação antes do abate e a idade do suíno no momento da segunda imunização.

Os testículos representaram entre 0,20 e 0,28% do peso vivo final em três estudos que relataram peso de testículos (DUNSHEA *et al.*, 2001; PAULY *et al.*, 2009; GISPERT *et al.*, 2010). Pauly *et al.* (2009) relataram que suínos imunocastrados tinham fígados que eram 141 g mais pesados do que fígados de suínos castrados, mas a hipótese que melhor explica o menor rendimento de carcaça é relacionada ao aumento da ingestão alimentar (DUNSHEA *et al.*, 2001) e, portanto, aumentou o peso de enchimento intestinal e a massa intestinal de imunocastrados comparados à castrados (BOLER *et al.*, 2014).

Os suínos machos imunocastrados possuem maior percentual de carne magra em relação aos machos castrados (MORAES *et al.*, 2010) e menor do que machos inteiros (BOLER *et al.*, 2011). Como a efetiva castração de destes animais efetiva-se duas semanas após a segunda vacinação, o potencial anabólico de machos inteiros até este período reflete em menor espessura de toucinho e maior porcentagem de carne magra (PAULY *et al.*, 2009; MORAES *et al.*, 2010; BATOREK *et al.*, 2012; DUNSHEA *et al.*, 2013; DEMORI *et al.*, 2015) quando comparados à suínos machos castrados.

A castração influencia a quantidade de carne magra na carcaça. Animais imunocastrados apresentaram maior teor de carne magra na carcaça, menor percentagem de gordura subcutânea e menor espessura de toucinho em relação aos animais castrados cirurgicamente (SANTOS 2009). Entretanto, Pauly *et al.* (2009) observaram que a gordura subcutânea foi 10,8 % e 19,5 % maior para machos castrados cirurgicamente em relação ao

imunocastrado e inteiro. A espessura de toucinho na altura da última costela também foi mais elevada para machos castrados em relação aos inteiros e imunocastrados. Com isso concluíram que machos inteiros têm melhor qualidade de carcaça, seguido por machos imunocastrados e, por fim, machos castrados cirurgicamente.

Os estudos que comparam a qualidade de carne de machos imunocastrados e castrados (PAULY *et al.*, 2009; MORALES *et al.*, 2010; BOLER *et al.*, 2011; BATOREK *et al.*, 2012a), não têm apresentado diferença entre as características avaliadas, concluindo que imunocastrados possuem carcaça mais magras que suínos machos castrados, porém, com igual qualidade de carne.

2.4 Efeito da castração (física ou imunológica) sobre as exigências nutricionais de suínos

Suínos machos imunocastrados apresentam metabolismo diferenciado em relação aos machos castrados e às fêmeas, o que pode causar mudanças de suas exigências nutricionais, principalmente de proteína (KIEFER *et al.*, 2011). Esses animais possuem desempenho e deposição de proteína superiores à suínos machos castrados devido ao padrão hormonal semelhante a machos inteiros até a segunda imunização anti-GnRH (DUNSHEA *et al.*, 2001).

Tabela 3 – Taxa de deposição de proteína (g/dia) em suínos machos inteiros e suínos machos castrados de acordo com diversos autores

Referência	Suínos machos inteiros	Suínos castrados	Categoria de peso (kg)
Campbell e Tavanner (1988)	128	85	45 a 90
Fuller <i>et al.</i> (1995)	172	152	40 a 85
Quiniou <i>et al.</i> (1996)	191	154	45 a 100
Van Miglent <i>et al.</i> (2000)	196	188	PdMax 100*
Van Miglent <i>et al.</i> (2000)	175	156	PdMax 150*

Fonte: Millet *et al.* (2011).

Nota: PDmax= máxima deposição de proteína; PDmax100 = limite superior para deposição de proteína aos 100 dias de idade; PDmax150 = limite superior para deposição de proteína aos 150 dias de idade.

Em suínos machos inteiros, os estrógenos produzidos nos testículos têm feedback positivo com GH e IGF-1, juntos, andrógenos e estrógenos contribuem com o metabolismo anabólico (CLAUS *et al.*, 1994). Em comparação à suínos machos castrados, os machos inteiros apresentam menor consumo de ração e melhor conversão alimentar. Portanto, para suportar a maior taxa anabólica, suínos machos inteiros possuem maiores exigências nutricionais de lisina digestível do que suínos machos castrados (NRC 2012) e, decorrente ao menor consumo de ração as dietas utilizadas para esta categoria devem ser mais nutricionalmente mais densas do que as de suínos castrados (ZALTRON *et al.*, 2009).

Devido a essas particularidades, as exigências nutricionais de suínos imunocastrados são diferentes das exigências de suínos castrados e têm suas peculiaridades de acordo com as diferentes fases fisiológicas destes animais. Dentre as exigências de nutrientes, tem sido dada atenção especial às exigências de lisina e de energia, por impactar sobre o desempenho zootécnico, a deposição de carne magra e os custos de produção (SILVA *et al.*, 2011).

A castração dos machos – que se traduz em redução na deposição diária de proteína e em aumento na deposição de lipídios quando alimentados *ad libitum* – tem como consequência a diminuição das necessidades diárias de lisina, o incremento das necessidades energéticas e a diminuição da relação Lisd/ED (NOBLET; QUINIOU, 2001). Segundo os mesmos pesquisadores, a deposição de proteína pode ser influenciada pelo consumo de energia, é necessário considerar, conjuntamente, as necessidades do suíno em proteína e energia, as quais podem ter valores variáveis dependendo das características do animal (peso, genótipo e sexo), das características climatológicas do meio ambiente e do estado sanitário.

Suínos depositam proteína na carcaça em razão do consumo de energia até o máximo que o potencial genético permite. Assim, quando o limite genético de deposição de músculos é atingido, o consumo, em excesso, de energia irá promover a deposição de gordura na carcaça (BELLAYER; VIOLA, 1997). Dunshea *et al.* (2008) observaram que a taxa de deposição de tecido magro de suínos imunizados parece ser mantida comparada à de suínos machos inteiros em média, por quatro semanas após a segunda vacinação, o que sugere uma necessidade diária de lisina semelhante aos mesmos. Contudo o consumo de ração é muito maior em média 12 dias após este evento, portanto, o teor de lisina dietético poderia ser reduzido (DUNSHEA *et al.*, 2013).

2.3.1 Efeito de diferentes planos nutricionais sobre o desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados e imunocastrados na fase de crescimento

Moore e Mullan (2010) avaliaram os efeitos de diferentes níveis de lisina sobre o consumo, ganho de peso e conversão alimentar na fase de 20 a 50 kg com dietas que continham 3.490 kcal de ED/kg. A relação dos demais aminoácidos e lisina digestível foi mantida constante. Os autores verificaram que os machos inteiros apresentaram menor ganho de peso diário, menor consumo de ração e melhor conversão alimentar quando comparada as fêmeas. Com base nestes resultados os autores estimaram as exigências em lisina digestível para machos inteiros de 20 a 35 kg e de 35 a 50 kg em 1,168% e 1,124%, respectivamente, o que correspondeu a 0,80 e 0,77 g de lisina digestível/MJ de energia digestível.

Kiefer *et al.* (2011), avaliando quatro níveis de lisina digestível (0,90, 1,00, 1,10 e 1,20%) em dietas contendo 3.230 kcal de EM/kg sobre o desempenho de suínos machos não castrados dos 67 aos 107 dias, recomendam o mínimo de 1,20% de lisina digestível na dieta de suínos machos não castrados de alto potencial genético em fase de crescimento o que corresponde a um consumo de lisina digestível de 19,78 g/dia. Observaram que houve efeito linear dos níveis de lisina digestível sobre o peso final e conversão alimentar ($P \leq 0,05$).

Boler *et al.* (2011) observaram que, quando machos imunocastrados foram alimentados com altos teores de lisina na dieta, o rendimento de cortes de carcaça foi 2,5 % maior do que os valores encontrados para suínos castrados, sem apresentar efeitos negativos sobre as variáveis de qualidade da carne. Os mesmos autores relataram que, o aumento da lisina da dieta elevou o rendimento dos cortes, diminuiu a espessura de toucinho e aumentou da porcentagem de carne magra de suínos imunocastrados.

A análise de regressão de Dunshea *et al.* (2013), mostrou que os requerimentos de lisina digestível diminuem com o aumento do peso corporal e são maiores para suínos machos inteiros/imunocastrados do que para suínos castrados; além disso, ele tem aumentado ao longo dos anos (0,00139 g de lisina digestível/ MJ EM/ ano). Esses mesmos autores observaram que a exigência de lisina digestível para imunocastrados é 5% maior do que para suínos castrados dos 25 aos 50kg; 14% maior dos 50 aos 95kg e igual dos 95 aos 125kg (o que equivale quatro a cinco semanas após a segunda vacinação até o abate).

A retenção de nitrogênio em suínos machos inteiros é maior do que a retenção em imunocastrados e castrados de quatro a cinco semanas após a segunda vacinação, o que indica que as exigências de lisina de imunocastrados podem assemelhar-se às de suínos castrados a partir de então (METZ *et al.*, 2002).

O aumento do catabolismo de proteína está associado com a redução da atividade testicular, tal como mensurada pela testosterona plasmática, entretanto o IGF-1, que tem demonstrado correlação positiva com a taxa de crescimento, decresce lentamente e não atinge um platô mesmo em duas semanas após a segunda imunização (CLAUS *et al.*, 2007; BAUER *et al.*, 2008).

Elsberned (2014) recomendou plano de lisina digestível dos 30 aos 119 kg = 1,01; 0,81; 0,55% para imunocastrados e 0,86; 0,60; 0,47% para suínos castrados, baseados no ganho de peso e conversão alimentar (dos 30 aos 65kg; 65 a 100kg; 100 a 140kg respectivamente). Este autor observou que após a segunda vacinação, apesar da semelhança fisiológica de suínos imunocastrados e suínos castrados, os requerimentos de lisina digestível continuam sendo maiores para imunocastrados.

Moore *et al.* (2016), assim como Elsberned (2014), concordaram que suínos machos imunocastrados continuam a ter maiores exigências nutricionais de lisina digestível do que suínos castrados após a segunda imunização. Nesse sentido, os autores propuseram um programa alimentar diferenciado para suínos imunocastrados após a segunda vacinação, de acordo com o padrão temporal das mudanças fisiológicas que ocorrem deste momento ao abate. A recomendação foi de 0,64- 0,43- 0,36 g de lisina digestível/ MJ de energia digestível de 1 a 2 semanas; 2 a 4 semanas e 4 a 6 semanas respectivamente após a segunda vacinação, o que correspondeu a 0,42 g de lisina digestível/ MJ de energia digestível da segunda vacinação ao abate.

Os estudos que avaliaram as exigências nutricionais dos suínos imunocastrados contemporâneos são escassas (KIEFER *et al.*, 2011; DUNSHEA *et al.*, 2013) assim como a comparação das exigências nutricionais destes animais com suínos castrados, porém a maioria dos trabalhos existentes confirmam a maior exigência nutricional de suínos machos imunocastrados comparada às exigências nutricionais de suínos machos castrados pelo menos até a segunda imunização.

Além disso, parece não haver quaisquer estudos de dose-resposta na literatura que estimem as concentrações de lisina digestível requeridas para imunocastrados após a segunda imunização (MOORE *et al.*, 2016), fazendo com que sejam adotadas as exigências nutricionais de suínos machos inteiros até a dose reforço e, a partir desse momento, são utilizadas as exigências nutricionais de suínos machos castrados para essa categoria sexual.

Silva (2013), ao avaliar o efeito dos planos nutricionais sobre o desempenho, características de carcaça e a viabilidade econômica das dietas de suínos machos imunocastrados, não observou efeito dos níveis de lisina digestível (0,90 e 1,0%) sobre o desempenho de suínos na fase de crescimento dos 94 aos 122 dias de vida (59 a 91 kg), sugerindo que 22,6 g de lisina digestível/dia atende as necessidades para essa categoria.

2.4 Estratégias de manejo que visam melhorar o desempenho de suínos na fase de terminação

Os suínos apresentam um crescimento em função do tempo que pode ser representado por uma curva sigmóide, sendo este modelo teórico o mais aceito para explicar o crescimento dos animais. Durante os estágios precoces do crescimento, a taxa de ganho de peso aumenta (fase de aceleração) até o indivíduo alcançar a puberdade, que corresponde a uma taxa de crescimento linear relativamente constante. Depois, a taxa de crescimento diário começa a

declinar gradualmente, chegando a zero quando o animal atinge o peso corporal adulto (BRIDI, 1998).

Desse modo, à medida que os animais envelhecem a eficiência dos mesmos decresce e a deposição de gordura na carcaça aumenta, assim como o consumo de ração também aumenta. Nesse sentido, várias práticas de manejo são realizadas na tentativa de retardar tais efeitos.

2.4.1 Ractopamina

A ractopamina é um agonista β -adrenérgico da classe das fenetanolaminas que atua como repartidor de nutriente redirecionando os mesmos do tecido adiposo para o tecido magro (MOODY *et al.*, 2000). As feniletanolaminas são compostos que possuem afinidade por receptores alfa e beta, com estrutura química basicamente composta por um anel aromático, o nitrogênio alifático e uma cadeia lateral de etanolamina (SMITH, 1998). Essa estrutura é similar à epinefrina e norepinefrina (catecolaminas), com a diferença de que essas são endogenamente produzidas, ao passo que a ractopamina é sinteticamente produzida (BELLAVÉR *et al.*, 1991). A ractopamina age diretamente ou indiretamente em diversos processos relacionados ao metabolismo animal, tais como: alterando o metabolismo proteico (BERGEN *et al.*, 1989), reduzindo a capacidade lipogênica dos animais (MILLS *et al.*, 1990), e melhorando a qualidade da carne (ALMEIDA *et al.*, 2010).

A ação da ractopamina inicia pela estimulação do receptor β -adrenérgico correspondente, gerando um composto aditivo-receptor. Esse composto se conjuga a uma proteína de ligação ativando-a e esse estímulo modifica a fluidez da membrana celular. O padrão de deslocamento promove aumento da atividade da enzima adenilato ciclase na porção interna da membrana plasmática e que forma o AMP cíclico, produto resultante do trifosfato de adenosina. O monofosfato cíclico de adenosina (cAMP) promove fosforilação enzimática indireta através da ativação da proteína quinase e essas enzimas fosforiladas levarão a respostas metabólicas específicas (MOODY *et al.*, 2000).

A principal ação do aditivo ocorre na célula adiposa (estímulo à lipólise e inibição da lipogênese, ocorrendo também influência no músculo esquelético (estímulo à síntese de proteína e inibição da proteólise (HAESE; BUNZEN, 2005).

2.4.1.1 Efeito da ractopamina sobre o desempenho e características de carcaça de suínos

Devido ao limitado número de informações que indicaram o aumento do tecido magro e redução do tecido adiposo em suínos machos imunocastrados, Rikard-Bell *et al.* (2009) realizaram um estudo avaliando diferentes categorias sexuais e a inclusão de ractopamina na dieta de terminação por 31 dias (14 dias iniciais 5 ppm e os 17 dias finais 10 ppm) para avaliar se a inclusão deste aditivo na dieta poderia aumentar a deposição de tecido magro em todas as categorias sexuais e reduzir a deposição de gordura. Estes autores observaram que a imunocastração causou redução da deposição de proteína, aumento da deposição de gordura juntamente com o incremento do consumo de ração na metade final da avaliação, e que, a adição da ractopamina na dieta pode reduzir a deposição de gordura na carcaça de suínos machos inteiros e suínos imunocastrados.

Moraes *et al.* (2010) realizaram a inclusão de 10 ppm de ractopamina na dieta de suínos imunocastrados, castrados e fêmeas. Os autores observaram que a inclusão desse aditivo na dieta melhorou a conversão alimentar independente do sexo, porém, prejudicou o ganho de peso de suínos imunocastrados e aumentou o ganho de peso das outras categorias sexuais, sem que houvesse diferenças nas características de carcaça. Relataram, ainda, que o sexo foi determinante para o desempenho e características de carcaça: machos castrados apresentaram o pior rendimento de carcaça e pior porcentagem de carne magra.

Ao observarem o desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados e suínos imunocastrados consumindo dietas com diferentes níveis de aminoácidos e inclusão ou não de ractopamina Lanferdini *et al.* (2011) relataram que, suínos machos castrados alimentados com dietas sem a inclusão de ractopamina atingiram a idade ao abate 5,5 kg mais leves que os outros tratamentos que consumiram a ractopamina. Assim como o desempenho, as dietas não influenciaram as características de carcaça de suínos machos imunocastrados e castrados. A inclusão da ractopamina na dieta aumentou o peso dos animais, rendimento de carcaça quente e reduziram a espessura de toucinho. Esses autores concluíram que a adição da ractopamina na dieta melhora o peso corporal e características de carcaças dos suínos, independente do tipo de castração.

Barbosa *et al.* (2012) observaram que a ractopamina aumenta o ganho de peso em fêmeas, machos castrados e machos imunocastrados de 92 a 125 kg, e que os machos imunologicamente castrados têm as melhores respostas de desempenho para a ractopamina, mas com perdas no rendimento da carcaça, área de olho de lombo e espessura de toucinho.

Ao avaliarem três categorias sexuais (suínos machos castrados, imunocastrados e fêmeas) e a adição de 5 ppm de ractopamina na dieta de imunocastrados dos 67 kg aos 132 kg (peso de abate), Puls *et al.* (2014) observaram que a castração imunológica – quando

comparada à castração física – promove melhor ganho de peso e maior consumo de ração. E que a inclusão de ractopamina, na fase final da terminação, aumentou o ganho de peso e melhorou a conversão alimentar de suínos imunocastrados.

Lowe *et al.* (2014) observaram que tanto a castração imunológica quanto o uso da ractopamina melhoraram as características da carcaça dos suínos e que, além disto, as duas tecnologias foram aditivas.

O ajuste de aminoácidos é outro ponto que precisa ser levado em consideração quando os animais são suplementados com ractopamina. Alguns autores (XIAO *et al.*, 1999; ROSTAGNO *et al.*, 2011) recomendam aproximadamente 30% de aumento dos níveis de aminoácidos devido ao anabolismo proteico causado por este aditivo, outros autores relataram que diferentes níveis de suplementação exigem diferentes ajustes aminoácidos (WEBSTER *et al.*, 2007). Nedham *et al.* (2017) observaram que a ractopamina só obteve efeito sobre a conversão alimentar dos animais quando se aumentou o nível de proteína na dieta. No presente estudo, não houve diferença de inclusão de aminoácidos na dieta de acordo ou não com a inclusão da ractopamina, o que pode ter mascarado seu efeito.

2.4.2 Restrição alimentar para suínos machos imunocastrados e suínos machos castrados

O interesse do uso da imunocastração reside no desempenho mais próximo à machos inteiros do que machos castrados. Contudo após a efetivação da imunocastração o consumo de ração aumenta consideravelmente, o que diminui as vantagens dos machos imunocastrados comparados à machos inteiros (BATOREK *et al.*, 2012a).

Consequentemente, não apenas consumo de ração varia após a segunda vacinação, mas também o potencial taxa de deposição de proteína (MOORE *et al.*, 2016b). Nesse contexto, a restrição alimentar surge como uma proposta para tentar melhorar a conversão alimentar destes animais e evitar o excesso de deposição de gordura na carcaça. Porém, os estudos de níveis de alimentação para imunocastrados são escassos (BATOREK *et al.*, 2012b; QUINIOU *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2012).

Silva *et al.* (2011) relataram que, para melhorar o ganho de peso e aproveitar o potencial de conversão alimentar dos machos inteiros, é necessário estimular o consumo de suínos imunocastrados, no período de 60 a 150 dias de idade. Portanto, qualquer nível de restrição alimentar nessa fase, pode comprometer o ganho de peso e a conversão alimentar ao abate, além de aumentar o número de dias necessários para alcançar o peso de abate desejado, o resultado em perda econômica.

Batorek *et al.* (2012b) observaram que a restrição alimentar não afetou o desempenho e composição de carcaça dos suínos, no entanto, suínos imunocastrados alimentados de forma restrita tenderam a ter características semelhantes às de suínos machos inteiros, enquanto imunocastrados alimentados *ad libitum* tenderam a ter características mais próximas às de suínos castrados. A qualidade de carne não foi afetada pela restrição. De forma semelhante, Moore *et al.* (2016b) observaram que quando suínos imunocastrados são alimentados de forma restrita, existe tendência à menor deposição de gordura do que quando alimentados à vontade após a segunda imunização.

Em contrapartida, Quiniou *et al.* (2012) relataram que em suínos selecionados para deposição de carne magra, a restrição alimentar não foi associada à uma significativa diferença de eficiência e magreza de carcaça, assim como relatado por Santos *et al.* (2012). Tal resposta seria consistente com uma relação linear-paltô, em que plateau seria muito curto, isto é, o consumo de energia *ad libitum* seria apenas ligeiramente acima à do nível requerido para maximizar ganho de proteína e minimizar o ganho de lípidos (QUINIOU *et al.*, 2012).

Para Santos *et al.* (2012), a restrição alimentar resulta em melhor conversão alimentar para os suínos machos castrados em relação aos imunocastrados, no entanto, piora o ganho de peso e não altera as características de carcaça dos suínos machos castrados e imunocastrados.

