

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE DE
CARNE DE SUÍNOS ALIMENTADOS COM NÍVEIS
CRESCENTES DE LISINA, COM E SEM RACTOPAMINA**

Discente: Ruscarla Carvalho Moraes
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Paula Cardoso Gomide

Rio Verde – GO
Dezembro – 2022

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE DE
CARNE DE SUÍNOS ALIMENTADOS COM NÍVEIS
CRESCENTES DE LISINA, COM E SEM RACTOPAMINA**

Discente: Ruscarla Carvalho Moraes
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Paula Cardoso Gomide

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – campus Rio Verde – Área de concentração: Produção animal.

Rio Verde – GO
Dezembro – 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

MM827c Moraes, Ruscarla Carvalho
Características de carcaça e qualidade de carne de suínos alimentados com níveis crescentes de lisina, com e sem ractopamina / Ruscarla Carvalho Moraes; orientadora Ana Paula Cardoso Gomide; co-orientadora Kátia Cylene Guimarães. -- Rio Verde, 2022.
47 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. Aditivo. 2. Agonista B-adrenérgico. 3. Aminoácido limitante. 4. Nutrição. 5. Proteína animal. I. Cardoso Gomide, Ana Paula, orient. II. Cylene Guimarães, Kátia, co-orient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Ruscarla Carvalho Moraes

Matrícula:

2020102310240066

Título do trabalho:

Características de carcaça e qualidade de carne de suínos alimentados com níveis crescentes de lisina, com e sem ractopamina

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 07/02/2023

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde,
Local

07/02/2023
Data

Ruscarla Carvalho Moraes

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Jana Paula Cardoso Gomide

Ana Paula Cardoso Gomide
IF Goiano-Câmpus Rio Verde
Matrícula: 2143967



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

Características de carcaça e qualidade de carne de
suínos alimentados com diferentes níveis de lisina,
com e sem ractopamina

Autora: Ruscarla Carvalho Moraes
Orientadora: Ana Paula Cardoso Gomide

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração em Zootecnia/Recursos
Pesqueiros.

APROVADA em 08 de dezembro de 2022.

Dra. Cibele Silva Minafra
Avaliadora interna
IF Goiano/RV

Dr. Elis Aparecido Bento
Avaliador externo
IF Goiano/RV

Dr. Francisco Ribeiro de Araujo
Neto

Dra. Ana Paula Cardoso Gomide
Presidente da banca

Avaliador externo
IF Goiano/RV

IF Goiano/RV

Documento assinado eletronicamente por:

- Cibele Silva Minafra, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 21/12/2022 09:25:04.
- Francisco Ribeiro de Araujo Neto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/12/2022 07:52:00.
- Elis Aparecido Bento, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 14/12/2022 10:02:13.
- Ana Paula Cardoso Gomide, FG0002 - UPIC-RV, em 14/12/2022 09:33:31.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 01/12/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 448767
Código de Autenticação: 3d750c1f19



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3624-1000

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a Nossa Senhora Aparecida por quem eu tanto supliquei, pedi calma, paciência para continuar mesmo quando achava que não aguentava mais, eu recebia força incondicional que tornava o momento mais leve, grata!

Aos meus pais Antônio e Cleide, que sempre estiveram presentes, me incentivando a não desistir, ajudando, auxiliando de formas que nunca conseguirei retribuir o que fizeram por mim, amo vocês, gratidão.

Ao meu marido Aurélio, pelo companheirismo, pelas palavras, pelo acolhimento, por ser calma nos momentos de crise, por ser paciência nos momentos de explosão, por me auxiliar em tanta coisa ao longo dessa jornada, te amo, gratidão.

Ao meu filho Pedro Antônio, o que falar de uma criança extraordinária? Que praticamente nasceu dentro da sala de aula, que nunca me deu trabalho quando precisei estudar, isso tudo é por você, é para você, mamãe te ama ao infinito.

Aos meus amigos que mesmo distantes me ouviram, falaram palavras de positividade e força, obrigada.

A minha orientadora Ana Paula, que acreditou em mim, mais do que eu mesma, que me ensinou tanto, tanto coisas da vida, quanto dos estudos, me acalmou nos momentos de angústia e desespero, gratidão.

Ao meu coorientador Francisco Ribeiro de Araújo Neto, por ser companheiro, me auxiliar, ensinar em diversos momentos, grata.

Aos professores do PPGZ – IFGoiano/RV, pelo comprometimento com seus alunos, pela didática aplicada, conhecimento transmitido e atenção.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, pela oportunidade de ingressar em um programa de pós graduação e me tornar uma profissional mais qualificada.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Ruscarla Carvalho Moraes, filha de Antônio Sebastião de Moraes e Cleide Aparecida Carvalho de Moraes. Nascida no dia 15 de maio de 1995 no município de Rio Verde – Goiás. Iniciou sua formação acadêmica e profissional em março de 2012, quando ingressou no Curso de Graduação em Zootecnia no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, tendo concluído em dezembro de 2019. Em março de 2020 ingressou no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, concentrando seus estudos na área de Produção animal e sustentabilidade na produção e, submetendo-se à defesa de dissertação em 08 de dezembro de 2022, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