O nível máximo de deposição de proteína de suínos imunologicamente castrados não é alcançado entre quatro a cinco semanas após a segunda vacinação, todavia, isso não implica que o ganho de proteína corporal permaneça constante. Porém, o aumento do consumo de ração nesse período não é suficiente para ultrapassar a quantidade mínima de energia necessária para expressar o potencial da taxa de deposição de proteína (CANDEK-POTKAR *et al.*, 2015).

Um estudo realizado (BAUER *et al.*, 2008) com dois níveis de alimentação (2,0 e 3,0kg) para suínos machos imunocastrados, demonstrou que maiores níveis de alimentação aumentaram as concentrações de IGF-1 circulante (+28,0%), que foi associada ao maior ganho de peso e síntese de proteína, porém, sem que houvesse excessivo acúmulo de gordura.

Os autores Batorek *et al.*, 2012b, Quiniou *et al.*, 2012, Santos *et al.*, 2012 e Moore *et al.*, 2012, concordaram que a restrição alimentar afeta a taxa de crescimento de suínos imunocastrados, além disso, houve maior incidências de lesões na carcaça no período de terminação (QUINIOU *et al.*, 2012) e antes do abate (BATOREK *et al.*, 2012). Quando esse sistema foi adotado, essa situação poderia ser intensificada nos sistemas comerciais, nos quais a densidade de animais é maior, o que intensifica a competição (QUINIOU *et al.*, 2012).

Quiniou *et al.* (2012) concluíram em seu estudo que o nível de alimentação após a segunda vacinação não influenciou a eficiência alimentar de suínos imunocastrados, porém, prejudicou seu crescimento e aumentou o número de lesões no final do período de terminação, e que, por estes motivos, a restrição alimentar para suínos imunocastrados não têm interesse prático.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, V. V. *et al.* Ractopamine, chromium-methionine and their combinations as metabolism modifier feed additives of growing and finishing pigs. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 39, n. 9, p. 1969-1977, 2010.
- BARBOSA, C. E. T. *et al.* Ractopamine in diets for finishing pigs of different sexual categories. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 41, p.1173-1179, 2012.
- BATOREK, N.; CANDEK-POTOKAR, M.; BONNEAU, M.; VAN MILGEN. Meta-analysis of the effect of immunocastration on production performance, reproductive organs and boar traint compounds in pigs. **Animal**, v.8, p.1330-1338, 2012a.
- BATOREK, N.; SKRLEP, M.; PRUNIER, A. *et al.* Effect of feed restriction on hormones, performance, carcass traits, and meat quality in immunocastrated pigs. **Journal of Animal Science**, v. 90, p.4593-4603, 2012b.
- BAUER, A.; LACORN M.; DANOWISK, K.; CAUS, R. Effects of immunization against GnRH on gonadotropins, the GH-IGF-I-axis and metabolic parameters in barrows. **Animal**, v. 2, p. 1215-1222, 2008.
- BAUER, A.; LACORN, M.; CLAUS, R. Effects of two levels of feed allocation on IGF-I concentrations and metabolic parameters in GnRH-immunized boars. **Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 93, p. 744-753, 2008.
- 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. 10, p. 1795-1802, 1991
- BERGEN, W. G., JOHNSON, S. E., SKJAERLUND, D. M., BABIKER, A. S., AMES, N. K., MERKEL, R. A., ANDERSON, D. B. Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.67, p. 225-2262, 1989.
- BOLER, D. D.; KUTZLER, L. W.; MEEWSE, D. M. *et al.* Effects of increasing lysine on carcass composition and cutting yields of immunologically castrated male pigs. **Journal Animal Science**, v. 89, p. 2189-2199, 2011.
- BOLER, D. D.; PULS C. L.; CLARK, D. L. *et al.* Effects of immunological castration (Improvest) on changes in dressing percentage and carcass characteristics of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 359-368, 2014.
- BOWEN, A. *et al.* Immunization of pigs against chicken gonadotropin-releasing hormone-II and lamprey gonadotropin-releasing hormone-III: Effects on gonadotropin secretion and testicular function. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 2990-2999, 2006.
- BONNEAU M. Accessory sex glands as a tool to measure the efficacy of immunocastration in male pigs. **Animal**, v. 4, p. 930-932, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto, nº 30.691, de 29 de março de 1952.** Aprova o Novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Brasília, 1952.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Informação Diversa nº 061, de 23 de abril de 2007.** Autorização para Abate de Suínos Imunocastrados. Brasília, 2007.

BROOKS, R.I.; PEARSON, A.M.; HOGBERG, M.G. *et al.* An immunological approach for prevention of boar odor in pork. **Journal of Animal Science**, v. 62, p. 1279-1289, 1986.

CANDEK-POTKAR, M.; LUKAC, N. B.; LABUSSIÈRE, E. Immunocastration in Swine. *In: International Congress New Perspectives and Challenges of Sustainable Livestock Production*, 4. **Anais [...]**, p. 324-335, 2015.

CLAUS, R.; BINGEL, A.; HOFACKER, S.; WEILER, U. Twenty-four hour profiles of growth hormone (GH) concentrations in mature female and entire male domestic pigs in comparison to mature wild boars (*sus scrofa* L). **Livestock Production Science** v. 25, p. 247-55, 1990.

CLAUS, R.; WEILER, U.; HERZOG, A. Physiological aspects of androstenone and skatole formation in the boar. **Meat Science**, v. 38, p. 289-305, 1994.

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

CONCELLON, A. **Tratado de porcicultura.** Barcelona: [s.n.], 1991. 415p.

CRONIN, G.M.; DUNSHEA, F.R.; BUTLER, K. *et al.* The effects of immuno-and surgical castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. **Applied Animal Behavior Science**, v. 81, p. 111-126, 2003.

DAVIS, S. M.; SQUIRES, E. J. Association of cytochrome b5 with 16-androstene steroid synthesis in the testis and accumulation in the fat of male pigs. **Journal of Animal Science**, Rockville, v. 77, n. 6. p. 1230-1235, 1999.

DAXENBERGER, A.; HAGELEIT, M.; KRAETZLW-D; LANGE, I. G.; CLAUS, R.; LE BIZEC, B. *et al.* Suppression of androstenone in entire male pigs by anabolic preparations. **Livestock Production Science**, v. 69, p. 139-44, 2001.

DEMORI, A. B.; ANDREATTA, I.; KIPPER, M. *et al.* Production of growing male pigs – a meta-analysis. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 16, p. 130-138, 2015.

DUNSHEA, F. Castration in the swine industry and the impact on growth performance – physical versus vaccination. *In: London Swine*, **Anais [...]** London, p.85-97, 2010.

DUNSHEA, F. R.; MCCAULEY, I.; JACKSON, P. *et al.* An immunocastration vaccine decreases boar taint compounds for at least 8 weeks after the second vaccination. *In: Proceedings of the 59th Annual Meeting of the European Association for Animal Production*, 59. **Anais [...]**, p.103, 2008.

DUNSHEA, F. R.; COLANTONI, C.; HOWARD, K. *et al.* Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. **Journal Animal Science**, v. 79, p. 2524-2535, 2001.

DUNSHEA, F. R.; ALLISON, J. R. D.; BERTRAM, M. *et al.* The effect of immunization against GnRH on nutrient requirements of male pigs: a review. **Animal**, v. 7, p. 1769-1778, 2013.

EINARSSON, S. Vaccination against GnRH: pros and cons. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 48, 2006.

EINARSSON, S.; BRUNIUS, C.; WALLGREN M. *et al.* Effects of early vaccination with Improvac on the development and function of reproductive organs of male pigs. **Animal Reproduction Science**, v.127, p.50-55, 2011.

ELSBERND, AMANDA JO. **Nutrient utilization, pork quality, and lysine requirement of immunological castrates**. Graduate Theses and Dissertations. Paper 14160. Iowa State University, 2014.

ESTEVEZ, K. **Comparación entre el primer y segundo ciclo productivo del cebadero La Virana**, 2001. Disponible em: <http://www.monografias.com/trabajos26/influencia-castracion/influencia-castracion.shtml> . Acesso em: 01 jan. 2018.

FABREGA, E.; VELARDE, A.; CROS, J.; GISPERT, M.; SUAREZ, P.; TIBAU, J.; SOER, J. Effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone, using Improvac, on growth performance, body composition, behaviour and acute phase proteins. **Livestock Science**, v. 132, p. 53-59, 2010.

FRASER, H.M. Antifertility effects of GnRH. **Journal of Reproduction Fertility**, v. 64, p. 503-515, 1982.

FRASER, H.M.; GUNN, A.; JEFFCOAT, S.L. *et al.* Effect of active immunization to luteinizing hormone-releasing hormone on serum and pituitary gonadotropins, testes and accessory sex organs in male rat. **Endocrinology**, v. 63, p.993-406, 1974.

GUAY, K.; SALGADO, G.; THOMPSON, G. *et al.* Behaviour and handling of physically and immunologically castrated market pigs on farm and going to market. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 5410-5417, 2013.

GISPERT, M., OLIVER, M.A., VELARDE, A., SUAREZ, P., PEREZ, J., FONT I FURNOLS, M. Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. **Meat Sci.**, v. 85, p. 664-670, 2010.

HAESE, D.; BÜNZEN, S. Ractopamina. **Rev. Elet. Nutri.**, v. 2, p. 176-182, 2005.

HENNESSY, D. Improvac® mode of action. **Technical Bulletin**, Abril. 2008.

HOQUE, M. A. *et al.* Genetic associations of residual feed intake with serum insulin-like growth factor-I and leptin concentrations, meat quality, and carcass cross sectional fat area

ratios in Duroc pigs. **Journal of Animal Science**, Rockville, v. 87, n. 7, p. 3069-3075, Aug. 2009.

JAROS, P.; BURGI, E.; STARK, K.D.C. *et al.* 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.

KIEFER, C.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. Planos nutricionais de lisina digestível para suínos machos imunocastrados em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1955-1960, 2011.

KUBALE V., BATOREK N., ŠKRLEP M., *et al.* Steroid hormones, boar taint compounds, and reproductive organs in pigs according to the delay between immunocastration and slaughter. **Theriogenology**, v. 79, p. 69-80, 2013.

LANFERDINI, E.; LOVATTO, P. A.; MELCHIOR, R. *et al.* Características de carcaça e da carne de suínos machos castrados e imunocastrados alimentados com diferentes níveis nutricionais. **Ciência Rural**, v. 42, p. 2071-2077, 2011.

LANFERDINI, E., P. A. LOVATTO, R. MELCHIOR, U. A. D. ORLANDO, M. CECCANTINI, AND E. POLEZE. 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.**, v. 151, p. 246-25, 2013.

LANTHIER, F. *et al.* Characterizing developmental changes in plasma and tissue skatole concentrations in the prepubescent intact male pig. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 1699-1708, 2006.

LEALIIFANO, A. K.; PLUSKE, J. R.; NICHOLLS, R. R. *et al.* Reducing the length of time between slaughter and the secondary gonadotropin releasing factor immunization improves growth performance and clears boar taint compounds in male finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 2782-2792, 2011.

LOWE, B. K., G. D. GERLEMANN, S. N. CARR, P. J. RINCKER, A. L. SCHROEDER, D. B. PETRY, F. K. MCKEITH, G. L. ALLEE, AND A. C. DILGER. Effects of feeding ractopamine (Paylean) to immunologically castrated (Improvast) pigs on growth performance, carcass yields, and further processing characteristics. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 3727-3735, 2014.

LUGAR D. W., RHOADS M. L., CLARK-DEENER S. G., CALAHAM S. R., REVERCOMB A. K., PRUSA K. J., ESTIENE M. J. Immunological castration temporarily reduced testis size and function without long-term effects on libido and sperm quality in boars. **Animal**, p.1-7. 2016.

MARINHO, P. C., D. O. FONTES, F. C. O. SILVA, M. A. SILVA, F. A. PEREIRA, AND C. L. C. AROUCA. Efeito da ractopamina e de métodos de formulação de dietas sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Rev. Bras. Zootec.** v. 36, p. 1061-1068. 2007

MARTINS, P. C.; ALBUQUERQUE M. P.; MACHADO, I. P.; MESQUITA, A. A. Implications of the immunocastration on swine nutrition and carcass traits. **Arquivo de Zootecnia**, v. 62, p. 105-118, 2013.

MERSMANN, H.J. Overview of the effects of beta-adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. **J. Anim. Sci.**, v. 76, n. 1, p. 160-172, 1998.

MILLS, S. E. Biological basis of the ractopamine response. **J. Anim. Sci.**, v. 80 (Suppl. 2), p. 28- 32, 2002.

METZ, C. AND R. CLAUS. Active immunization of boars against GnRH does not affect growth hormone but lowers IGF-I in plasma. *Livestock Prouction. Science*, v. 81, p. 129-137, 2003.

METZ, C.; HOHL, K.; WAIDELICH, S. *et al.* Active immunization of boars against GnRH at an early age: consequences for testicular function, boar taint accumulation and N-retention. **Livestock Production Science**, v. 74, p. 147-157, 2002.

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

MOORE, K. L.; MULLAN, B. P. **Lysine requirements of pigs from 20 to 100 kg live weight**. Report prepared for the Co-operative Research Centre for an Internationally Competitive Pork Industry. Project 2A-104. Pork CRC, Willaston, SA, Australia, 2010.

MOORE, K. L., B. P. MULLAN, J. C. KIM, *et al.* Effect of feed restriction and initial body weight on growth performance, body composition, and hormones in male pigs immunized against gonadotropin-releasing factor12. **Journal of Animal Science**, v. 94, p. 3966-3977. Doi:10.2527/jas.2016-0403, 2016b.

MOORE, K. L.; MULLAN, B. P.; KIM, J. C.; DUNSHEA, F. R. Standardized ileal digestible lysine requirements of male pigs immunized against gonadotrophin releasing factor1. **Journal of Animal Science**, v. 94, p. 1982–1992, 2016a.

MORAES, E., KIEFER, C. SILVA, I. S. Ractopamine in diets for immunocastrated, barrows and females. **Cienia. Rural**, v. 40, n. 2, p. 409-414, 2010.

NEEDHAM T., HOFFMAN L. C., GOUS R. M. Growth responses of interi and immunocastrated male pigs to dietary protein with and without ractopamine hidrochloride. **Animal**. p.1-6, 2017.

NOBLET, J.; QUINIOU, N. Principais fatores de variação das necessidades de aminoácidos dos suínos em crescimento. *In: Workshop latino-americano Ajinomoto biolatina, 1. Anais[...]*, Foz do Iguaçu: 2001, p.134-142.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. Washington, DC: National Academy Science, 2012.

OLIVER, W. T.; MCCAULEY, I.; HARRELL, R. J., SUSTER, D., KERTON, D. J.; DUNSHEA, F. R. A gonadotropin-releasing factor vaccine (Improvac™) and porcine somatotropin have synergistic and additive effects on growth performance in group-housed boars and gilts. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 1959-1966, 2003.

PAULY, C.; SPRING, P.; O'DOHERTY, J. V. *et al.* Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac®) and interi male pigs and individually penned entire male pigs. **Animal**, v. 3, n. 7, p. 1057-1066, 2009.

PAULY, C., SPRING, P., O'DOHERTY, J.V., AMPUERO KRAGTEN, S., BEE, G. Performance meat quality and boar taint of castrates and entire male pigs fed a standard and raw potato starch-enriched diet. **Animal**, v. 2, n. 11, p. 1707-1715, 2008.

PULS, C. L.; ROJO, A.; ELLIS, M. *et al.* Growth performance of immunologically castrated (with Improvest) barrows (with or without ractopamine) compared to gilt, physically castrated barrow, and intact male pigs. **Journal Animal Science**, v. 92, p. 2289-2295, 2014.

QUINIOU, N.; MONZIOLS, M.; COLIN, F. *et al.* Effect of feed restriction on the performance and behaviour of pigs immunologically castrated with Improvac®. **Animal**, v. 6, p. 1420-1426, 2012.

QUINIOU N.; COURBOULAY, V.; SALUN, Y. *et al.* Impact of the non castration of male pigs on growth performance and behavior – comparison with barrows and gilts. *In: Annual Meeting of the European Association for Animal Production*, 61. **Anais [...]**. Heraklion, Crete Island, Greece. August 23rd – 27th, 2010.

RIKARD-BELL C, CURTIS M, VAN BARNEVELD R, MULLAN B, EDWARDS A, GANNON N, HENMAN D, HUGHES P AND DUNSHEA F. 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.

ROITT, I. M.; DELVES, P. J. **Roitt's essential immunology**. 12th ed. Oxford: Blackwell Science; 2011.

ROSTAGNO, H. S., L. F. T. ALBINO, J. L. DONZELE, P. C. GOMES, R. F. OLIVEIRA, D. C. LOPES, A. S. FERREIRA, S. L. T. BARRETO, AND R. F. EUCLIDES. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Dep. Zootec., Univ. Fed. Viçosa, Viçosa, Brazil. 2011.

SANTOS, A. P. **Suínos imunocastados na suinocultura moderna**. 2009. Disponível em: www.mca.ufms.br/producao/seminarios/2009/S0SM.pdf (08/06/2014).

SANTOS, A. P.; KIEFER, C.; MARTINS, L. P.; FANTINI, C. C. Feeding restriction to finishing barrows and immunocastrated swine. **Ciência Rural**, v. 42, p. 147-153, 2012.

SCHEID, I. R; OLIVEIRA, F. T. T.; BORGES, A. C.; BRAGA, T.; SONCINI, R. A.; MATHUR, S. A single dose of a commercial anti-gonadotropin releasing factor vaccine has no effect on testicular development, libido, or sperm characteristics in young boars. **J Swine Health Prod.**, v. 22, p.185-92, 2014.

SHENOY, E. V. B.; DANIEL, M. J.; BOX, P. G. The boar taint steroid 5 α -androst-16-ene-3-one: an immunization trial. **Acta Endocrinology**, v. 100, p.131-136, 1982.

SILVA, M. A.; BARBARINO JÚNIOR, P. E.; GUASTALE, S. R. Recomendações nutricionais para machos inteiros submetidos à imunocastração. *In: International Symposium on Nutritional requirements of Poultry and Swine, 3. Anais [...]*, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. p. 353-375, 2011.

SILVA, L. R. **Ractopamina para suínos machos imunocastrados**. 131f. 2013. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais. 2013.

SINCLAIR, P. A. *et al.* Metabolism of the 16-androstene steroids in primary cultured porcine hepatocytes. **Journal Steroid Biochemical Molecular Biologic**, Rockville, v. 96, n. 9, p. 79-87, 2005.

SKRELP M., BATOREK N., BONNEAU M., FAZARINC G., SEGULA B., CANDEK POTOKAR M. Elevated fat levels in immunocastrated, surgically castrated and entire male pigs with acute dysentery. **The Veterinary Journal**. v. 194, p. 417-419.

SKRLEP, M.; SEGULA, B.; ZAJEC, M. *et al.* Effect of immunocastration (Improvac®) in fattening pigs I: growth performance, reproductive organs and malodorous compounds. **Slovenian Veterinary Research**, v. 47, n.2, p. 57-64. 2010.

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

VAN DEN BROEK, A.; LEEN, F.; ALUWE, M. *et al.* The effect of GnRH vaccination on performance, carcass and meat quality and hormonal regulation in boars, barrows and gilts. **Journal of Animal Science**, v. 94, p. 2811-2820, 2016.

VOUTILAINEN, R.; TAPANAINEN, J.; CHUNG, B. C. *et al.* Hormonal regulation of p450scc (20,22-desmolase) and p450c17 (17- α -hydroxylase/17,20-lyase) in cultured human granulosa cells. **Journal of Endocrinology and Metabolism**, v. 63, p. 202-207, 1986.

WAGNER, A.; CLAUS R. Involvement of glucocorticoids in testicular involution after active immunization in boars against GnRH. **Reproduction**, v. 127, p. 275-283, 2004.

WEBSTER, M. J., R. D. GOODBAND, M. D. TOKACH, J. L. NELSEN, S. S. DRITZ, J. A. UNRUH, K. R. BROWN, D. E. REAL, J. M. DEROCHE, J. C. WOODWORTH, C. N. GROESBECK; MARSTELLER, T. A. Interactive effects between ractopamine hydrochloride and dietary lysine on finishing pig growth performance, carcass characteristics, pork quality, and tissue accretion. **Prof. Anim. Sci.**, v. 23, p. 597-611, 2007.

WILLIAMSON, E. D.; PATTERSON, R. L. S.; BUXTON, E. R. *et al.* Immunization against 5 α -androstene in boars. **Livestock Production Science**, v. 12, p. 251, 1985.

XIAO, R. J.; XU, Z. R.; CHEN, H. L. Effects of ractopamine at different dietary protein levels on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v. 79, p. 119-127, 1999.

XUE, J. L.; DIAL, G. D.; PETTIGREW, J. E. Performance, carcass and meat quality advantages of boars over barrows: A literature review. **Journal of Swine Health Production**, v. 5, p. 2128, 1997.

ZALTRON, C.M.; GARCIA, G.G.; POROLNIK, G. *et al.* Suplementação de aminoácidos para suínos castrados e inteiros em crescimento e terminação: custo de alimentação. *In: Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia*, 3. **Anais[...]** Dois Vizinhos. 4 pp, 2009.

ZAMARATSCAIA, G. BABOL, J., MADEY, A., Squires, *et al.* Age – related variation of plasma concentrations of skatole, androstenone, testosterone, oestradiol – 17 β , oestrone sulphate, dehydroepiandrosterone sulphate, triiodothyronine and IGF – 1 in six entire male pigs. **Reproduction in Domestic – animals**, v. 39, p. 1-5, 2004.

ZAMARATSKAIA, G.; RASMUSSEN, M. K. Immunocastration of male pigs –situation today. *Procedia Food Science*, v.5, p. 324 – 327, 2015.

ZAMARATSKAIA, G.; RYDHMER, L.; ANDERSSON, H. K. *et al.* Long-term effect of vaccination against gonadotropinreleasing hormone vaccine, using ImprovacTM, on hormonal profile and behavior of male pigs. **Animal Reproduction Science**, v.108, p.3 7-48, 2008.

CAPÍTULO I – EFEITO DA CASTRAÇÃO (FÍSICA OU IMUNOLÓGICA), PROGRAMA NUTRICIONAL E SUAS INTERAÇÕES SOBRE O DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA *IN VIVO* DE SUÍNOS DA 7ª À 19 SEMANA DE IDADE

Resumo

Foram utilizados 160 suínos (80 suínos machos inteiros (EM) e 80 suínos machos castrados (SC), com peso inicial (PI) 14.6 ± 1.07 kg, da 7ª à 19ª semana de idade, objetivando-se principalmente comparar o desempenho e características de carcaça *in vivo* de suínos EM e SC em diferentes programas nutricionais. Os animais foram distribuídos inteiramente ao acaso, quatro tratamentos em arranjo fatorial 2 X 2 (categoria sexual X plano nutricional), 10 repetições e quatro suínos por unidade experimental, os SC foram castrados em sua primeira semana de vida e os EM foram vacinados 2 vezes anti- GnRH na 15ª e 19ª semana de idade. Suínos EM estavam mais pesadas ($p < 0.0001$) que SC ao início do experimento. No período total avaliado, SC consumira maior quantidade de ração (+15%; $p < 0.0001$) e obtiveram pior conversão alimentar (CA) (+10%; $p < 0.0001$). Suínos EM submetidos ao programa nutricional de baixa densidade (BD) obtiveram pior ganho de peso (-5%; $p = 0.03$) e pior peso final (PF) ($p = 0.05$) que os demais tratamentos. Tanto na 16ª quanto à 19ª semana de idade a Espessura de toucinho no ponto p1 (ET P1) de EM estava menor ($p < 0.05$) do que a de SC, assim como a PCM estava maior ($p < 0.05$). Concluiu-se que suínos EM consumiram menor quantidade de ração, obtiveram CA superior, com melhores características de carcaça mensuradas *in vivo* que suínos SC até a segunda imunização, e que, esses animais necessitam de um programa nutricional de maior densidade para potencializar seu ganho de peso.

Palavras-chave: conversão alimentar, espessura de toucinho, imunocastração, níveis de lisina, nutrição de suínos.

Abstract

In the experiment, 160 pigs (80 entire male (EM) and 80 surgicall castrated (SC) were used, with initial weight (PI) 14.6 ± 1.07 kg, from 7 to 19 weeks of age. The objective of this study was to compare performance and *in vivo* carcass characteristics of EM and SC pigs in different nutritional programs. The animals were randomly distributed in four treatments, factorial arrangement 2 X 2 (sexual category X nutritional plan), 10 replicates and four pigs

per experimental unit, SC were castrated in their first week of life and EM were vaccinated twice anti-GnRH times in the 15th and 19th week of age. EM swines were heavier ($p < 0.0001$) than SC at the beginning of the experiment. In the total period evaluated, SC consumed a greater amount of feed (+ 15%, $p < 0.0001$) and obtained a worse feed conversion (CA) (+ 10%, $p < 0.0001$). Pigs submitted to the low density nutritional program (BD) obtained worse weight gain (-5%, $p = 0.03$) and worse final weight (PF) ($p = 0.05$) than the other treatments. At the 16th and 19th week of age, the backfat thickness at p1 (ET P1) of MS was lower ($p < 0.05$) than SC, as well as PCM was higher ($p < 0.05$). In this way, it was concluded that EM swines consumed less feed and had higher CA, with better carcass characteristics measured in vivo than SC pigs up to the time before the second immunization, and that these animals require a larger nutritional program density to boost your weight gain

Implicações

Suínos machos castrados possuem piores resultados de desempenho quando comparado à suínos machos inteiros, porém as características sensoriais da carne de machos inteiros prejudicam sua comercialização. A imunocastração consiste na castração de suínos pelo seu próprio sistema imunológico, através de duas vacinações com antígeno anti-GnRH, na primeira vacinação há a produção de anti-corpos não específicos e somente após a segunda imunização ocorre a castração de fato. Dessa forma, suínos machos imunocastrados permanecem aproximadamente 80% de sua vida com fisiologia semelhante à de machos inteiros. Por esse motivo é esperado que o desempenho desses animais seja superior ao de machos castrados fisicamente. Porém, é preciso estabelecer um programa de manejo nutricional para potencializar o desempenho dos mesmos em suas diferentes fases fisiológicas. Dessa forma, o presente estudo visou avaliar os diferentes métodos de castração e dois programas nutricionais sobre o desempenho de suínos da 7ª à 19ª semana de idade.

Introdução

Eficiência alimentar e deposição de carne magra na carcaça são um dos principais focos da produção de suínos (NEEDHAM *et al.*, 2017). Dentre os fatores que influenciam o desempenho e características de carcaça estão a categoria sexual e nutrição.

Em relação à categoria sexual, suínos machos castrados possuem o pior potencial de deposição proteico enquanto machos inteiros apresentam alta taxa de deposição de proteína, com menor consumo voluntário de energia e melhor eficiência alimentar (PAULY *et al.*, 2009; QUINIOU *et al.*, 2012). Porém, as características sensoriais da carne de suínos machos

inteiros advindas do acúmulo de androsterona e escatol no tecido adiposo, prejudicam a sua comercialização.

A imunocastração viabilizou o aproveitamento do potencial de crescimento de suínos machos inteiros. Imunocastrados possuem fisiologia semelhante à de machos inteiros até o momento da segunda imunização, realizada no mínimo quatro semanas antecedente ao abate (BATOREK *et al.*, 2012).

Dessa forma, o tipo de castração é capaz de afetar a relação a deposição de proteína, conseqüentemente, o desempenho de crescimento e a composição corporal dos suínos (MARTINS *et al.*, 2013), o que altera as exigências nutricionais dos mesmos.

As principais diferenças entre suínos machos inteiros e suínos machos castrados, estão relacionadas aos hormônios testiculares, que possuem efeito anabólico. Alguns esteroides como a testosterona, podem atuar na retenção de nitrogênio e conseqüentemente aumento de crescimento muscular (LANTHIER *et al.*, 2006).

Comparações de desempenho e características de carcaça entre suínos machos castrados cirurgica e imunologicamente de acordo com o plano nutricional utilizado, principalmente na fase que antecede a segunda imunização, ainda são escassos, devido à recente implementação da imunocastração no mercado.

Por este motivo, foi realizado este experimento que teve por objetivo principal comparar o desempenho e características de carcaça *in vivo* de suínos EM e SC em dois programas nutricionais distintos, da 7^a à 19^a semana de idade.

Material e Métodos

Todos os procedimentos experimentais utilizados neste estudo estavam em conformidade com as diretrizes do Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Minas Gerais – Brasil (CETEA_UFMG), protocolo número 362/2015. Os Experimentos foram realizados na Fazenda Experimental Vale do Piranga, de propriedade da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) localizada na cidade de Oratórios (MG), sudeste do Brasil (494 m, latitude -20°25'50'' e longitude -42°48'20''). A região tem o clima subtropical úmido (Koppen's climate classification).

Animais e tratamentos

Foram utilizados um total de 160 suínos híbridos comerciais (AGROCERES PIC), da 7^a semana de idade (peso inicial 14.6 ± 1.07kg) à 19^a semana de idade (93.85 ± 3.24kg), sendo 80 suínos SC e 80 EM, os quais foram vacinados 2 vezes durante o período experimental com

a vacina anti GnRH (Vivax®, Zoetis, Brasil). Todos os suínos foram provenientes da mesma granja comercial onde obtiveram a mesma alimentação e mesmo manejo, exceto pela castração cirúrgica.

Os animais foram alojados em baias de alvenaria, com piso compacto, 3.80 m², em um galpão de alvenaria naturalmente ventilado com laterais teladas e coberto por telha de amianto. Cada baia estava equipada com um comedouro semiautomático e um bebedouro automático tipo chupeta. As instalações pertencem ao setor de suinocultura da Fazenda Experimental Vale do Piranga (Oratórios – MG, Brasil) - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

Os suínos foram distribuídos em delineamento experimental totalmente casualizado em arranjo fatorial 2 X 2, de acordo com a categoria sexual (SC X EM) e programa nutricional (AD: alta densidade X BD: baixa densidade). Os níveis nutricionais das dietas AD foram calculados de acordo com as exigências nutricionais de suínos EM e os das dietas BD baseados nas exigências nutricionais de suínos SC, conforme o proposto por Dunshea *et al.* (2013), tendo como base as exigências nutricionais das fêmeas suínas da Tabela Brasileira de Aves e Suínos (Rostagno *et al.*, 2011). Os quatro tratamentos experimentais foram:

T1 = suínos SC alimentados com dietas de alta densidade (SC AD);

T2= suínos EM alimentados com dietas de alta densidade (EM AD);

T3= suíno SC alimentados com dietas de baixa densidade (SC BD);

T4= suínos EM alimentados com dietas de baixa densidade (EM BD).

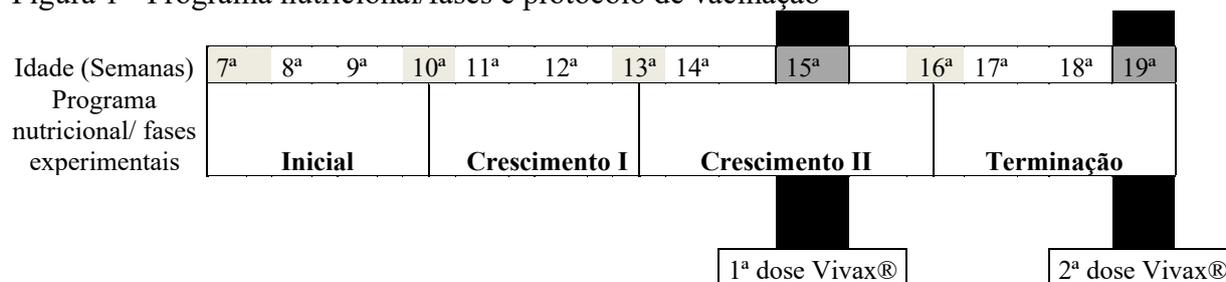
Os programas nutricionais foram estipulados de acordo com as fases indicadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Divisão das fases e níveis de lisina digestível das diferentes dietas

Fases/ Períodos avaliados	Idade (semanas)	% Lisina – Dieta	
		AD	BD
Inicial	7 ^a – 10 ^a	1.13	1.08
Crescimento I	10 ^a – 13 ^a	1.037	0.988
Crescimento II	13 ^a – 16 ^a	1.01	0.879
Terminação	16 ^a – 19 ^a	0.963	0.838

Na 15^a e 19^a semana de vida os 80 suínos EM receberam respectivamente a primeira e segunda dose da vacina anti GnRH Vivax® (Zoetis, Brasil), de acordo com o protocolo de vacinação da Empresa Zoetis, conforme a Figura 1:

Figura 1 - Programa nutricional/fases e protocolo de vacinação



Os animais foram arraçados à vontade durante todo o período experimental e tiveram livre acesso à água. As dietas estavam na forma farelada, compostas principalmente por milho e farelo de soja (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 - Composições centesimais e nutricionais calculadas das dietas do programa de alta densidade nutricional (AD)

Ingredients (%)	Períodos experimentais			
	Inicial	CrescimentoI	CrescimentoII	Terminação
Milho	62.77	63.80	67.99	73.74
Farelo de Soja 46%	32.24	31.33	28.04	22.54
Fosfato Monocálcico	1.42	1.17	1.02	0.94
Calcário Dicálcio	1.04	0.90	0.82	0.79
Sal Mineral	0.28	0.37	0.35	0.33
Óleo de Soja	1.11	1.36	0.84	0.50
Premix vitamin ^a	0.30	0.30	0.30	0.30
Premix mineral ^b	0.20	0.20	0.20	0.20
L-Lysine HCl 99%	0.21	0.18	0.17	0.28
D-L Methionine 99%	0.07	0.04	0.03	0.06
L-Threonine 98%	0.05	0.04	0.03	0.09
BHT	0.01	0.01	0.01	0.01
Caulin	0.00	0.00	0.00	0.07
Tilmicosin Phosphate 200mg c	0.10	0.00	0.00	0.00
Colistin Sulfate 8% C	0.20	0.00	0.00	0.00
Forfenicol 2% C	0.00	0.30	0.00	0.00
Doxycycline 50% C	0.00	0.00	0.20	0.00
Florfenicol 4% C	0.00	0.00	0.00	0.15
Composição calculada* dos nutrientes				
Metabolic energy (kcal/kg)	3230.00	3230.00	3230.00	3230.00
Crude Protein (%)	20.47	19.95	18.90	17.01
Calcium (%)	0.81	0.69	0.63	0.58
Available P (%)	0.38	0.34	0.31	0.28
K (%)	0.49	0.47	0.44	0.42
Na (%)	0.21	0.18	0.17	0.16
Cl(%)	0.19	0.17	0.16	0.15
Digestible aminoacids (%)				

Lys	1.13	1.03	0,98	0.93
Met	0.31	0.31	0,29	0.29
Met+Cys	0.63	0.61	0,57	0.56

^a Vitamin composition per kilogram of feed: vitamin A: 60.000IU; vitamin D3: 12.000IU; vitamin E: 800mg; vitamin K3: 20mg; vitamin B1:20,g; vitamin B2: 40mg; vitamin B6 0,20mg. ^b Mineral composition per kilogram of feed: Ca: 200g; P: 50g; Na: 45g; Cu: 160mg; Fe 1100mg; I: 6mg; Mn: 200mg; Se: 5mg; and Zn: 1400mg. ^c Improvers growth. *Chemical composition calculated based on the values of the raw material according of Brazilian Table of Poultry and Swines (2011).

Tabela 3 - Composições centesimais e nutricionais calculadas das dietas do programa de baixa densidade nutricional (BD)

Ingredients (%)	Períodos experimentais			
	Inicial	CrescimentoI	CrescimentoII	Terminação
Milho	65.03	65.95	72.87	78.13
Farelo de Soja 46%	29.95	29.04	22.81	17.85
Fosfato Monocálcico	1.40	1.63	0.90	0.81
Calcário Dicálcio	1.06	0.60	0.76	0.73
Sal Mineral	0,43	0.35	0.31	0.29
Óleo de Soja	1.11	1.37	0.84	0.50
Premix vitamin ^a	0.30	0.30	0.30	0.30
Premix mineral b	0.20	0.20	0.20	0.20
L-Lysine HCl 99%	0.20	0.18	0.19	0.30
D-L Methionine 99%	0.06	0.03	0.02	0.04
L-Threonine 98%	0.05	0.04	0.03	0.08
Tryptophan	0.00	0.00	0.00	0.01
BHT	0.01	0.01	0.01	0.01
Caulin	0.00	0.00	0.56	0.60
Tilmicosin Phosphate 200mg c	0.10	0.00	0.00	0.00
Colistin Sulfate 8% C	0.20	0.00	0.00	0.00
Forfenicol 2% C	0.00	0.30	0.00	0.00
Doxycycline 50% C	0.00	0.00	0.20	0.00
Florfenicol 4% C	0.00	0.00	0.00	0.15
Composição calculada* dos nutrientes				
Metabolic energy (kcal/kg)	3230.00	3230.00	3230.00	3230.00
Crude Protein (%)	19.50	19.00	16.92	15.22
Calcium (%)	0.77	0.66	0.56	0.52
Available P (%)	0.37	0.32	0.27	0.25
K (%)	0.47	0.44	0.39	0.37
Na (%)	0.20	0.18	0.15	0.15
Cl(%)	0.19	0.17	0.15	0.14
Digestible aminoacids (%)				
Lys	1.08	0.98	0,87	0.83
Met	0.30	0.29	0,26	0.26
Met+Cys	0.60	0.58	0,51	0.50

^a Vitamin composition per kilogram of feed: vitamin A: 60.000IU; vitamin D3: 12.000IU; vitamin E: 800mg; vitamin K3: 20mg; vitamin B1:20,g; vitamin B2: 40mg; vitamin B6 0,20mg. ^b Mineral composition per kilogram

of feed: Ca: 200g; P: 50g; Na: 45g; Cu: 160mg; Fe 1100mg; I: 6mg; Mn: 200mg; Se: 5mg; and Zn: 1400mg. ° Improvers growth. *chemical composition calculated based on the values of the raw material according of Brazilian Table of Poultry and Swines (2011).

Desempenho

A média do peso corporal dos animais da unidade experimental e fornecimento de ração por unidade experimental foram realizados em cada fase experimental, assim como mensuração das sobras e desperdício de ração. Essas datas foram usadas para calcular o ganho de peso médio diário (GPD), o consumo de ração médio diário (CRD) e a conversão alimentar média (CA).

Análise de carcaça in vivo

Na 16^a e 19^a semana de vida (início e final da fase de terminação) foram mensuradas as características de carcaça *in vivo*, utilizando-se o aparelho de ultrassom PigLog-105®, conforme as recomendações do mesmo. As variáveis mensuradas foram: espessura de toucinho no ponto P1(ETP1); espessura de toucinho no ponto P2 (ETP2); profundidade de lombo (PL); porcentagem de carne magra (PCM).

Análise estatística

Os dados foram analisados como um delineamento inteiramente casualizado, com tratamentos em arranjo fatorial (2 X 2), utilizando-se o Sistema para Análises Estatísticas Versão 9.1 (SAEG 2007). O modelo incluiu a categoria sexual (SC X EM) e programa nutricional (programa nutricional AD X programa nutricional BD.) como efeitos principais. O teste de diferença mínima significativa foi utilizado para comparar as médias. As baias foram utilizadas como unidade experimental para comparação de desempenho, e para as características de carcaça, cada animal foi utilizado como unidade experimental.

Resultados

Os resultados de desempenho e características de carcaça *in vivo* podem ser observados nas tabelas 4 e 5 respectivamente.

No período total avaliado, houve influência da categoria sexual ($p < 0.05$) sobre todas as variáveis de desempenho, exceto para peso final (PF). Suínos EM estavam 0.13 kg mais pesados ($p < 0.0001$) que suínos SC, porém, durante a avaliação, suínos machos SC cresceram em maior velocidade ($p < 0.0001$; 0.03 kg/dia), o que tornou o PF entre as categorias sexuais semelhantes (0.74). Nesse mesmo período, apesar da maior taxa de crescimento, suínos SC

também consumiram maior quantidade de ração ($p < 0.0001$; 0.29 kg/dia) e obtiveram pior eficiência sobre o ganho de peso que suínos EM. Essa categoria sexual obteve a CA 0.22 kg/kg menor ($p < 0.0001$) que a de suínos SC.

Houve interação ($p = 0.05$) entre a categoria sexual e programa nutricional sobre o ganho de peso e PF dos animais, suínos EM do programa nutricional de BD obtiveram taxa de crescimento e PF inferior ($p = 0.05$), 0.055kg/dia e média de 2.63 kg respectivamente, menor que os demais tratamentos.

O menor consumo ($p < 0.0001$) de ração de suínos EM no período total avaliado foi reflexo das fases de crescimento I, crescimento II e terminação, que somados resultaram em 22.50 kg de economia em ração. No período inicial não houve diferença ($p = 0.75$) da categoria sexual sobre esta variável, porém houve interação ($p = 0.02$) entre categoria sexual e plano nutricional, os tratamentos EM BD e SC AD consumiram aproximadamente 1.00 kg a menos de ração do que os demais tratamentos.

A diferença de ganho de peso entre as categorias sexuais no período total avaliado foi consequência do período de crescimento II, onde suínos EM obtiveram a taxa de crescimento 8% ($p < 0.0001$) pior que suínos SC.

A CA entre as categorias sexuais foi semelhante ($p > 0.05$) durante os períodos inicial e crescimento I, porém nos períodos de crescimento II e terminação, a CA de suínos EM foi 0.25 kg/kg e 0.52kg/kg inferior à de suínos SC ($p < 0.0001$).

Não houve efeito (0.05) do plano nutricional, de forma isolada, sobre as variáveis de desempenho avaliadas.

A melhor eficiência alimentar de suínos EM, durante a fase de terminação obteve reflexos positivos sobre as características de carcaça *in vivo* avaliadas. Tanto à 16ª quanto a 19ª semanas de vida, esses animais obtiveram menor ET P1 (-1.56 mm e -4,36 mm; $p < 0,05$) e maior PCM (+1.17% e +2.35%; $p < 0.05$) do que suínos SC, sem que houvesse diferença ($p > 0.05$) para as demais variáveis mensuradas.

Na 16ª de idade, suínos do programa nutricional AD obtiveram 1.28mm a menos de ET P2 do que suínos do programa nutricional de BD. Não houve diferença entre os programas nutricionais para as demais variáveis, assim como não houve interação ($p > 0.05$) entre categoria sexual e plano nutricional sobre as características de carcaça observadas.

Tabela 4 - Desempenho de suínos de acordo com a categorial sexual (machos castrados (SC) e machos inteiros (EM)), programa nutricional (baixa densidade (BD) e alta densidade (AD)) e suas interações de acordo com as fases

	Sexo				Programa Nutricional				Interação				s.e.m	p-valor
	SC	EM	s.e.m	p-valor	BD	AD	s.e.m	p-valor	SC BD	EM BD	SC AD	EM AD		
Período total avaliado: 7ª à 19ª semana de idade														
PI (kg)	13.69 ^b	15.56 ^a	0.12	<0.0001	14.60	14.65	0.12	0.76	13.64	15.55	13.73	15.57	0.18	0.82
PF (kg)	93.96	93.65	0.70	0.74	93.00	94.62	0.7	0.11	94.16 ^a	91.83 ^b	93.77 ^a	95.47 ^a	0.98	0.05
CRT (kg)	187.30 ^b	164.80 ^a	1.98	<0.001	176.50	175.6	1.98	0.75	187.90	165.2	186.7	164.5	2.73	0.93
CRD(kg/dia)	2.26 ^b	1.97 ^a	0.02	<0.001	2.12	2.11	0.02	0.75	2.26	1.99	2.25	1.98	0.03	0.93
GPT (kg)	80.28 ^a	78.09 ^b	0.70	0.02	78.40	79.97	0.70	0.11	80.52 ^a	76.28 ^b	80.03 ^a	79.90 ^a	0.94	0.03
GPD(kg/dia)	0.97 ^a	0.94 ^b	0.008	0.02	0.94	0.96	0.008	0.11	0.97 ^a	0.91 ^b	0.96 ^a	0.96 ^a	0.01	0.03
CA (kg/kg)	2.33 ^b	2.11 ^a	0.02	<0.0001	2.25	2.19	0.02	0.09	2.33	2.16	2.33	2.06	0.03	0.09
Período inicial: 7ª à 10ª semana de idade														
CRT (kg)	23.28	23.41	0.29	0.75	23.42	23.27	0.29	0.73	23.85 ^b	22.98 ^a	22.71 ^a	23.84 ^b	0.41	0.02
CRD(kg/dia)	1.10	1.11	0.01	0.75	1.11	1.10	0.01	0.73	1.13 ^b	1.09 ^a	1.08 ^a	1.13 ^b	0.02	0.02
GPT (kg)	13.71	13.92	0.31	0.62	13.71	13.92	0.31	0.62	13.76	13.65	13.65	14.19	0.44	0.47
GPD(kg/dia)	0.65	0.66	0.01	0.62	0.65	0.66	0.01	0.62	0.65	0.65	0.65	0.67	0.02	0.47
CA (kg/kg)	1.71	1.69	0.03	0.61	1.72	1.68	0.03	0.36	1.74	1.70	1.68	1.68	0.04	0.65
Período crescimento I: 10ª à 13ª semana de idade														
CRT (kg)	38.31 ^b	35.38 ^a	0.56	0.01	37.01	36.67	0.56	0.67	38.63	35.39	37.98	35.36	0.8	0.70
CRD (kg/dia)	1.91 ^b	1.77 ^a	0.03	0.01	1.85	1.83	0.01	0.67	1.93	1.77	1.9	1.77	0.04	0.70
GPT (kg)	19.37	18.47	0.36	0.09	18.84	19.00	0.09	0.76	19.72	17.97	19.02	18.98	0.51	0.10
GPD (kg/dia)	0.97	0.92	0.02	0.09	0.94	0.95	0.02	0.76	0.98	0.9	0.95	0.95	0.02	0.10
CA (kg/kg)	2.00	1.92	0.05	0.30	1.97	1.95	0.05	0.83	1.96	1.98	2.03	1.87	0.07	0.22
Período crescimento II = 13ª à 16ª semana de idade														
CRT (kg)	66.21 ^b	54.97 ^a	0.71	<0.0001	60.44	60.74	0.71	0.76	66.44	54.44	65.98	55.5	1.01	0.45
CRD (kg/dia)	2.76 ^b	2.29 ^a	0.03	<0.0001	2.52	2.53	0.03	0.76	2.77	2.27	2.75	2.31	0.04	0.45
GPT (kg)	27.48 ^a	25.28 ^b	0.37	<0.0001	26.14	26.63	0.37	0.36	27.56	24.72	27.41	25.85	0.53	0.24
GPD (kg/dia)	1.14 ^a	1.05 ^b	0.01	<0.0001	1.08	1.10	0.01	0.36	1.14	1.03	1.14	1.07	0.02	0.24
CA (kg/kg)	2.42 ^b	2.17 ^a	0.02	<0.0001	2.31	2.28	0.02	0.36	2.42	2.2	2.41	2.15	0.03	0.60

Período terminação: 16^a à 19^a semana de idade

CRT (kg)	59.50 ^b	50.82 ^a	1.00	<0.0001	55.38	54.94	1.00	0.76	58.93	51.83	60.07	49.81	1.41	0.28
CRD (kg/dia)	3.30 ^b	2.82 ^a	0.05	<0.0001	3.08	3.05	0.05	0.76	3.23	2.88	3.33	2.76	0.07	0.28
GPT (kg)	19.52	20.25	0.37	0.17	19.52	20.25	0.37	0.17	19.43	19.61	19.61	20.89	0.51	0.30
GPD (kg/dia)	1.08	1.12	0.02	0.17	1.08	1.12	0.02	0.17	1.08	1.09	1.09	1.16	0.03	0.30
CA (kg/kg)	3.05 ^b	2.53 ^a	0.06	<0.0001	2.86	2.72	0.06	0.15	3.04	2.69	3.07	2.39	0.09	0.08

Legenda: PI = peso inicial; PF = peso final; CRT = consumo de ração médio total; CRD = consumo de ração médio diário; GPT = ganho de peso médio total; GPD = ganho de peso médio diário; CA = conversão alimentar. ^{ab} letras minúsculas diferentes em linhas iguais significam diferença estatística quando $p < 0.05$.

Tabela 5 - Espessura de toucinho no ponto P1 (ET P1) e ponto P2 (ET P2), profundidade de lombo (PL) e porcentagem de carne magra (PCM) de suínos de acordo com a categorial sexual (machos castrados (SC) e machos inteiros (EM)), programa nutricional (baixa densidade (BD) e alta densidade (AD)) e suas interações

16 ^a semana	Sexo				Programa Nutricional				BD		AD			
	SC	EM	s.e.m	p-valor	BD	AD	s.e.m	p-valor	SC	EM	SC	EM	s.e.m	p-valor
ET P1 (mm)	9.97 ^b	8.41 ^a	0.28	<0.0001	9.21	9.17	0.28	0.92	10.05	8.37	9.89	8.45	0.38	0.76
ET P2 (mm)	9.76	8.87	0.34	0.06	9.95 ^b	8.67 ^a	0.34	0.01	10.31	9.58	9.22	8.15	0.50	0.73
PL (mm)	47.81	48.28	0.82	0.69	47.95	48.14	0.82	0.87	48.79	47.11	46.83	49.45	1.14	0.07
PCM (%)	60,62 ^b	61.79 ^a	0.28	0.004	60.84	61.56	0.28	0.07	60.52	61.17	60.72	62.41	0.38	0.19
19^a semana														
ET P1 (mm)	15.96 ^b	11.60 ^a	0.91	0.002	14.35	13.21	0.91	0.38	16.20	12.5	15.71	10.70	1.21	0.62
ET P2 (mm)	11.28	9.89	0.56	0.88	10.94	10.24	0.56	0.38	11.00	10.87	11.57	8.90	0.87	0.11
PL (mm)	54.97	52.69	1.68	0.33	53.59	54.07	1.68	0.84	55,80	51.37	54.14	54.00	2.59	0.37
PCM (%)	58.03 ^b	60.38 ^a	0.68	0.02	58.74	59.67	0.68	0.36	58.16	59.32	57.90	61.44	1.02	0.24

Legenda: ^{ab} letras minúsculas diferentes na mesma linha significam diferença estatística quando $p < 0.05$.

Discussão

Vários autores relataram a dificuldade em comparar dados entre experimentos realizados com suínos SC e EM, uma vez que não existe uma padronização na metodologia (MILLET *et al.*, 2011; BATOREK *et al.*, 2012a; DUNSHEA *et al.*, 2013; PAULY *et al.*, 2009). Existem variações entre a primeira e segunda vacina, genética, divisão das fases avaliadas, sistema de alojamento dos animais (baia individual ou coletiva) e são escassas as publicações que comparam diferentes programas nutricionais entre EM e SC contemporâneos.

Na produção de suínos, o sexo pode ser considerado como um dos fatores que afetam o desempenho, seu efeito começa a ser evidenciado a partir dos 30 kg corporais (aproximadamente 70 dias de vida) (NOGUEIRA *et al.*, 2002). No presente estudo, as diferenças ($p < 0.05$) de desempenho entre as categorias sexuais começaram a ser observadas a partir do período de crescimento I. A interação entre a categoria sexual e plano nutricional ($p = 0.02$) sobre o consumo de ração não tem uma explicação aparente.

O maior peso inicial de suínos EM (+14%; $p < 0.0001$) pode ser uma consequência do tipo de castração, a física diminui o consumo dos leitões devido às injúrias causadas pela remoção física dos testículos logo nos primeiros dias de vida (ZAMARATSKAIA *et al.*, 2008), prejudicando assim o ganho de peso desses animais.

A castração física elimina a síntese de hormônios gonadais como andrógenos e estrógenos (CLAUS *et al.*, 1994) devido à remoção dos testículos dos suínos em seus primeiros dias de vida. Em contrapartida os suínos machos destinados à imunocastração produzem hormônios gonadotróficos até a segunda vacinação anti GnRH (DUNSHEA *et al.*, 2001; ZARAMATSKAIA *et al.*, 2008b; DUNSHEA *et al.*, 2013), uma vez que a primeira vacinação apenas estabelece a memória imunológica pela produção limitada de anticorpos IgM não específicos (CLAUS *et al.*, 2007). Dessa forma, suínos castrados pelo método da imunocastração possuem semelhanças fisiológicas à suínos machos EM na maior parte de sua vida.

Suínos machos EM consomem menores quantidade de ração, crescem em menor velocidade, porém possuem melhor conversão alimentar do que suínos SC (SKRLEP *et al.*, 2010; BATOREK *et al.*, 2012; PULS *et al.*, 2014; VAN DEN BROEK *et al.*, 2016), como pode ser observado na presente pesquisa. No período total avaliado, suínos EM obtiveram 10% melhor ($p < 0.0001$) CA, 15% menor consumo de ração ($p < 0.0001$) e 3% menor ganho de peso ($p = 0.02$) que suínos SC.

Estudos realizados previamente encontraram em média 11.9% melhor CA para EM comparado à SC (SKRLEP *et al.*, 2010; MORALES *et al.*, 2011; BATOREK *et al.*, 2012a; LANFERDINI *et al.*, 2013; PULS *et al.*, 2014). Lanferdini *et al.* (2013) e Puls *et al.* (2014) encontraram em média 13% menor CR para suínos EM. Pauly *et al.* (2009) e Morales *et al.* (2011) relataram em média 19% menor CR para EM, porém, seguido por 14% menor GPD.

Elsberned (2014) observou 8,0% de aumento no GP de suínos EM quando os níveis de lisina digestível da dieta dos 29kg aos 93kg (momento da segunda vacinação) aumentaram de 80% para 110% dos níveis de lisina digestível recomendados pelo NRC (2012), além do maior GP este autor relatou melhoria de 10% na CA, e sugeriu que dos 30 aos 100kg suínos EM deveriam consumir dietas com aproximadamente 26% maior quantidade de lisina digestível do que SC.

No presente estudo os níveis de lisina digestível do programa nutricional AD estavam 5% maiores no período inicial e de crescimento I, 15% maiores no período de crescimento II e 14% maiores no período de terminação, em média 10% maior no período total avaliado. Nesse último período, observou-se que o programa nutricional BD prejudicou o ganho de peso e peso final dos suínos EM em relação aos demais tratamentos, confirmando a teoria que, dietas com menor conteúdo de aminoácidos prejudicam o desempenho de suínos EM (KIEFER *et al.*, 2012; ELSBERNED 2014).

Os hormônios gonadotróficos possuem função anabólica (CLAUS; WEILER, 1994), andrógenos melhoram a síntese de proteínas via receptores musculares (SNOCHOWSKI *et al.*, 1981) e diminuem o seu *turnover* (MAYER; ROSEN, 1997). Devido à maior deposição proteica, suínos machos inteiros necessitam de dietas com maiores níveis de lisina para expressar seu potencial de desempenho, a lisina é o principal aminoácido limitante na deposição de proteína uma vez que maior parte de seu aproveitamento é destinado a esta função, como pode ser observado.

A recomendação de um programa nutricional diferenciado, com maior densidade, para suínos EM em relação à SC também pode estar relacionada à máxima deposição de proteína (PdMáx). A PdMáx indica a quantidade de proteína que é maximamente retida pelo corpo em um determinado momento (MILLET *et al.*, 2011), tem sido demonstrado que para alcançar PdMáx, suínos EM consumiram menor quantidade de energia do que SC, indicando mais eficiente o uso de energia para deposição de proteína (QUINIOU *et al.*, 1996).

Porém, Lanferdini *et al.* (2013) não observaram diferença nas variáveis de desempenho entre suínos machos EM que consumiram programa nutricional basal (1.14% - 1.07% - 0.98% de lisina digestível) ou programa nutricional com 3 ou 5% maior nível de lisina digestível, dos 20 kg aos 96 kg (segunda imunização).

No presente estudo, suínos EM apresentaram menor ET P1 ($p < 0.05$) e maior PCM ($p < 0.05$) tanto à 16ª quanto a 19ª semana de idade, aproximadamente, 15% e 27% para ET, 2% e 4% para PCM. Há relatos que as concentrações séricas de hormônio de crescimento (GH) são maiores em suínos EM do que em SC (Metz e Claus, 2003; Bauer *et al.*, 2009), pois os estrógenos atuam indiretamente estimulando-o a partir da glândula pituitária (Breier *et al.*, 1989). O GH estimula a produção de IGF-I que é responsável pela estimulação da síntese protéica e diminuição do catabolismo protéico (Saladin, 2007).

Conclusão

Suínos EM submetidos à imunocastração consumiram menor quantidade de ração e obtiveram melhor CA do que suínos SC, a redução do consumo de ração iniciou-se na 10ª semana de idade, as diferenças na CA iniciaram-se na 13ª. A partir da 13ª semana de idade à 19ª o ganho de suínos EM foi menor que o de SC, e de forma geral o programa nutricional BD reduziu o PF desses animais comparado aos demais tratamentos pelo menor GPD dos mesmos. No período de terminação suínos EM obtiveram melhor ET P1 e PCM que suínos SC. O plano nutricional obteve efeito isolado somente na ET P2 na 16ª semana de idade.

Concluiu-se desse modo que, até o momento da segunda imunização, suínos EM foram mais eficientes que suínos SC, com melhor CA, menor consumo de ração e melhores características de carcaça mensuradas *in vivo*, e que o programa nutricional BD prejudicou o ganho de peso desses animais.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos, à empresa Zoetis pelo financiamento do experimento, à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) pela parceria e apoio ao desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

- ALEBRANTE, L.; DONZELE, J. L.; DONZELE, R. F. M. O.; DA SILVA, F. C. O.; KIEFER, C.; ROCHA, G. C. Lysine requirement for growing-finishing immunocastrated male pigs. **Tropical Animal Health Production**. 2015
- BATOREK, N.; CANDEK-POTOKAR, M.; BONNEAU, M.; VAN MILGEN, J.. Meta-analysis of the effect of immunocastration on production performance, reproductive organs and boar taint compounds in pigs. **Animal**, v. 8, p. 1330-1338, 2012 a.
- BAUER, A.; LACORN, M.; CLAUS, R. Effects of two levels of feed allocation on IGF-I concentrations and metabolic parameters in GnRH-immunized boars. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 93, p. 744-753, 2009.
- BREIER, B. H.; GLUCKMAN, P. D.; BLAIR, H. T.; MCCUTCHEON, S. N. Somatotrophic receptors in hepatic tissue of developing male pig. **Journal of Endocrinology**, v. 23, p. 25-31, 1989.
- CLAUS, R.; WEILER, U. Endocrine regulation of growth and metabolism in the pig: a review. *Livestock Production Science*, v. 37, p. 245-260, 1994.
- CLAUS, R.; LACORN, M.; DANOWISK, K.; PEARCE, M. C.; BAUER, A. Short-term endocrine and metabolic reactions before and after second immunization against GnRH in boars. **Science Direct**, v. 25, p. 4689-4696, 2007.
- CLAUS, R.; MUNCH, U.; NAGEL, S.; SCHOPPER, D. Concentrations of 17 β -oestradiol, oestrone and testosterone in tissues of slaughter weight boars compared to barrows and gilts. **Arch Lebensmittelhyg**, v. 40, p. 123-126, 1989.
- CLAUS, R.; WEILER, U.; HERZOG, A. Physiological aspects of androstenone and skatole formation in the boar- a review with experimental data. **Meat Science**, v. 38, p. 289-305, 1994.
- DUNSHEA, F. R. *et al.* The effect of immunization against GnRF on nutrient requirements of male pigs: a review. **Animal**, v. 11, p. 1769-1778, 2013.
- DUNSHEA, F. R. *et al.* Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2524-2535, 2001.
- ELSBERND, A. J. **Nutrient utilization, pork quality, and lysine requirement of immunological castrates**. Graduate Theses and Dissertations. Paper 14160, 2014.
- KIEFER, C. *et al.* Nutritional plans of boars. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 1448-1453, 2012.
- LANFERDINI, E. *et al.* Feeding surgically castrated, entire male and immunocastrated pigs with diferente levels of amino acids and energy at constant protein to energy ratio with or without ractopamine. **Livestock Science**, v. 151, p. 246-251, 2013.

- LANTHIER, F.; LOU, Y.; TERNER, M. A.; SQUIRES, E. J. Characterizing developmental changes in plasma and tissue skatole concentrations in the prepubescent intact male pig. **Journal of Animal Science**, v. 84, p.1699-1708, 2006.
- MARTINS, P. C.; ALBUQUERQUE, M. P.; MACHADO, I. P.; MESQUITA, A. A. Implicações da imunocastração na nutrição de suínos e nas características de carcaça. **Arquivo de Zootecnia**, v. 62, p. 105-118, 2013.
- MAYER, M.; ROSEN, F. Interaction of glucocorticoids and androgens with skeletal muscle. **Metabolism**, v. 26, p. 937-962, 1977.
- METZ, C.; CLAUS, R. Active immunization of boars against GnRH does not affect growth hormone but lowers IGF-I in plasma. **Livestock Production Science**, v. 81, p. 129-137, 2003.
- MILLET, S.; GIELKENS, K.; BRABANDER, D.; JANSSENS, G. P. J. Considerations on the pergormance of immunocastrated male pigs. **Animal**, v. 5, p. 1119-1123, 2011.
- MORALES, J. I. *et al.* Influence of sex and castrations on growth performance and carcass quality of crossbred pigs fron 2 Large White sire lines. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 3481-3489, 2011.
- NCR. National Research Committee. **Nutrient requirements of swine**. 11th edition. Washington, DC: National Academy Press, 2012.
- NEEDHAM, T.; HOFFMAN, L. C.; GOUS, R. M. Growth responses of entire and immunocastrated male pigs to dietary protein with and without ractopamina hydrochloride. **Animal**, p.1-6, 2017.
- PAULY, C. *et al.* Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac[®] R) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. **Animal**, v. 3, p. 1057-1066, 2009.
- PULS, C. L. *et al.* Growth performance og immunologically castrated (with Improvest) barrows (with or without ractopamine) compared to gilt, physically castrated barrow, and intact male pigs. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 2289-2295, 2014.
- QUINIOU, N. *et al.* Effect of feed restriction on the performance and behaviour of pigs immunologically castrated with Improvac[®]. **Animal**, v. 6, p. 1420-1426, 2012.
- ROSTAGNO, H. S. *et al.* Exigências Nutricionais de Suínos em Crescimento. *In: Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais*. Rostagno HS, UFV-DZO (Viçosa, Minas Gerais, Brasil). 2011.
- SAEG. Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1. Fundação Arthur Bernardes - UFV (Viçosa, Minas Gerais, Brasil).
- SALADIN, K. S. Nutrition and Metabolism. *In: Anatomy and physiology: the unity of form and function*. 4th ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2007.

SKRLEP, M. *et al.* Effect of immunocastration (Improvac®) in fattening pigs I: growth performance, reproductive organs and malodourous compounds. **Slovenian Veterinary Research**, v. 47, p. 57-64, 2010.

SNOCHOWISCK, M. *et al.* Androgen and glucocorticoid receptors in porcine skeletal muscle. **Journal of Animal Science**, v. 53, p. 80-90, 1981.

VAN DEN BROEK, A. *et al.* The effect of GnRH vaccination on performance, carcass and meat quality and hormonal regulation in boars, barrows and gilts. **Journal of Animal Science**, v. 94, p. 2811-2820, 2016.

ZAMARATSKAIA, G. *et al.* Long-term effect of vaccination against gonadotropinreleasing hormone vaccine, using Improvac™, on hormonal profile and behavior of male pigs. **Animal Reproduction Science**, v. 108, p. 37-48, 2008.

CAPÍTULO II – EFEITO DA CATEGORIA SEXUAL E INCLUSÃO DE RACTOPAMINA SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DE CARÇAÇA E DE CARNE DE SUÍNOS ALIMENTADOS DE FORMA *AD LIBTUM* OU RESTRITA¹

Resumo

Objetivando-se comparar o efeito da categoria sexual e inclusão da ractopamina na dieta sob o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos arraçoados de forma *ad libtum* (AL) e restrita (RT) foram realizados 2 experimentos. Na primeira avaliação, foram utilizados 40 suínos (20 machos castrados (SC) e 20 machos imunocastrados (IC)), com peso inicial de 95.50 ± 0.40 kg, e aproximadamente 18^a semanas de idade, distribuídos inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial 2 X 2 (categoria sexual X inclusão de ractopamina (RAC) na dieta) em 4 tratamentos, 5 repetições e 2 suínos por unidade experimental, alimentados de forma *ad libtum* (AL). Na segunda avaliação o número de animais e arranjo experimental foram idênticos à primeira avaliação, exceto pelo manejo alimentar que ocorreu de forma restrita (RT) à 3,04 kg/dia/animal, o peso inicial dos animais da segunda avaliação foi de 95.71 ± 0.37 kg. O período experimental em ambas as avaliações foi de quatro semanas (segunda imunização dos machos imunocastrados ao abate). No manejo alimentar AL observou-se que suínos IC obtiveram maior ganho de peso ($p < 0.05$), melhor conversão alimentar (CA) ($p < 0.05$) e pior rendimento de carcaça (RC) ($p < 0.05$) que suínos SC. Suínos IC alimentados com dieta sem a inclusão da RAC obtiveram menor ET ($p < 0.05$) e maior PCM ($p < 0.05$) que os demais tratamentos, a inclusão da RAC na dieta aumentou a força de cisalhamento sob o bife de suínos. No manejo alimentar RT, suínos IC obtiveram menor ET ($p < 0.05$) e maior PCM ($p < 0.05$) que suínos SC sem que houvesse diferença ($p > 0.05$) nas variáveis de desempenho observadas, a inclusão da RAC na dieta proporcionou aumento ($p < 0.05$) do ganho de peso, PF e AOL dos suínos. Conclui-se que a imunocastração é uma potente ferramenta sob o desempenho e características de carcaça de suínos, a RAC melhorou a eficiência alimentar quando suínos são alimentados de forma AL e aumentou a taxa de crescimento de suínos alimentados de forma RT.

¹ Artigo publicado (ANEXO I). Disponível em: Brustolini, A. P. L. *et al.* Interactive effects of feed allowance and ractopamine supplementation on growth performance and carcass traits of physically and immunologically castrated heavy weight pigs. *Livestock Science*, v. 228, p. 120-126, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.08.009>

Abstract

Aiming comparing the effect of the sexual category and dietary RAC inclusion under performance, carcass traits and meat quality of ad libitum (AL) and restricted (RP) pigs were performed 2 experiments. In the first evaluation, 40 pigs (20 SC and 20 males immunocastrated (IC)), with an initial weight of 95.50 ± 0.40 kg and approximately 18 weeks of age, were randomly distributed in a 2 x 2 factorial arrangement (sex category X inclusion of ractopamine (RAC) in the diet), 4 treatments, 5 replicates and 2 pigs per experimental unit, fed ad libitum (AL). In the second evaluation, the number of animals and experimental arrangement were identical to the first, except for the restricted feeding (RT) at 3.04 kg / day / animal, the initial weight of the animals from the second evaluation was $95.71 + 0.37$ kg. The experimental period in both evaluations was four weeks (second immunization of the males immunocasted at slaughter). Under the AL food management it was observed that IC pigs obtained higher weight gain ($p < 0.05$), better feed conversion (CA) ($p < 0.05$) and worse carcass yield (RC) ($p < 0.05$) than SC pigs. Pigs fed with diet without the inclusion of RAC had lower ET ($p < 0.05$) and higher PCM ($p < 0.05$) than the other treatments, the inclusion of RAC in the diet increased the shear force under the pork steak. In the RT feeding, IC pigs had lower ET ($p < 0.05$) and higher PCM ($p < 0.05$) than SC pigs without any difference ($p > 0.05$) in the observed performance variables, the inclusion of RAC in the diet provided an increase ($p < 0.05$) of the weight gain, PF and AOL of the pigs. It was concluded that immunocastration is a potent tool under the performance and characteristics of pig carcass, RAC improves feed efficiency when pigs are AL fed and increases the growth rate of RT fed pigs.

Implicações

Avaliações sobre diferentes estratégias de manejo alimentar sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos imunocastrados e suas comparações com suínos machos castrados são limitadas. Com intuito de fornecer mais informações sobre este aspecto este estudo foi realizado.

Introdução

A imunização de suínos contra o hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH) é uma alternativa à castração física e permite que os suínos submetidos à esta técnica cresçam como machos inteiros até a segunda imunização, o que possui efeitos positivos sobre o desempenho e características de carcaça dos mesmos (Moore et al., 2016).

Entretanto após a segunda imunização ocorre de fato a transição de suíno macho inteiro para suíno macho castrado. A função testicular é suprida e os status hormonal e metabólico se ajustam rapidamente para se assemelhar a uma castração física (Dunshea et al., 2013). Neste período os suínos IC aumentam expressivamente o consumo de ração, a ingestão extra de energia pode mudar a composição corporal (proteína x lipídeo) desses animais, reduzindo dessa forma seu potencial de desempenho comparado a machos inteiros (Quiniou et al., 2012).

Uma estratégia que visa reduzir a deposição de gordura na carcaça de suínos é o manejo de restrição alimentar (Santos et al., 2012), este manejo pode ser aplicado de suas formas: restrição do volume de ração consumida (restrição quantitativa) ou restrição dos nutrientes fornecidos (restrição qualitativa).

Para potencializar o ganho de carne magra os agonistas β -adrenérgicos, como cloridrato de ractopamina são frequentemente utilizados na produção de suínos (Needham et al., 2017). A ractopamina tem a estrutura similar as catecolaminas, que agem alterando o metabolismo animal (Costa e Silva et al., 2016), pela redução da síntese lipídica, acompanhada do aumento da deposição de proteína, que melhora a conversão alimentar e características de carcaça (Warriss, 2010).

Tanto a restrição alimentar quanto a ractopamina podem ser alternativas na busca da melhoria do desempenho dos suínos em fase de terminação, pois estão associadas à melhora da eficiência alimentar e redução de deposição de gordura na carcaça (Bertol et al., 2001; Cantarelli et al., 2009). No entanto são poucas as informações sobre a suplementação da ractopamina associada ao manejo de restrição.

Existem vários trabalhos avaliando o efeito da ractopamina (Rikard-Bell et al., 2009; Li et al., 2015; Nedham et al. 2017) e alguns trabalhos sobre o efeito da restrição alimentar (Santos et al., 2012; Batorek et al., 2012c; Quiniou et al., 2012) para suínos machos imunocastrados, porém poucos estudos que comparam a administração da ractopamina sobre diferentes manejos alimentares para suínos imunocastrados e sua comparação com suínos castrados.

Visando atender essa demanda de informações, dois experimentos foram realizados visando comparar principalmente as categorias sexuais, a inclusão da ractopamina na dieta e suas interações sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos alimentados à vontade ou de forma restrita.

Material e métodos

Os procedimentos experimentais utilizados em ambos os estudos foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Minas Gerais – Brasil (CETEA – UFMG), protocolo 362/2015. Tanto o experimento 1 quanto o experimento 2 foram realizados simultaneamente na Fazenda Experimental Vale do Piranga, de propriedade da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizada na Zona Rural da cidade de Oratórios (MG – Brasil).

Experimento 1: Animais e Tratamentos

Utilizou-se 40 suínos híbridos comerciais com peso inicial de $95.50 \pm 0,4$ kg (18 semanas de idade), 20 suínos SC e 20 suínos machos IC distribuídos em delineamento experimental totalmente casualizado em arranjo fatorial 2 X 2, de acordo com a categoria sexual (SC X IC) e inclusão de ractopamina (RAC) na dieta (0 ppm X 10 ppm), em um total de quatro tratamentos, cinco repetições por tratamento e dois suínos da mesma categorial sexual compondo a unidade experimental:

T1 = suínos machos castrados, dieta sem RAC;

T2 = suínos machos imunocastrados, dieta sem RAC;

T3 = suínos machos castrados, dieta com inclusão de RAC;

T4 = suínos machos castrados, dieta com inclusão de RAC.

Os animais foram alojados em baias de alvenaria, com piso compacto e 3.80 m^2 , em um galpão de alvenaria naturalmente ventilado, com laterais teladas e coberto por telha de amianto. As temperaturas médias registradas ao longo do experimento foram de 25° máxima e 18° min na parte da manhã e 21° max e 32° mínima na parte da tarde.

Todos os suínos foram manejados de forma semelhante no período que antecedeu o experimento, exceto pela imunocastração. Ao início do experimento os suínos IC receberam a segunda dose da vacina Vivax® (Zoetis – Brasil). O período experimental correspondeu a quatro semanas (peso final $130 \pm 0,96$ kg; 22 semanas de idade). Durante todo o período experimental os animais receberam água e alimentação à vontade (AL). As dietas experimentais foram formuladas de acordo com as exigências

nutricionais sugeridas por Rostagno et al. (2011), conforme a tabela 1, os níveis de lisina e ajuste dos demais aminoácidos foram realizados na dieta onde houve a inclusão de RAC segundo as sugestões desse mesmo autor.

Tabela 1 Composições centesimais e nutricionais calculadas das dietas experimentais

Ingredientes	% Inclusão	
	0% RAC	10% RAC
Milho	80.42	74.27
Farelo de Soja 46%	17.00	23.23
Fosfato Monocálcico	0.67	0.64
Calcário Dicálcio	0.68	0.65
Sal Mineral	0.49	0.28
Premix vitamin ^a	0.30	0.30
Premix mineral ^b	0.20	0.20
L-Lysine HCl 99%	0.20	0.20
D-L Methionine 99%	0.01	0.02
L-Threonine 98%	0.03	0.02
Óleo de soja	0.00	0.10
Paylean®20_2 ^c	0.00	0.05
Composição calculada* dos nutrientes		
Metabolic energy (kcal/kg)	3230	3230
Crude Protein (%)	14,88	17.25
Calcium (%)	0,47	0.47
Available P (%)	0,23	0.23
Na (%)	0,23	0.15
Digestible aminoacids (%)		
Lys	0,75	0.89
Met	0,23	0.27
Met+Cys	0,48	0.54

^a Vitamin composition per kilogram of feed: vitamin A: 60.000IU; vitamin D3: 12.000IU; vitamin E: 800mg; vitamin K3: 20mg; vitamin B1:20,g; vitamin B2: 40mg; vitamin B6 0,20mg. ^b Mineral composition per kilogram of feed: Ca: 200g; P: 50g; Na: 45g; Cu: 160mg; Fe 1100mg; I: 6mg; Mn: 200mg; Se: 5mg; and Zn: 1400mg. ^c Cloridrato de ractopamina 20%.*Chemical composition calculated based on the values of the raw material according of Brazilian Table of Poultry and Swines (2011).

Desempenho

As variáveis de desempenho avaliadas foram o peso inicial (PI) realizada na entrada dos animais no experimento, pela média de peso das unidades experimentais, o peso final (PF) realizada pela média de peso das unidades experimentais ao final do período de avaliação, o ganho de peso médio diário (GPD), ganho de peso médio total (GPT), consumo de ração médio diário (CRD), consumo de ração médio total (CRT) e conversão alimentar (CA) obtida através do CRT dividido pelo GPT. O fornecimento de

ração foi mensurado sempre que a reposição das mesmas nos comedouros foi realizada e as sobras foram mensuradas diariamente.

Qualidade de carcaça

Para mensurar as variáveis de qualidade de carcaça e qualidade de carne, foram escolhidos um animal, de forma aleatória, de cada unidade experimental (cinco animais por tratamento, 20 animais no total). No final do período experimental os animais foram abatidos em um frigorífico comercial (Frigorífico Industrial Vale do Piranga S/A – SAUDALI) localizado à 4 km da granja experimental.

As carcaças esvisceradas foram pesadas e avaliadas para a porcentagem de carne magra (PCM) por meio de uma pistola tipificadora (Hennessy grading systems GP4/BP4™) equipada com sensor óptico. A pistola foi introduzida perpendicularmente na altura da última costela e distante seis centímetros da linha de corte da carcaça.

O rendimento de carcaça (RC) foi calculado a partir do peso dos animais em jejum (PJ), retirado oito horas após o jejum alimentar antes do embarque para o frigorífico, e peso de carcaça quente (PCQ), através da equação: $\%RC = (PCQ/PJ) \times 100$.

A espessura de toucinho foi mensurada do lado esquerdo da carcaça, entre a 10ª – 11ª costela, perpendicularmente à linha dorso-lombar, com o auxílio de um paquímetro após a evisceração.

As medidas de PH foram realizadas entre a décima e décima primeira costela, no músculo *Longissimus dorsi* (LD) 45 minutos após o abate (PH 45) e depois de 24 horas de resfriamento da carcaça à $\pm 2^\circ\text{C}$ (PH 24). O PH foi medido com o auxílio de um phmetro portátil com eletrodo de inserção (Testo 205®).

A medida de área do músculo *Longissimus dorsi* (ALD) foi realizada através da projeção de um corte realizado no LD entre a décima e décima primeira costela, a ALD foi limpa com uma faca e coberta com uma lâmina de retroprojektor, onde foi desenhado com caneta de retroprojektor de ponta fina, o contorno do lombo sem a inclusão dos outros músculos (ABCS, 1973), este procedimento foi realizado 24 horas após o abate, com a carcaça resfriada a $\pm 2^\circ\text{C}$. A área desenhada foi determinada utilizando-se o Software de engenharia AutoCAD®.

Qualidade de Carne

Após desenhar a ALD, coletou-se no mesmo ponto, um bife de aproximadamente 30 cm, em sentido caudo-cranial para realizar as análises de perdas

por descongelamento, perdas por cocção, perdas totais e força de cisalhamento. Estas amostras foram embaladas à vácuo em sacos plásticos de polietileno etiquetados e imediatamente congeladas à aproximadamente -18°C .

Após dois meses de congelamento, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais onde foram realizadas as análises de carne.

Para realizar o cálculo de perda por descongelamento (PD) as amostras de LD foram descongeladas à 4°C em geladeira. Após 72 horas as amostras foram retiradas da geladeira, e pesadas dentro da embalagem, em sequencia as amostras foram retiradas da embalagem, enxugadas com papel toalha e pesadas novamente sem a embalagem. As embalagens foram lavadas, secas em temperatura ambiente e pesadas em balança de precisão.

Para obter a PD foi utilizada a fórmula: $\%PD = [(\text{peso da amostra} + \text{embalagem após o descongelamento}) - (\text{peso da amostra enxuta} - \text{peso da embalagem seca})] / (\text{peso da amostra} + \text{embalagem após o descongelamento}) * 100$.

Após realizar a PD, foram retirados um bife de 2,5 cm das amostras coletadas do LD, no mesmo ponto, para se realizar a perda à cocção (PCC). Estes bifes foram pesados, permaneceram em temperatura ambiente por 30 minutos, em seguida foram assados em uma forma com grelha, em forno pré-aquecido à 170°C por aproximadamente 30 minutos. As amostras foram assadas em forno até atingirem a temperatura interna de 71°C , para mensurar a temperatura interna foram utilizados eletrodos inseridos no interior dos bifes, após atingir a temperatura desejada os bifes foram retirados do forno, resfriados em temperatura ambiente e pesados novamente.

Para obter a PCC foi utilizada a fórmula: $\%PCC = [(\text{peso do bife antes de ir ao forno} - \text{peso do bife resfriado após ir ao forno}) / \text{peso do bife antes de ir ao forno}] * 100$.

Análises Estatísticas

Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado, com tratamentos em arranjo fatorial (2X2), utilizando-se o Sistema para Análises Estatísticas Versão 9.1 (SAEG 2007). O modelo inclui a categoria sexual (SC X IC) e inclusão de ractopamina na dieta (0 ppm X 10 ppm) como efeitos principais, a interação categoria sexual X inclusão de ractopamina quando $p < 0.05$.

Para realizar os testes estatísticos, as baias foram utilizadas como unidades experimentais e para características de carcaça e qualidade de carne cada animal individualmente foi utilizado como unidade experimental.

Experimento 2: Animais e tratamentos

Os animais foram alojados em local semelhante ao experimento 1. Foram utilizados 40 suínos híbridos comerciais com peso inicial de 95.71 ± 0.37 kg (18 semanas de idade), 20 suínos SC e 20 suínos IC distribuídos em delineamento experimental totalmente casualizado em arranjo fatorial 2 X 2, de acordo com a categoria sexual (SC X IC) e inclusão de RAC na dieta (0 ppm X 10 ppm), em um total de quatro tratamentos, cinco repetições por tratamento e dois suínos da mesma categoria sexual compondo a unidade experimental:

T1 = suínos SC, dieta sem RAC;

T2 = suínos IC, dieta sem RAC;

T3 = suínos SC, dieta com inclusão de RAC;

T4 = suínos IC, dieta com inclusão de RAC.

Neste experimento os animais receberam a mesma dieta formulada para o experimento 1, de forma controlada/ restrita (RT) ($3,04 \pm 0,01$ kg por animal), o arraçoamento foi dividido em dois tratos: um no início da manhã e um no início da tarde. A água foi oferecida de forma à vontade. As variáveis de desempenho, qualidade de carcaça e de carne foram avaliadas conforme os procedimentos realizados no experimento 1, assim como o protocolo de imunocastração e manejo antecedente ao período experimental.

Análises Estatísticas

Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado, com tratamentos em arranjo fatorial (2X2), utilizando-se o Sistema para Análises Estatísticas Versão 9.1 (SAEG 2007). O modelo inclui a categoria sexual (SC X IC) e inclusão de ractopamina na dieta (0 ppm X 10 ppm) como efeitos principais, a interação categoria sexual X inclusão de ractopamina quando $p < 0.05$.

Para realizar os testes estatísticos, as baias foram utilizadas como unidades experimentais e para características de carcaça e qualidade de carne cada animal individualmente foi utilizado como unidade experimental.

Resultados

Experimento 1

Na tabela 2 estão os dados de desempenho, qualidade de carcaça e carne encontrados no experimento 1. Suínos IC obtiveram maior ganho de peso (+10%; $p=0.02$) e melhor CA (-6%; $p=0.03$) comparados a suínos SC, porém sem que houvesse diferença ($p=0.16$) sobre o PF das diferentes categorias sexuais. Não houve interação ($p>0.05$) entre categoria sexual e inclusão de RAC na dieta para as características de desempenho.

Quanto às características de carcaça, houve interação da categoria sexual e inclusão de RAC na dieta sobre as variáveis de ET ($p= 0.006$) e PCM ($p=0.001$), suínos IC que consumiram dietas sem inclusão de RAC obtiveram melhor ET e PCM que os demais tratamentos. Suínos IC obtiveram pior RC (-4%; $p=0,035$) que suínos SC, sem que houvesse efeito da interação ($p=0.34$). Não houve efeito do sexo sobre as variáveis de qualidade de carne avaliadas.

Exceto pela CA, não houve efeito da RAC ($p>0,05$) sobre os dados de desempenho observados. A inclusão da RAC melhorou a CA (-9%; $p=0.001$) Não houve efeito da RAC sobre as variáveis de qualidade de carcaça e qualidade de carnes avaliadas, exceto pelos dados de força de cisalhamento. A inclusão da RAC deixou o bife dos animais mais resistentes ao cisalhamento (+22%; $p=0.003$).

Experimento 2

Os resultados do experimento 2 estão descritos na tabela 3. Não houve efeito ($p>0.05$) da categoria sexual sobre os dados de desempenho, assim como não houve interação ($p>0.05$) entre categoria sexual e inclusão de RAC. A inclusão da RAC na dieta de suínos alimentados de forma controlada melhorou as variáveis de ganho de peso (+17%; $p<0.0001$), o peso final (+4,5%; $p=0.001$) e a CA (-16%; $p<0.0001$).

Sobre as variáveis de qualidade de carcaça e de carne, não houve interação ($p>0.05$) entre categoria sexual e inclusão de RAC na dieta. Suínos IC obtiveram menor ET (-11%; $p=0.01$) e maior PCM (+2%; $p=0.009$) que suínos SC, sem que houvesse diferença ($p>0.05$) para as demais variáveis. A inclusão de RAC na dieta aumentou ($p=0.001$) a AOL dos suínos em aproximadamente 17% sem que houvesse diferença ($p>0.05$) para as demais variáveis.

Tabela 2 Dados de desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos machos castrados (SC) e suínos machos imunocastrados (IC) alimentados de forma à vontade com dietas com ou sem inclusão de ractopamina (RAC)

	Categoria Sexual				Ractopamina				RAC - 0 ppm		RAC - 10 ppm		s.e.m	p-valor
	SC	IC	s.e.m	p-valor	0 ppm	10 ppm	s.e.m	p-valor	SC	IC	SC	IC		
PI (kg)	96.10	95.67	0.64	0.64	95.77	96.00	0.64	0.80	96.06	95.48	96.14	95.86	0.90	0.87
PF (kg)	128.40	131.40	1.38	0.14	129.10	130.70	1.38	0.42	127.00	131.2	129.8	131.6	1.95	0.55
CRT (kg)	96.83	101.22	2.13	0.16	102.01	96.04	2.13	0.06	98.14	105.89	95.52	96.55	3.21	0.28
CRD (kg/dia)	3.46	3.62	0.07	0.16	3.64	3.43	0.07	0.06	3.50	3.78	3.41	3.44	0.11	0.28
GPT (kg)	32.30 ^b	35.76 ^a	0.99	0.02	33.33	34.73	0.99	0.33	30.94	35.72	33.66	35.79	1.40	0.36
GPD (kg/dia)	1.15 ^b	1.28 ^a	0.04	0.02	1.19	1.24	0.04	0.33	1.11	1.28	1.20	1.28	0.05	0.36
CA (kg/kg)	3.01 ^b	2.84 ^a	0.05	0.03	3.08 ^b	2.78 ^a	0.05	0.001	3.18	2.97	2.85	2.70	0.07	0.63
RC (%)	72.57 ^a	69.62 ^b	0.95	0.035	69.79	72.40	0.95	0.06	71.92	67.66	73.22	71.58	1.34	0.34
ET (mm)	16.78 ^b	13.99 ^a	0.58	0.002	15.19	15.58	0.58	0.64	17.80 ^b	12.58 ^a	15.76 ^b	15.40 ^b	0.82	0.006
AOL (cm ²)	37.00	39.80	1.06	0.18	36.65	39.42	1.06	0.08	35.90	37.40	38.10	40.75	1.51	0.71
PCM (%)	57.60 ^b	59.61 ^a	0.39	0.01	59.14	58.07	0.39	0.06	57.12 ^b	61.17 ^a	58.08 ^b	58.06 ^b	0.56	0.001
PH 45	6.36	6.50	0.13	0.47	6.36	6.50	0.13	0.44	6.10	6.62	6.34	6.38	0.18	0.06
PH 24	5.97	6.06	0.07	0.39	5.98	6.04	0.07	0.57	5.92	6.05	6.02	6.07	0.10	0.66
% Perda evaporação	24.91	25.16	1.39	0.90	24.83	25.24	1.39	0.83	25.03	24.62	24.78	25.70	1.97	0.74
% Perda gotejamento.	1.27	1.32	1.22	0.42	1.10	1.34	1.22	0.26	1.15	1.04	1.39	1.21	1.17	0.84
% Perdas totais	26.03	26.29	1.38	0.89	25.78	26.54	1.38	0.70	25.89	25.67	26.17	26.91	1.96	0.81
Cisalhamento (kgf)	4.31	4.17	0.17	0.57	3.81 ^a	4.66 ^b	0.17	0.003	3.70	3.93	4.91	4.41	0.24	0.15

Legenda: PI = peso inicial; PF peso final; CRT = consumo de ração médio total; CRD = consumo de ração médio diário; GPT = ganho de peso total; GPD ganho de peso médio diário; CA = conversão alimentar; RC = rendimento de carcaça; AOL = área de olho de lombo; PCM = porcentagem de carne magra. ^{ab} Letras minúsculas diferentes na mesma linha representam diferença estatística quando $p < 0.05$.

Tabela 3 Dados de desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos machos castrados (SC) e suínos machos imunocastrados (IC) alimentados de forma controlada com dietas com ou sem inclusão de ractopamina (RAC)

	Categoria Sexual				Ractopamina				RAC - 0 ppm		RAC - 10 ppm			
	SC	IC	s.e.m	p-valor	0 ppm	10 ppm	s.e.m	p-valor	SC	IC	SC	IC	s.e.m	p-valor
PI (kg)	95.91	95.51	0.55	0.62	95.60	95.81	0.55	0.79	95.69	95.51	96.12	95.51	0.78	0.79
PF (kg)	124.8	125.1	1.05	0.84	122.00 ^b	127.80 ^a	1.05	0.001	122.1	121.9	127.8	128.2	1.42	0.72
CRT (kg)	85.56	84.9	0.59	0.44	84.9	85.56	0.59	0.44	84.94	84.86	86.18	84.94	0.84	0.45
CRD (kg/dia)	3.05	3.02	0.02	0.44	3.03	3.05	0.02	0.44	3.04	3.03	3.07	3.04	0.03	0.45
GPT (kg)	28.87	29.56	0.82	0.56	26.44 ^b	31.98 ^a	0.82	<0.0001	26.46	26.42	31.28	32.69	1.17	0.54
GPD (kg/dia)	1.03	1.05	0.03	0.56	0.94 ^a	1.14 ^a	0.03	<0.0001	0.94	0.94	1.11	1.16	0.04	0.54
CA (kg/kg)	2.99	2.93	0.07	0.57	3.22 ^b	2.69 ^a	0.07	<0.0001	3.21	3.22	2.76	2.63	0.1	0.49
RC (%)	73.11	72.81	1.51	0.89	73.77	72.14	1.51	0.45	72.87	74.68	73.34	70.94	2.13	0.33
ET (mm)	16.24 ^b	14.45 ^a	0.47	0.01	15.63	15.06	0.47	0.40	16.72	14.53	15.76	14.36	0.67	0.56
AOL (cm ²)	34.80	36.85	0.99	0.17	32.80 ^b	38.85 ^a	0.99	0.001	31.4	34.28	38.2	39.5	1.41	0.60
PCM (%)	57.73 ^b	59.30 ^a	0.40	0.009	58.03	59.00	0.40	0.09	57.17	58.89	58.28	59.72	0.57	0.81
PH 45	6.42	6.35	0.14	0.73	6.32	6.45	0.14	0.51	6.55	6.08	6.29	6.61	0.2	0.07
PH 24	5.99	6.08	0.19	0.74	5.85	6.22	0.19	0.18	5.85	5.85	6.13	6.32	0.27	0.73
% Perda evaporação	24.31	25.97	0.99	0.26	25.3	24.97	0.99	0.81	23.69	29.62	24.93	25.02	1.41	0.28
% Perda gotejamento	1.05	1.24	0.15	0.41	1.06	1.22	0.41	0.50	1.06	1.07	1.03	1.04	0.22	0.43
% Perdas totais	25.36	27.21	0.98	0.24	26.37	26.2	0.98	0.90	24.75	27.99	25.97	26.43	1.39	0.33
Cisalhamento (kgf)	4.37	4.13	0.18	0.37	4.12	4.38	0.18	0.34	4.18	4.07	4.56	4.20	0.25	0.63

Legenda: PI = peso inicial; PF peso final; CRT = consumo de ração médio total; CRD = consumo de ração médio diário; GPT = ganho de peso total; GPD ganho de peso médio diário; CA = conversão alimentar; RC = rendimento de carcaça; AOL = área de olho de lombo; PCM = porcentagem de carne magra. ^{ab} Letras minúsculas diferentes na mesma linha representam diferença estatística quando $p < 0.05$.

Discussão

Quiniou et al. (2012) observaram que o nível máximo de deposição de proteína de suínos IC não são alcançados de 4 a 5 semanas após a segunda imunização (tempo em que ocorre a castração de fato), mesmo que a ingestão de alimentos aumente consideravelmente. Não observamos o aumento do CRD de IC em relação a SC, como observado por outros autores (Pauly et al., 2009; Fabrega et al., 2010; Puls et al., 2014).

Após a segunda imunização há um rápido aumento de anticorpos anti-GnRH acompanhado pela interrupção da esteroidogênese (Claus et al., 2007; Kubale et al., 2013) porém estas mudanças ocorrem de forma progressiva, com aumento de sua intensidade após a segunda semana (Kubale et al., 2013; Van den Broek et al., 2016).

Quando os suínos são abatidos quatro semanas após a segunda imunização os efeitos dos hormônios esteroides sobre as características de desempenho e carcaça ainda podem ser observados (Batorek et al., 2012; Dunshea et al., 2013), assim como no presente estudo onde IC obtiveram melhor GPD, CA, ET e PCM.

Algumas meta-análises mostraram que imunocastrados possuem em média 2% menor rendimento de carcaça do que suínos castrados (Batorek et al., 2012; Dunshea et al., 2013). Também observamos maior RC ($p=0.035$) para SC alimentados de forma AL, porém valor aproximado de 4%. Dunshea et al. (2013) relataram que esta diferença corresponde à 2.71% que pode ser atribuído à presença dos órgãos reprodutivos (mesmo que de forma atrofiada) e também pelo maior peso de fígado e rins (Pauly et al., 2009; Boller et al., 2014), embora Bogoni et al. (2015) não observaram diferença para esta variável.

O efeito anabólico dos hormônios esteroides foram mais eficientes em mudar a composição da carcaça do que a RAC, observamos que, suínos machos IC alimentados de forma AL que não consumiram a RAC obtiveram melhor ET (- 3.74 mm; $p= 0.006$) e PCM (+3%; $p= 0.001$) do que os demais tratamentos. Porém a RAC melhorou ($p<0.05$) de forma mais expressiva a CA do que a imunocastração (redução de 0.03 kg/kg X 0.17 kg/kg).

A RAC atua de forma mais eficiente nos primeiros dias de utilização, o aumento na retenção de nitrogênio ocorre principalmente na primeira semana (He et al., 2004). Há um pico na eficiência de utilização com respostas melhores durante os primeiros 14 dias depois há declínio da eficiência da utilização (Williams et al., 1994).

Nas células, a mudança na resposta com o passar do tempo pode ser devido a redução na regulação dos receptores β -adrenérgicos com atividade parcial dos agonistas

da RAC (Liu et al., 1994; Mills, 2001). A resposta limitada sobre o desempenho com a utilização da RAC neste estudo pode estar associada a seu tempo de uso que foi de 28 dias.

Apesar de não ter sido notado maior CRD, a maior taxa de crescimento ($p=0.02$; $+0.13$ kg/dia) e melhor CA ($p=0.03$; -0.17 kg/kg) foram observadas em suínos IC quando comparados à SC, de acordo com outros autores (Batorek et al., 2012^a; Dunshea et al., 2013; Demori et al., 2015) quando a alimentação ocorreu de forma AL.

Na meta-análise de Pompeu et al. (2017) os autores relataram que a inclusão da RAC na dieta foi eficaz na melhoria do PF, GPD, CA e teve efeito positivo sobre a PCM, AOL e profundidade de lombo. No presente estudo as diferenças sobre as variáveis de desempenho foram observadas somente quando os animais foram arraçoados de forma restrita, exceto pela CA, a inclusão da RAC na dieta de animal alimentados de forma AL não alterou ($P>0.05$) as demais variáveis de desempenho.

Smith et al. (1995) ao comparar níveis de suplementação de RAC (0, 5, 12.5 e 20 ppm) e dois programas alimentares (RT X AL) observaram que houve melhora linear GPD e CA em função dos níveis de RAC. Entretanto, esta resposta foi apenas para os animais submetidos à restrição alimentar, ou seja, o consumo à vontade, associado à RAC, não proporcionou resposta positiva no desempenho dos suínos.

Nedham et al. (2017) observaram que, após a segunda imunização, suínos IC aumentam o CRD, GPD e diminuem a eficiência alimentar e que a suplementação de 10 ppm de RAC aumentou o GPD e melhora a eficiência alimentar sem que houvesse mudanças no CRD, diferentemente dos resultados que encontramos.

Há efeito relativamente limitado na qualidade da carne de suínos alimentados com RAC (Pompeu et al., 2017). Observamos o efeito da RAC somente sobre a força de cisalhamento, animais que consumiram dietas, de forma à vontade, contendo a RAC obtiveram sues bifes mais resistentes ao cisalhamento.

A maior força de cisalhamento em carnes de suínos tratados com β -adrenérgicos também foi detectada por outros autores (Uttaro et al. 1993). Isto pode estar associada a diversos fatores, como por exemplo: aumento da produção de fibras musculares e redução da proteólise post mortem, sendo que a textura é afetada proporcionalmente ao aumento das doses ministradas de RAC (Ramos e Silveira, 2002).

A restrição alimentar na fase de terminação é comumente praticado principalmente por integradores, devido ao aumento expressivo do consumo de ração de suínos na fase de terminação, em uma tentativa de reduzir os custos de produção.

Quiniou et al. (212) observaram que suínos IC submetidos à alimentação controlada (2.50 kg/dia e 2.75 kg/dia) obtiveram o GDP reduzido comparado aos suínos alimentados de forma à vontade, porém sem que houvesse efeito sobre a CA e conteúdo de carne magra, e que, suínos IC alimentados de forma restrita obtiveram maiores lesões cutâneas no momento do abate, desse modo estes autores não recomendaram a restrição alimentar para suínos IC.

Logo após a segunda imunização, período em que ainda não houve queda acentuada da produção dos esteroides testiculares, o aumento da ingestão de alimentos por suínos IC aumentam os níveis de IGF-I e a deposição de proteína sem que haja acúmulo excessivo de gordura corporal (Bauer et al., 2009).

No presente estudo a restrição alimentar equiparou o desempenho de machos SC e IC, porém sobre as características de carcaça, suínos IC continuaram com menor deposição de gordura ($p=0.002$) e maior deposição proteica ($p=0.01$) (menor ET e maior PCM) que suínos SC.

Sob o manejo alimentar RT, a inclusão da RAC na dieta melhorou o ganho de peso, o PF e a AOL dos animais. Mesmo que a restrição seja um método utilizado para controlar o potencial de crescimento dos suínos (diminuição do consumo de ração na tentativa de melhorar a eficiência dos animais) (Santos et al., 2012), o ganho de peso dos animais sobre este manejo é reduzido em comparação à animais alimentados AL (Quiniou et al., 212; Santos et al., 2012; Moore et al., 2016) dessa forma a adição da RAC melhorou esta variável como pode ser observado neste estudo.

Assim como nós observamos, a comparação da qualidade de carne de suínos IC e SC não demonstrou diferença em outros estudos (Pauly et al., 2009; Morales et al., 2010; Boler et al., 2011).

Conclusão

Sob o manejo alimentar AL, suínos IC abatidos até a 4ª semana após a segunda imunização obtiveram melhor desempenho, porém pior RC que suínos SC. A adição da RAC na dieta melhorou a CA dos suínos independente da categoria sexual, e suínos alimentados IC alimentados com dietas sem inclusão de RAC obtiveram maior deposição de proteína na carcaça (menor ET e maior PCM). A alimentação RT equiparou o desempenho de suínos SC e IC, porém suínos IC estavam mais magros (menor ET e maior PCM) no momento do abate. A RAC melhorou o PF, GPD e AOL de suínos alimentados sob este manejo alimentar.

Baseado nestes resultados conclui-se que a imunocastração é uma potente ferramenta sob o desempenho e características de carcaça de suínos, a RAC melhorou a eficiência alimentar quando suínos são alimentados de forma AL e aumentou a taxa de crescimento de suínos alimentados de forma RT.

Referências Bibliográficas

- Batorek N, Candek-Potokar M, Bonneau M and Van Milgen J 2012 a. Meta-analysis of the effect of immunocastration on production performance, reproductive organs and boar taint compounds in pigs. *Animal* 8, 1330-1338.
- Batorek N, Skrlep M, Prunier A, Louveau I, Noblet J, Bonneau M and Candek-Potokar 2012 b. Effect of feed restriction on hormones, performance, carcass traits, and meat quality in immunocastrated pigs. *Journal of Animal Science* 90, 4593-4603.
- Bauer A, Lacorn M and Claus R. 2009. Effects of two levels of feed allocation on IGF-I concentrations and metabolic parameters in GnRH-immunized boars. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 93, 744-753.
- Bertol T.M, Ludk J.V., Bellaver C. 2001. Efeito do peso do suíno em terminaçãoo início da restrição alimentar sobre o desempenho e a qualidade da carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 93, 417-424.
- Boler, D.D.; Kutzler, L.W.; Meewse, D.M. et al. 2011. Effects of increasing lysine on carcass composition and cutting yields of immunologically castrated male pigs. *Journal Animal Science*, 89, 2189-2199.
- Cantarelli V.S., Fialho E.T., Almeida E.C., Zangeronimo M.G., Amaral N.O., Lima J.A.F. 2009. Carcass characteristics and economic viability of the use of ractopamine for finishing swine with ad libitum or restricted feeding. *Ciência Rural* 39, 844-851.
- Claus R, Lacorn M, Danowisk K, Pearce M C, Bauer A 2007. Short-term endocrine and metabolic reactions before and after second immunization against GnRH in boars. *Science Direct* 25, 4689-4696.
- Costa e Silva L.C., Barbosa R.D., Silveira E.T.F. 2017. Effectos of hidrochloride and immunological castration in pigs. Part 2: belly quality characteristis and fatty acid composition. *Food Science and Technology*.
- Demori AB.; Andreatta, I.; Kipper, Lanferdini E, Lehnen CR 2015. Production of growing male pis – a meta-analysis. *Revista brasileira de saúde e produção animal*, 16, p.130-138, 2015.
- Dunshea FR, Allison JRD, Bertram M, Boller DD, Brossard L, Campbell R, Crane JP, Hennessy DP, Huber L, Lange de C, Ferguson N, Matzat P, Mckeith F, Moraes PJU, Mullan BP, Noblet J, Quinniou N and Tokach 2013. The effect of immunization against GnRF on nutriente requeriments of male pigs: a review. *Animal* 11, 1769-1778.
- Fábrega E, Velarde A, Cros J, Gispert M, Suárez P, Tibau J and Soler J 2010. Effect of vaccination against gonadotrophin-releasing hormone, using Improvac on growth performance body composition, behaviour and acute phase protein. *Livestock Science* 132, 53-59.

- He G., Baidoo S.K., Yang Q. 2004. Interactive effect of ractopamine and protein/lysine level on growth performance, carcass characteristics and nutrient utilization in finishing pigs. Swine Research Project List.
- Kubale V., Batorek N., Škrlep M., Prunier A., Bonneau M, Fazarinc G, Candek-Potokar M 2013. Steroid hormones, boar taint compounds, and reproductive organs in pigs according to the delay between immunocastration and slaughter. *Theriogenology*, 79, p.69-80.
- Li H., Garipey C., Jin Y., Fonti i Furnols M., Fortin J., Rocha L.M., Faucitano L. 2015. Effects of ractopamine administration and castration method on muscle fiber characteristics and sensory quality of the *longissimus* muscle in two Pietran genotypes, 102, p.27-34.
- Liu C.Y., Grant A.L., Kim K.H., Hancock D.L., Anderson D.B., Mills S.E. 1994. Limitations of ractopamine to affect adipose tissue metabolism in swine. *Journal of Animal Science*. 72, 62–67.
- Mills, S.E. 2001. Biological basis of the ractopamine response. *Journal of Animal Science*. 79(Suppl. 1), n.238 (Abstr.).
- Moore K.L., Mullan B.P., Kim J.C., Dunshea, F. R. 2016. Standardized ileal digestible lysine requirements of male pigs immunized against gonadotrophin releasing factor1. *Journal of Animal Science*, 94, p. 1982–1992.
- Moraes E., Kiefer C. Silva I.S. 2010. Ractopamine in diets for immunocastrated, barrows and females. *Cienia. Rural*, 40, p. 409-414.
- Needham T, Hoffman LC, Gous RM 2017. Growth responses of entire and immunocastrated male pigs to dietary protein with and without ractopamina hydrochloride. *Animal*, 1-6.
- Ramos F., Silveira M. I. N. 2002. Agonistas beta-adrenérgicos e produção animal: Efeitos zootécnicos e qualidade da carne. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*. 97, 51-62.
- Pauly C, Spring P, O’Doherty JV, Ampuero Kragten S and Bee G 2009. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac_R) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. *Animal* 3, 1057–1066.
- Pompeu M. A., Rodrigues L.A., Cavalcanti L.F.L, Fontes D.O., Toral F.L.B. 2017. A multivariate approach to determine the factors affecting response level of growth, carcass, and meat quality traits in finishing pigs fed ractopamine, p.1644-1660.
- Puls CL, Rojo A, Ellis M, Boller DD, McKeith FK, Killefer J, Gaines AM, Matzat PD and Schroeder AL 2014. Growth performance of immunologically castrated (with Improvest) barrows (with or without ractopamine) compared to gilt, physically castrated barrow, and intact male pigs. *Journal of Animal Science* 92, 2289-2295.
- Quiniou N, Monziols M, Colin F, Goues T and Courboulay V 2012. Effect of feed restriction on the performance and behaviour of pigs immunologically castrated with Improvac®. *Animal* 6, 1420-1426.
- Rikard-Bell J., Curtis M.A., Van Baarneveld R.J., Mullan B.P., Edwards A. C., Gannon N.J., Henman D.J., Hughes P.E., Dunshea F.R. 2012. Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, intact boars and gilts. 87, p.3536-3543.

- Santos AP, Kiefer C, Martins LP and Fantini CC 2012. Restrição alimentar para suínos machos castrados e imunocastrados em terminação. *Ciência Rural* 42, 147-153.
- Smith W.C., Purchas R.W., Van Enkevort A., Pearson G.1995. Effects of ractopamine on the growth and carcass quality of entire Male and female pigs fed ad libitum or at a restricted level. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 38, p.373-380.
- Van den Broek A., Leen F., Aluwe M., Ampe B., Van Meensel J., Millet S.2016. The effect of GnRH vaccination on performance, carcass and meat quality and hormonal regulation in boars, barrows and gilts. *Journal of Animal Science*, 94, p.2811-2820.

CAPÍTULO III – COMPARAÇÃO ENTRE MACHOS INTEIROS/IMUNOCASTRADOS E MACHOS CASTRADOS DA CRECHE À TERMINAÇÃO COM E SEM O USO DE RACTOPAMINA²

Abstract: For comparing the performance between EM /IC and SC and the use of the RAC in the final period of termination, an experiment was carried out using 120 pigs (60 EM / IC and 60 SC pigs), with an initial weight of 28.02 ± 0.7 kg, 11th week to 27th week of age. The animals were randomly distributed in a 2 x 2 factorial arrangement (sexual category x inclusion of RAC in the diet), 4 treatments, 5 replicates and 6 animals per experimental unit. Immunocastration vaccination was carried out on the 23^a and 27^a week of age of the pigs, during the same period the RAC was included in the diet of half of the IC pigs and half of the SC swines. The periods evaluated were: from the 11th to the 23^a week of age (P1) and the 19^a to the 23^a week of age (P2). In the total period evaluated, EM/ IC swines consumed 21.8 kg lower amount of feed ($p = 0.013$), obtained 0.21 kg / kg reduction in feed conversion (CA) with similar weight gain ($p > 0.05$) a of SC. The difference in feed intake was due to P1. After the second immunization there was no difference ($p > 0.05$) in performance between the sex categories, daily monitoring of feed intake revealed that two weeks after the second IC immunization consumed a greater amount of feed than SC. The RAC improved by 0.24 kg / kg to CA of pigs in P2. At the time of slaughter, IC pigs had a lower backfat thickness (-9%, $p = 0.003$) and lower loin depth (-6%; $p < 0.0001$) than SC. It was concluded that whole male pigs obtained better efficiency in gaining weight due to lower feed intake compared to castrated male pigs and that when slaughter occurred within four weeks of the second anti-GnRH vaccination, male pigs had the potential to performance with higher protein deposition in the carcass. The RAC improved feed conversion of pigs without any effect on carcass characteristics.

Resumo: Objetivando-se, principalmente, comparar o desempenho entre suínos machos inteiros/ imunocastrados (EM/IC) e suínos machos castrados (SC) e a utilização da ractopamina (RAC) no período final de terminação, foi realizado um experimento utilizando-se 120 suínos (60 suínos EM/IC e 60 suínos SC), com peso inicial de 28.02 ± 0.7 kg, 11^a semana à 27^a semana de idade. Os animais foram distribuídos de forma aleatória em arranjo fatorial 2 x 2 (categoria sexual x inclusão de RAC na dieta), 4

² Artigo a ser submetido à Revista Brasileira de Zootecnia.

tratamentos, 5 repetições e 6 animais por unidade experimental. A vacinação de imunocastração foi realizada nos suínos EM na 19^a e 23^a semana de vida, neste mesmo período houve a inclusão da RAC na dieta de metade dos suínos IC e metade dos suínos SC. Os períodos avaliados foram: da 11^a à 23^a semana de idade (P1) e 23^a à 27^a semana de idade (P2). No período total avaliado suínos EM/ IC consumiram 21.8 kg a menos de ração ($p=0.013$), obtiveram 0,21 kg/kg de redução na conversão alimentar (CA) com ganho de peso semelhante ($p>0.05$) a de SC. A diferença de consumo de ração foi resultante do P1. Após a segunda imunização não houve diferença ($p>0.05$) de desempenho entre as categorias sexuais, o acompanhamento diário do consumo de ração revelou que duas semanas após a segunda imunização IC consumiram maior quantidade de ração do que SC. A RAC melhorou em 0.24 kg/kg a CA de suínos no P2. No momento do abate, suínos IC estavam com menor espessura de toucinho (-9%; $p=0.003$) e menor profundidade de lombo (-6%; $p<0.0001$) que SC. Conclui-se que suínos machos inteiros obtiveram melhor eficiência em ganhar peso devido ao menor consumo de ração em comparação à suínos machos castrados e que, quando o abate ocorre em até quatro semanas após a segunda vacinação anti-GnRH suínos machos imunocastrados mantém o potencial de desempenho com maior deposição proteica na carcaça. A ractopamina melhorou a conversão alimentar dos suínos sem que houvesse efeito sobre as características de carcaça. O consumo de ração de suínos imunocastrados aumenta em relação ao consumo de suínos machos castrados 17 dias após a segunda imunização.

Termos para indexação: imunocastração, suínos machos inteiros, conversão alimentar, espessura de toucinho

Introdução

Imunocastração de suínos é uma técnica relativamente nova e sua tendência é ser cada vez mais utilizada visando seguir o exemplo de países da antiga EU, que visam até 2018 eliminar a castração física.

A imunização contra GnRH é uma alternativa à castração física de machos inteiros e é eficiente em eliminar androsterona e escatol, principais compostos responsáveis pelas características sensoriais na carne destes animais. Duas doses da vacina são aplicadas em um intervalo de quatro semanas, após a segunda vacinação há

uma supressão da função endócrina testicular pela redução da androsterona e testosterona o que resulta em melhor eliminação do escatol [4,14].

Além de eliminar o odor característico de machos inteiros os estudos publicados indicam que esta técnica melhora do desempenho dos animais comparados à castração física [3] pelo potencial de crescimento de suínos machos inteiros até a segunda vacinação [6].

Contudo após a segunda imunização, o consumo de ração de suínos machos imunocastrados aumenta em decorrência do declínio dos hormônios sexuais [20] o que pode diminuir sua eficiência alimentar e resultar em maior acúmulo de gordura na carcaça.

A ractopamina é um aditivo que permite a manipulação das características de carcaça, além de sexo, nutrição e genética [21], ela é um divisor de nutrientes que melhora o desempenho e as características de carcaça de suínos em terminação, com efeitos no sistema endócrino e metabolismo de proteínas, lipídios e carboidratos [7].

Em sua metanálise, Pompeu et al. [18] relataram que a ractopamina pode melhorar a taxa de crescimento e características de carcaça de suínos. O que indica que, a maior taxa de deposição de gordura na carcaça de suínos imunocastrados poderia ser reduzida pela adição deste aditivo.

Desse modo, com o objetivo de investigar as características de desempenho de suínos machos inteiros/ imunocastrados, o efeito da adição da ractopamina sobre o desempenho, características de carcaça após a segunda imunização e comparar esses resultados com os de suínos machos castrados este experimento foi realizado.

Material e métodos

Todos os procedimentos experimentais utilizados neste estudo estavam em conformidade com as diretrizes do Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Minas Gerais –Brasil (CETEA_UFMG), protocolo número 362/2015.

O experimento foi conduzido no setor de recria/terminação da granja experimental São Gabriel, pertencente à empresa DB Genética Suína (Presidente Olegário, Minas Gerais, Brasil).

Para melhor entendimento, os suínos machos inteiros que foram destinados à imunocastração serão denominados suínos machos inteiros até o momento da segunda imunização, suínos machos imunocastrados após o momento da segunda imunização.

Um total de 120 suínos (60 suínos machos inteiros/imunocastrados e 60 suínos machos castrados) de cruzamento DB-DanAvl F1 foram selecionados em uma granja comercial da mesma empresa ao desmame (4ª semana de vida, $6,6 \pm 0,23$ kg) e alojados em baias coletivas (cinco animais do mesmo sexo/baia) no setor de creche, onde foram manejados de forma semelhante (dieta, vacinações), na 11ª semana de vida ($28,02 \pm 0,7$ kg) os animais foram transferidos para as baias coletivas do setor de recria/terminação, mantendo-se os mesmos grupos de cinco animais alojados/baia na creche.

As baias em que os suínos foram alojados na fase de creche eram de piso plástico vazado, e continha bebedouros automáticos. Após o período de creche os animais foram alojados em baias de alvenaria com piso semi-ripado e bebedouro automático, durante todo o período experimental o arraçoamento ocorreu de forma *ad libitum*.

Estes suínos foram distribuídos de forma aleatória em um esquema fatorial 2 (categoria sexual) X 2 (inclusão de ractopamina) compondo quatro tratamentos: T1: suínos machos castrados, dieta sem adição de ractopamina (RAC) após segunda imunização; T2: suínos machos inteiros/imunocastrados, dieta sem adição de RAC após a segunda imunização; T3: suínos machos castrados, dieta com adição de 10 ppm de RAC após segunda imunização; T4: suínos machos inteiros/imunocastrados, dieta com adição de 10 ppm de RAC após segunda imunização.

Os suínos machos inteiros receberam as vacinas de imunocastração na 19ª e 23ª semana de vida. Cada vacinação consistiu em 2ml da vacina Vivax® injetada de forma subcutânea no pescoço, atrás da base da orelha, de acordo com o protocolo sugerido pela Zoetis (Vivax®, Zoetis, Brasil), o momento das vacinações foi definido de acordo com a data do abate dos animais (27ª semanas de idade, $149 \pm 1,61$ kg). Segundo a literatura, o intervalo da última vacinação, sendo de quatro semanas antes do abate promove a melhora do desempenho dos animais e suprime a produção de hormônios esteroides (Van den Broek et al., 2016) o que garante a castração de fato.

Da entrada no experimento até o momento da segunda imunização, os suínos receberam as mesmas dietas, respeitando suas exigências nutricionais por fase, após este período houve a inclusão da RAC na dieta dos tratamentos T1 e T2 (tabela 1).

Tabela 1 Composições centesimais e nutricionais calculadas das dietas experimentais

	% Inclusão	
	Dieta 10 ppm RAC	Dieta 0 ppm RAC
Milho fubá	72,30	72,30
Farelo de soja	21,47	21,47
Farinha de carne e ossos	3,80	3,80
Óleo degomado	0,67	0,67
Calcário	0,53	0,53
Genophos ^a	0,005	0,005
Endopower ^b	0,02	0,02
Sal mineral	0,50	0,50
Minerais ^c	0,10	0,10
Caulim	0,20	0,25
Biotina 2%	0,002	0,002
Vitamina ^d	0,03	0,03
Lisina 78,8%	0,20	0,20
L-Treonina 99%	0,22	0,22
D-L Metionina 99%	0,023	0,023
Ractopamina ^g	0,05	-
Flavomicina ^e 8%	0,01	0,01
Feedox dry ^f	0,02	0,02
Valores Calculados*		
PB (%)	17,25	17,25
EM (Mcal/kg)	3,34	3,34
Ca total (%)	0,75	0,75
P disponível (%)	0,38	0,38
Lisina digestível	0,90	0,90

^a Aditivo enzimático (Uniquímica ®); ^bAditivo enzimático para aves e suínos composto por alfa-galactase, beta-glucanase, xilanase e galactomanase, (Uniquímica ®); ^c Mineral composition per kilogram of feed: Ca: 200g; P: 50g; Na: 45g; Cu: 160mg; Fe 1100mg; I: 6mg; Mn: 200mg; Se: 5mg; and Zn: 1400mg ^d Vitamin composition per kilogram of feed: vitamin A: 60.000IU; vitamin D3: 12.000IU; vitamin E: 800mg; vitamin K3: 20mg; vitamin B1:20,g; vitamin B2: 40mg; vitamin B6 0,20mg.^ePotenciador de desempenho para monogástricos. ^fComplexo antioxidante. ^g Cloridrato de ractopamina 20%.*Chemical composition calculated based on the values of the raw material according of Brazilian Table of Poultry and Swines (2011).

A figura 1 ilustra a ordem cronológica do manejo dos animais. Três períodos foram avaliados: P1 = 11^a à 23^a semana de vida, período de recria à segunda imunização, onde avaliou-se o desempenho dos animais de acordo com o sexo; P2 = 23^a à 27^a semana de vida, período em que os animais inteiros receberam a segunda

imunização ao abate e onde os tratamentos T3 e T4 receberam a administração da RAC na dieta, onde avaliou-se o desempenho e características de carcaça *in vivo* dos suínos de acordo com o sexo e inclusão da RAC na dieta; PT = período total (recria ao abate).

Da 11^a à 23^a semana de vida foram mensurados o peso médio, ganho de peso médio diário (GPD) e total (GPT), consumo de ração médio diário (CRD) e total (CRT), conversão alimentar média (CA).

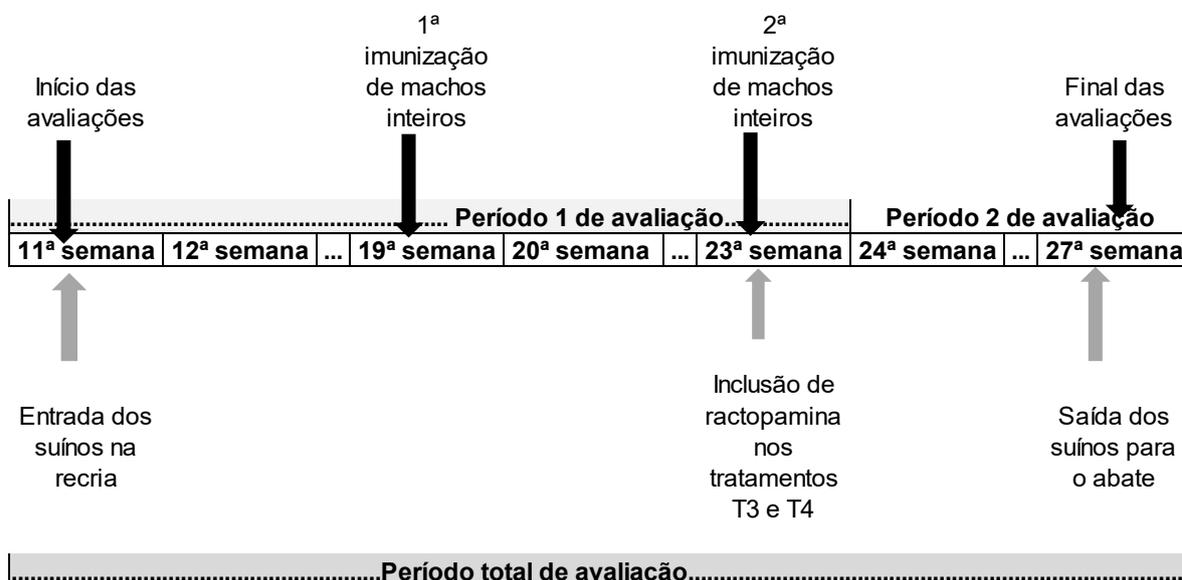


Figura 1 Ordem cronológica dos períodos avaliados

Da 23^a à 27^a houve uma avaliação, a cada 3 dias, do CRD dos animais, para identificar o momento em que ocorre a inversão de consumo de suínos machos imunocastrados comprado à suínos machos castrados, segundo a literatura [3, 25] após a segunda imunização o CRD de machos imunocastrados aumenta em relação à machos castrados.

Na 27^a de idade, as medidas ultra-sônicas foram coletadas utilizando-se o aparelho ALOKA® SSD-500, de forma individual, após a contenção dos animais, utilizando-se primeiramente a guia transversal para tomada da área de olho de lombo (AOL) e, em seguida, uma medida longitudinal para a espessura de toucinho (ET) e profundidade de músculo. A primeira medida foi coletada transversalmente entre a décima e a décima primeira costela, por meio de uma guia acústica de polivinil, enquanto a segunda medida foi tomada com uma guia acústica reta, na área

compreendida entre a décima e a última costela dos suínos, a 5 cm abaixo da linha média.

Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado, com tratamentos em arranjo fatorial (2X2), utilizando-se o Sistema para Análises Estatísticas Versão 9.1 (SAEG 2007). O modelo inclui o sexo (machos castrados x machos imunocastrados) e inclusão de ractopamina na dieta (10 ppm X 0 ppm) como efeitos principais, a interação sexo X inclusão de ractopamina na dieta quando $p < 0.05$. Os suínos foram pesados, para calcular a média de peso das baias (unidade experimental) e a unidade foi distribuída de acordo com os pesos entre os tratamentos. Cada tratamento foi composto por seis repetições (30 suínos).

Para realizar os testes estatísticos de desempenho as baias foram utilizadas como unidades experimentais e para características de carcaça cada animal foi utilizado como unidade experimental.

Resultados

Na tabela 2 estão os resultados de desempenho e características de carcaça encontrados. No período total avaliado os suínos machos EM consumiram em média 7% menor quantidade de ração ($-21,8 \pm 5,72$ kg; $p = 0,013$) que suínos machos castrados e obtiveram em média 8% ($-0,21 \pm 0,02$ kg/kg; $p < 0,0001$) melhor CA sem que houvesse diferença no GPD ($p = 0,65$).

A diferença no CRD foi advinda do P1, período em que os suínos destinados à imunocastração encontravam-se fisiologicamente como machos inteiros, neste período os suínos machos castrados consumiram em média 10% maior quantidade de ração ($+23,9 \pm 5,17$ kg; $p = 0,03$), obtiveram em média 10% pior CA ($+0,25 \pm 0,02$ kg/kg; $p < 0,0001$).

No P2, não foram observadas diferença de desempenho entre suínos machos castrados, porém, como pode ser observado na figura 2, houve diferença na dinâmica do CRD, até dez dias semana após a segunda imunização, suínos IC consumiram menor quantidade de ração ($p < 0.05$) do que suínos SC, do 10º ao 14º dia suínos IC e suínos SC obtiveram consumo de ração semelhante ($p > 0.05$) e do 14º dia ao abate o consumo de IC foi superior ($p > 0,05$) ao consumo de machos inteiros, como pode ser observado na figura 2.

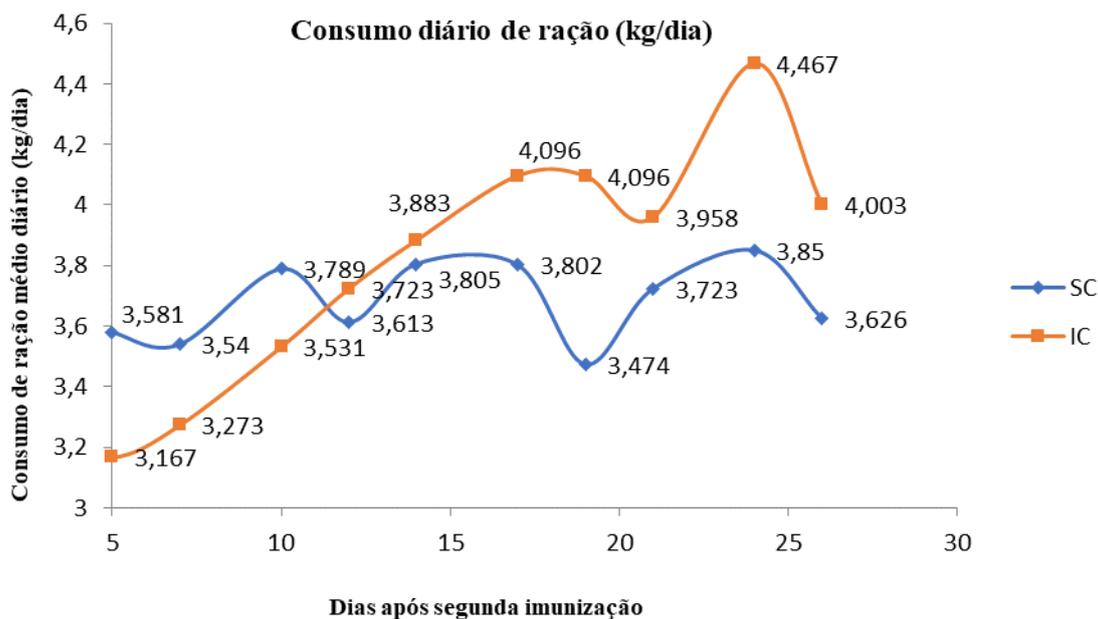


Figura 2 Consumo de ração de suínos machos imunocastrados e suínos machos castrados avaliados após a segunda imunização de suínos machos castrados

Neste período a adição de 15 ppm de RAC na dieta dos animais melhorou em aproximadamente 7% ($-0,24 \pm 0,07$ kg/kg; $p= 0,02$) a CA dos mesmos sem que houvesse resultado sobre as demais variáveis de desempenho.

Ao avaliar as características de carcaça *in vivo*, observamos que suínos machos imunocastrados saíram mais magros ($p=0,03$) ao abate com aproximadamente 9% menor espessura de toucinho ($-1,68 \pm 0,4$ mm; $p=0,003$) e 6% menor profundidade de lombo ($+3,32 \pm 0,65$ mm; $p<0,0001$) que SC. No P2 não houve interação ($p>0,05$) entre o sexo e a ractopamina sobre as variáveis de desempenho e características de carcaça *in vivo* de suínos assim como não houve efeito da ractopamina ($p>0,05$).

Tabela 2 Peso inicial (PI), peso final (PF), consumo de ração médio total (CRT), consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso médio total (GPT), ganho de peso médio diário (GPD), conversão alimentar (CA), área de olho de lombo (AOL), espessura de toucinho (ET), profundidade de lombo (PL) e porcentagem de carne magra (PCM) de suínos machos castrados (SC) e suínos machos inteiros/imunocastrados (IC)

		SC	IC	s.e.m	p-valor										
												0 ppm Ractopamina		15 ppm Ractopamina	
Período total avaliado	PI (kg)	28,03	28,01	1,04	0,99										
	PF (kg)	149,50	150,50	2,37	0,77										
	CRT (kg)	326,40 ^b	304,60 ^a	5,72	0,01										
	CRD (kg/dia)	2,94 ^b	2,74 ^a	0,05	0,01										
	GPT (kg)	121,40	122,76	1,55	0,65										
	GPD (kg/dia)	1,09	1,10	0,01	0,65										
	CA (kg/kg)	2,69 ^b	2,48 ^a	0,02	<0,0001										
Período 1: 11 ^a à 23 ^a semana de vida	CRT (kg)	230,30 ^b	206,40 ^a	5,17	0,003										
	CRD (kg/dia)	2,74 ^b	2,45 ^a	0,06	0,003										
	GPT (kg)	90,78	90,34	1,76	0,36										
	GPD (kg/dia)	1,08	1,07	0,02	0,36										
	CA (kg/kg)	2,53 ^b	2,28 ^a	0,02	<0,0001	0 ppm	15 ppm	s.e.m	p-valor	SC	IC	SC	IC	s.e.m	p-valor
Período 2: 23 ^a à 27 ^a semana de vida	CRT (kg)	96,10	98,20	1,30	0,26	98,92	95,38	1,30	0,06	97,78	100,05	94,41	96,35	1,83	0,93
	CRD (kg/dia)	3,70	3,78	0,05	0,26	3,80	3,70	0,05	0,06	3,76	3,85	3,63	3,71	0,07	0,93
	GPT (kg)	30,62	32,42	0,64	0,06	30,72	32,00	1,55	0,17	29,80	31,80	31,05	32,99	2,20	0,70
	GPD (kg/dia)	1,18	1,25	0,02	0,06	1,18	1,23	0,01	0,17	1,14	1,22	1,19	1,27	0,02	0,70
	CA (kg/kg)	3,13	3,02	0,07	0,24	3,22 ^b	2,98 ^a	0,07	0,02	3,28	3,16	3,05	2,92	0,09	0,97
Carcaça: 27 ^a semana de vida	AOL (mm ³)	43,32	42,28	0,52	0,17	43,07	42,53	0,52	0,47	44,08	42,06	42,56	42,51	0,74	0,19
	ET (mm)	18,85 ^b	17,04 ^a	0,40	0,002	18,37	17,52	0,40	0,14	19,27	17,47	18,43	16,60	0,57	0,98
	PL (mm)	59,40 ^a	56,10 ^b	0,65	<0,0001	57,46	58,04	0,65	0,53	59,59	55,32	59,22	56,87	0,92	0,29
	PCM (%)	55,05 ^b	55,75 ^a	0,22	0,03	55,09	55,65	0,22	0,07	54,79	55,39	55,30	56,00	0,32	0,88

Discussão

Batorek et al. [3] relataram em sua metanálise que as maiores diferenças entre o desempenho de suínos machos inteiros destinados à imunocastração e suínos machos castrados são resultado do menor consumo de ração de machos inteiros antes da segunda vacinação. Além dos hormônios gonadotróficos, o dispêndio do tempo desses animais em comportamentos sexuais [9, 29] contribui para que isto ocorra.

Antes da segunda imunização, suínos imunocastrados e suínos machos inteiros possuem a mesma concentração de testosterona e estradiol, acima dos limiares sensoriais, após a segunda vacinação os níveis destes hormônios em imunocastrados reduziram abaixo dos limiares sensoriais [25]. Alguns autores [10, 27] relataram que a interrupção da esteroidogênese e depuração dos compostos que causam odor característicos de machos inteiros na carcaça ocorrem duas semanas após este período. Suínos machos imunocastrados possui uma fisiologia diferenciada tanto de machos castrados quanto de machos inteiros, possuindo duas fases fisiológicas distintas em sua vida, o que diferencia seu potencial de crescimento das demais categorias sexuais.

Há relatos que antes da segunda imunização suínos machos inteiros consomem menor quantidade de ração, crescem em menor velocidade, porém possuem melhor conversão alimentar do que suínos machos castrados [3, 19, 24, 25]. Não observamos diferença ($p=0,36$) entre a taxa de crescimentos de suínos de acordo com a categoria sexual, mas de fato, o consumo de ração foi 11% menor ($p=0,03$) para machos inteiros o que resultou em 11% de redução ($p<0,0001$) do valor da conversão alimentar dos mesmos.

No período que antecede a segunda vacinação anti-GnRH, Lanferdini et al [11] e Puls et al. [19] relataram em média 13,0% menor consumo de ração de machos para suínos machos inteiros. Diversos estudos relataram a redução da conversão alimentar dos mesmos comparados a suínos castrados em média 15% (32,5 g/g) [3, 5, 8, 19]. Pauly et al. [17] e Moraes et al. [15] relataram em média 19% menor consumo de ração de suínos machos inteiros, porém seguidos por 14% menor ganho de peso.

O motivo da melhor eficiência alimentar destes animais pode ser o maior potencial para deposição de proteína dos mesmos [20], relacionado à presença dos hormônios sexuais.

Após a segunda imunização os níveis de IGF-I reduzem em imunocastrados comparados à suínos machos inteiros [13], porém isto acontece de forma mais lenta do que a redução dos níveis de esteroides testiculares (Claus et al., 2007), pode ocorrer incremento do consumo de ração, mas associado à maior taxa de crescimento acompanhada dos níveis de IGF-I (que também estimulam a deposição protéica) desse modo suínos machos

imunocastrados permanecem mais eficientes do que machos castrados por um período após a segunda vacinação.

Não observamos diferença ($p=0,06$) entre a taxa de crescimento das diferentes categorias sexuais no P2, porém, a avaliação diária do consumo resultou em aumento $p<0,05$) do consumo de ração médio diário de machos imunocastrados duas semanas após a segunda vacinação, o que não foi suficiente para resultar em diferença total no consumo de ração ($p=0,26$) no período de quatro semanas que antecedem o abate, desse modo o aumento da taxa de crescimento pode não ter sido expressado.

Batorek et al. [3] relataram em sua metanálise que imunocastrados consomem 130g/dia menor quantidade de ração, ganham 26g/dia mais peso e têm 19g/g de redução na conversão alimentar comparados com suínos castrados durante toda a sua vida. Observamos que, da 11^a à 27^a semana de vida suínos imunocastrados consomem 200g/dia menor quantidade de ração e têm redução de 0,21g/g de redução na conversão alimentar, porém sem resultados sobre o ganho de peso.

Como a efetiva castração de imunocastrados efetiva-se duas semanas após a segunda vacinação, o potencial anabólico de machos inteiros até este período reflete em menor espessura de toucinho e maior porcentagem de carne magra de imunocastrados comparado à machos castrados [3, 5, 8, 15, 17]. Também observamos redução ($p = 0,003$) de 1,68 mm de espessura de toucinhos em machos imunocastrados, porém acompanhada de redução ($p < 0,0001$) da área de olho de lombo.

Barbosa et al. [2] observaram que a ractopamina aumenta o ganho de peso em fêmeas, machos castrados e machos imunocastrados de 92 a 125 kg, e que os machos imunologicamente castrados têm as melhores respostas de desempenho para a ractopamina, mas com perdas no rendimento da carcaça, área de olho de lombo e espessura de toucinho. Não observamos diferença no ganho de peso advindos do uso da ractopamina, porém suínos que a consumiram obtiveram redução de 24g/g em sua conversão alimentar.

Lowe et al. [12] observaram que tanto a castração imunológica quanto o uso da ractopamina melhoraram as características da carcaça dos suínos e que, além disto, as duas tecnologias foram aditivas. Puls et al. [19] reportaram maior peso final (+3,6%), maior ganho de peso durante a suplementação de ractopamina (+142 g) e melhor conversão alimentar durante todo o período experimental (+12,0%) para machos imunizados suplementados com RAC comparados aos não suplementados. Esse estudo apontou para possíveis efeitos sinérgicos da interação entre as duas tecnologias, assim como Lowe et al. [12].

Alguns autores [23, 28] recomendam aproximadamente 30% de aumento dos níveis de aminoácidos devido ao anabolismo protéico causado por este aditivo, outros autores relataram que diferentes níveis de suplementação exigem diferentes ajustes aminoácidos [26]. Assim como Nedham et al. [16] observaram que a ractopamina só obteve efeito sobre a conversão alimentar dos animais quando se aumentou o nível de proteína na dieta.

Apesar da dieta com inclusão de RAC ter sido ajustada de acordo com os autores supracitados, a dieta sem inclusão deste aditivo estava com os níveis de proteína bruta e lisina digestível aproximadamente 30% e 60% respectivamente acima das exigências nutricionais recomendadas por Rostagno et al. [23], este maior suprimento de aminoácidos pode ter contribuído para melhoria do desempenho dos animais e mascarado o efeito da RAC.

Rocha et al. [22] compararam a castração física com a imunológica e suplementação de ractopamina na dieta, esses autores não observaram resultados, nem do aditivo e nem do tipo de castração.

Conclusão

Conclui-se que suínos machos inteiros obtiveram melhor eficiência em ganhar peso devido ao menor consumo de ração em comparação a suínos machos castrados e que, quando o abate ocorre em até quatro semanas após a segunda vacinação anti-GnRH suínos machos imunocastrados mantêm o potencial de desempenho com maior deposição proteica na carcaça. A ractopamina melhorou a conversão alimentar dos suínos sem que houvesse efeito sobre as características de carcaça. O consumo de ração de suínos imunocastrados aumenta em relação ao consumo de suínos machos castrados 17 dias após a segunda imunização.

Referências

- [1] Andersson K., Brunius C., Zamaratskaia G. and Lunstrom K. 2011. “Early vaccination with Improvac®: effects on performance and behaviour of male pigs”. *Animal* (1): 87-95.
- [2] Barbosa C. E. T., Silva C. T. C., Cantrelli V. S., Zangeronimo M. G., de Souza C., Garbosa C. A. P., Amaral N. O., Zeviani W. M. “Ractopamine in diets for finishing pigs of diferente sexual categories”. 2012. *R. Bras. Zootec.* (41): 1173-1179.
- [3] Batorek N., Candek-Potokar M., Bonneau M. and Van Milgen J. 2012. “Meta-analysis of the effect of immunocastration on production performance, reproductive organs and boar traint compounds in pigs”. *Animal* (8)1330-1338.
- [4] Bonneau M. Meat production from entire male pigs: performance, meat quality and alternatives to boar taint. *Ann Zootech* 1998; 37:203.

- [5] Demori A. B., Andreatta I., Kipper M., Lanferdini E., Lehnen C. R. 2015. “Produção de suínos machos em crescimento: uma meta-análise”. *Ver. Bra. Saúde Prod. Anim.* (16) 130-138.
- [6] Dunshea, F., Colantoni C, Howard K., McCauley I., Jackson P., Long K., Lopaticki S., Nugent E., Simons J., Walker J. and Hennessey D. P. 2001. “Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance”. *J. Anim. Sci.* (79), 2524–2535.
- [7] Dunshea, F. R., Cronin, G. M., Hemsworth, P. H., Campbell, R.G., Luxford, B., Smits, R. J., Tilbrook, A. J., McCauley, I. 2009. “Vaccination against gonadotrophin releasing factor (GnRF) increases growth and reduces variability in group-housed boars”. *Proceedings of the 49th International Congress of Meat Science and Technology* PE 1.20.
- [8] Dunshea, F. R., Allison, J. R. D., Bertram, M., Boler, D. D., Brossard, L., Campbell, R., Ferguson, N. 2013. “The effect of immunization against GnRF on nutrient requirements of male pigs: A review”. *Animal*, 7(11): 1769-1778.
- [9] Guay K., Salgado G. Thompson G., Backus B., Sapkota A., Chaya W., McGlone J. 2013. “Behaviour and handling of physically and immunologically castrated market pigs on farm and going to Market”. *J. Anim. Sci.* (91): 5410-5417.
- [10] Kubale V., Batorek N., Škrlep M., Prunier A., Bonneau M., Fazarinc Z. Candek-Potokar. 2013. “Steroid hormones, boar taint compounds, and reproductive organs in pigs according to the delay between immunocastration and slaughter”. *Theriogenology*, (9):69-80.
- [11] 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):246–25.
- [12] Lowe, B. K., G. D. Gerlemann, S. N. Carr, P. J. Rincker, A. L. Schroeder, D. B. Petry, F. K. McKeith, G. L. Allee, and A. C. Dilger. 2014. “Effects of feeding ractopamine (Paylean) to immunologically castrated (Improvest) pigs on growth performance, carcass yields, and further processing characteristics”. *J. Anim. Sci.* (92):3727–3735.
- [13] Metz C., Claus R. 2003. “Active immunization of boars against GnRH does not affect growth hormone but lowers IGF-I in plasma”. *Livest. Produ. Sci.* (81): 129–137.
- [14] Matthews KR, Homer DB, Punter P, Béague MP, Gispert M, Kempster AJ, et al. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: III. Consumer survey in seven European countries. *Meat Sci* 2000;54:271–83.

- [15] Moraes, E., C. Kiefer, and I. S. Silva. 2010. “Ractopamina em dietas para suínos machos imunocastrados, castrados e fêmeas”. *Cienc. Rural* (40): 379–384.
- [16] Needham T., Hoffman L. C., Gous R. M. 2017. “Growth responses of entire and immunocastrated male pigs to dietary protein with and without ractopamina hydrochloride”. *Animal*, p.1-6.
- [17] Pauly C., Spring P., O’Doherty J. V., Ampuero Kragten S., Bee G. 2009. “Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac_R) and entire male pigs and individually penned entire male pigs”. *Animal* (3) 1057–1066.
- [18] Pompeu M. A., Rodrigues L. A., Cavalcanti L. F.L, Fontes D. O., Toral F. L. B. 2017. “A multivariate approach to determine the factors affecting response level of growth, carcass, and meat quality traits in finishing pigs fed ractopamine”, 1644-1660.
- [19] Puls, C. L., M. Ellis, F. K. McKeith, A. M. Gaines, and A. L. Schroeder. 2014. “Effects of ractopamine on growth performance and carcass characteristics of immunologically and physically castrated barrows and gilts”. *J. Anim. Sci.* (92):4725–4732.
- [20] Quiniou N.; Monziols M., Colin F., Goues T., Courboulay V. 2012. “Effect of feed restriction on the performance and behaviour of pigs immunologically castrated with Improvac®”. *Animal* (6):1420-1426.
- [21] Rikard-Bell J., Curtis M. A., Van Baarneveld R. J., Mullan B. P., Edwards A. C., Gannon N. J., Henman D. J., Hughes P. E., Dunshea F. R. 2012. “Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, intact boars and gilts”. (87): p.3536-3543.
- [22] Rocha L. M., Bridi A. M., Foury A., Mormedé P., Weschenfelder A. V., Devillers N. Bertolini W., Faucitano L. 2013. “Effects of ractopamine administration method on the response to preslaughter stress carcass and meat quality in pigs of two Pietran genotypes”. 2013. *J. Anim. Sci.* (91): 3965-3977.
- [23] Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. T. Barreto, and R. F. Euclides. 2011. “Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais”. 3rd ed. Dep. Zootec., Univ. Fed. Viçosa, Viçosa, Brazil.
- [24] Skrlep, M., Segula B., Zajec M., Kastelic M., Fazarinc G., Candek-Potokar M. “Effect of immunocastration (Improvac®) in fattening pigs I: growth performance, reproductive organs and malodorous compounds”. *Slov. Vet. Res.* (47): 57-64. 2010.

- [25] Van den Broek A., Leen F., Aluwe M., Ampe B., Van Meensel J., Millet S. 2016. “The effect of GnRH vaccination on performance, carcass and meat quality and hormonal regulation in boars, barrows and gilts”. *J. Anim. Sci.* (94):2811-2820.
- [26] Webster, M. J., R. D. Goodband, M. D. Tokach, J. L. Nelssen, S. S. Dritz, J. A. Unruh, K. R. Brown, D. E. Real, J. M. DeRouchey, J. C. Woodworth, C. N. Groesbeck, and T. A. Marsteller. 2007. “Interactive effects between ractopamine hydrochloride and dietary lysine on finishing pig growth performance, carcass characteristics, pork quality, and tissue accretion”. *Prof. Anim. Sci.* (23):597–61.
- [27] Wicks N., Crouch S., Pearl C. A. 2013. “Effects of Improvac and Bopriva on the testicular function of boar sten weeks after immunization”. *Anim. Repr. Sci.* (142): 149–159.
- [28] Xiao, R.-J., Z.-R. Xu, and H.-L. Chen. 1999. “Effects of ractopamine at different dietary protein levels on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol*”(79):119–127.
- [29] Zamaratskaia, G., Rydhmer, L., Andersson, H. K., Chen, G., Lowagie, S., Andersson, K., & Lundström, K. 2008. “Long-term effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone, using Improvac™, on hormonal profile and behaviour of male pigs”. *Anim. Reproduct. Sci.*, (1): 37-48.

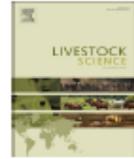
ANEXO I – ARTIGO PUBLICADO

Livestock Science 228 (2019) 120–126



Contents lists available at ScienceDirect

Livestock Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/livsci

Interactive effects of feed allowance and ractopamine supplementation on growth performance and carcass traits of physically and immunologically castrated heavy weight pigs

A.P.L. Brustolini^a, L.A. Rodrigues^{b,c,*}, F.C.O. Silva^d, J.V. Peloso^e, A. Aldaz^f, M.B.C. Junior^g, T.C. Figueiredo^h, D.V. Alkmin^a, D.O. Fontes^g

^a DB Genética Sultra Brasil, 38 706-000, 2094, Pains de Minas, Minas Gerais, Brazil

^b College of Agriculture and Bioresources, University of Saskatchewan, S7N 5A8, 51 Campus Drive, Saskatoon, Canada

^c Prairie Swine Centre, Inc., S7H 5N9, Box 21057, 2105 – 8th Street East, Saskatoon, Canada

^d Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, 36571-000, Casa 47, Viçosa, Minas Gerais, Brazil

^e 88302-584, 60, Itajai, Santa Catarina, Brazil

^f Zoetis Parsippany, New Jersey 07054 United States

^g Department of Animal Science, Federal University of Minas Gerais, 31270-901, 6627, Belo Horizonte, Brazil

^h Department of Technology and Inspection for Animal Products, Federal University of Minas Gerais, 31270-901, 6627, Belo Horizonte, Brazil



ARTICLE INFO

Keywords:

Beta-adrenergic agonist

Feed intake

Immunocastration

Lean meat

Pork quality

ABSTRACT

One experiment was conducted to investigate the impact of feed allowance and ractopamine supplementation on growth, carcass and meat quality traits in barrows and immunocastrated male pigs. Eighty finishing male pigs (95.79 ± 1.71 kg) were allocated in a 2 × 2 × 2 factorial treatment design with two castration methods (CM) (physically (BA) × immunologically (IM) castrated pigs), two ractopamine supplementation programs (RAC) (0 vs 10 ppm in the feed) and two feeding allowance schemes (FA) (restricted (RT) vs ad libitum (AL)) from 131 to 160 days of age. RAC-fed pigs were heavier ($P < 0.01$) and RT pigs were lighter ($P < 0.001$) at the end of the evaluation period. Average daily weight gain was higher in IM ($P < 0.05$) and pigs fed diets without RAC and RT showed lower daily weight gain ($P < 0.05$). RAC improved feed efficiency regardless of CM and FA ($P < 0.001$). BA were fatter at 131 days of age ($P < 0.001$). RAC decelerated backfat deposition ($P < 0.001$) and improved lean muscle deposition ($P < 0.01$) after the 29-day duration of the trial. RAC increased slaughter weight ($P < 0.01$), hot carcass weight ($P < 0.05$) and lean muscle weight ($P < 0.05$). RT pigs showed decreased slaughter weight ($P < 0.001$) and backfat thickness was increased in BA fed diets without RAC ($P < 0.01$). BA pigs fed diets with 0 ppm RAC showed the highest backfat thickness and IM pigs fed diets with 0 ppm showed the lowest backfat depth ($P < 0.01$). IM AL pigs fed diets with 0 ppm showed the highest percentage of muscle and BA RT and BA AL pigs fed diets with 0 ppm showed the lowest lean muscle percentages ($P < 0.01$). Lean muscle area was reduced in RT pigs ($P < 0.001$) and increased by RAC ($P < 0.05$). Feeding RAC increased meat shear force ($P < 0.01$). In conclusion, our results confirm that rearing immunologically castrated males is a profitable alternative for pork producers and that feed restriction after the second vaccination negatively influences growth and carcass parameters, which can be partially compensated by ractopamine supplementation.

1. Introduction

Immunization of entire males pigs against GnRF (gonadotropin releasing factor), also known as immunological castration, offers to the pork industry the opportunity to benefit during the early stages of growth of the inherent higher lean deposition of intact males over barrows, while still preventing the occurrence of malodorous carcass fat compounds ("boar taint") at the processing plants (Millet et al., 2011;

Moore et al., 2017). The immunization requires two doses of vaccine to be effective, and is after the second dose when the pig becomes immunologically castrated, resulting in disappearance of male behaviour, and a significant and temporary increase in feed intake (Elsbernd et al., 2017), which if it is not properly managed might reduce feed efficiency and pork quality. Feed restriction after the second dose is an alternative to minimize this potential negative impact, however, the literature shows controversial results regarding this strategy, possibly due to

* Corresponding author at: S7N 5A8, 51 Campus Drive, Saskatoon, Canada.
E-mail address: lucas.rodrigues@usask.ca (L.A. Rodrigues).

<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.08.009>

Received 14 May 2019; Received in revised form 10 August 2019; Accepted 16 August 2019

Available online 17 August 2019

1871-1413/ © 2019 Elsevier B.V. All rights reserved.