ÍNDICE GERAL

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Conceito de proteína ideal e lisina para de suínos em terminação.....	3
2.2 Ractopamina e sua estrutura química.....	4
2.2.1 Mecanismos de ação da RAC.....	6
2.2.2 Efeitos ao uso RAC em relação a características de carcaça.....	8
2.2.3 Qualidade de carne em relação ao uso de RAC.....	9
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12
CAPÍTULO I – Artigo Científico.....	19
Características de carcaça e qualidade de carne de suínos alimentados com diferentes níveis de lisina, com e sem ractopamina.....	19
Resumo.....	19
Carcass characteristics and meat quality of swine fed with increasing levels of lysine, with and without ractopamine.....	20
Abstract.....	20
Introdução.....	21
Material e Métodos.....	21
Resultados e discussões.....	26
Conclusões.....	32
Referências	32

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composições centesimais e calculadas das dietas experimentais.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estrutura química da RAC.....	5
Figura 2. Modo de ação RAC/agonistas β -adrenérgicos.....	7
Figura 3. Biplot dos componentes principais estimados utilizando as informações do experimento em suínos na terminação, envolvendo os fatores como sexo, ractopamina e níveis de lisina.....	27
Figura 4. Resultado da análise de agrupamento envolvendo os dados do experimento em suínos, para os fatores sexo, ractopamina e níveis de lisina.....	28

ÍNDICE DE SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

%	Porcentagem
ABA	Agonista β -adrenérgico
AC	Adenilato ciclase
AMPc	Adenosina monofosfato cíclica
ATP	Adenosina trifosfato
β	Beta
C ₆ H ₁₄ N ₂ O ₂	Fórmula molecular da L-Lisina
C ₁₈ H ₂₃ NO ₃	Fórmula molecular da Ractopamina
DFD	Dark, firm and dry
EPO4	Enzimas fosforilada
g	Gramas
GO	Goiás
Gs	Proteína celular
kg	Quilograma
mg	Miligrama
n ^o	Número
pH	Potencial hidrogeniônico
ppm	Partes por milhão
PQ	Proteína Quinase
RAC	Ractopamina
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

RESUMO

RESUMO: Objetivou-se avaliar características de carcaça e qualidade de carne de suínos machos castrados e fêmeas na terminação alimentados com ração contendo níveis crescentes de lisina, incluindo ou não 10 ppm de ractopamina. Foram utilizados 180 suínos de alto potencial genético para deposição de carne, por 21 dias, com peso inicial de 92,0 kg \pm 1,2 kg, e aproximadamente 130 dias de idade, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial 5x2x2 – cinco níveis de lisina digestível (0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1%), dois níveis de ractopamina (0 e 10 ppm) e dois sexos (machos castrados e fêmeas), com nove repetições e um animal por unidade experimental. Para análise estatística, foi adotado um procedimento de análise multivariada em 3 etapas: a) estimação das médias das características por cada tratamento (em análise fatorial cada tratamento resulta da combinação dos fatores sexo-ractopamina-lisina); b) redução da dimensionalidade dos dados, utilizando uma análise de componentes principais e; c) utilizando dos componentes principais, análise de agrupamento foi realizada. Os níveis de lisina não influenciaram na formação de grupos, sendo suficiente a menor porcentagem de lisina. Houve interação dos sexos quando incluiu a ractopamina, além da ractopamina influenciar nas características de qualidade de carne.

Palavras-Chave: Aditivo, agonista β -adrenérgico, aminoácido limitante, nutrição, proteína animal.

ABSTRACT

ABSTRACT: The objective was to evaluate carcass characteristics and meat quality of castrated male and female finishing pigs fed with diet containing increasing levels of lysine, with or without 10 ppm of ractopamine. 180 pigs with high genetic potential for meat deposition were used for 21 days, with initial weight of $92.0 \text{ kg} \pm 1.2 \text{ kg}$, and approximately 130 days old, distributed in a completely randomized design, in a factorial arrangement $5 \times 2 \times 2$ being five digestible lysine levels (0.7; 0.8; 0.9; 1.0; 1.1%), two ractopamine levels (0 and 10 ppm) and two sexes (castrated males and females), with nine replications and one animal per experimental unit. For statistical analysis, a multivariate analysis procedure was adopted in 3 stages: a) means estimation of the characteristics for each treatment (in factorial analysis, each treatment results from the combination of sex-ractopamine-lysine factors); b) data dimensionality reduction, using principal component analysis and; c) using principal components, cluster analysis was performed. Lysine levels did not influence the group formation, with the lowest percentage of lysine being sufficient. There was interaction between the sexes when ractopamine was included, in addition to ractopamine influencing meat quality characteristics.

Keywords: Additive, β -adrenergic agonist, limiting amino acid, nutrition, animal protein.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A suinocultura é um setor que se destaca no Brasil e no mundo, em consequência, a carne suína é a proteína de origem animal mais consumida mundialmente, e o Brasil ocupa a quarta posição de maior produção dessa proteína, atrás da China, União Europeia e Estados Unidos (USDA, 2022), resultado do grande avanço no melhoramento genético da suinocultura, que visa obter animais com maior produtividade. Corassa *et al.* (2013) relataram que o desenvolvimento dessas linhagens com genética para maior deposição de carne na carcaça, tem maior exigência de nutrientes para expressar potencial genético, portanto, convém utilizar estratégias nutricionais com finalidade de melhores características quantitativas de carcaça.

Segundo Teixeira (1998) os aminoácidos são nutrientes indispensáveis para a produção animal, dentre eles a lisina é a mais importante na dieta para suínos, sendo necessário a suplementação porque a ração fornecida para esses animais é à base de milho e soja, e esses ingredientes apresentam baixos teores desse aminoácido.

A utilização da lisina em dietas tem grande importância na suinocultura quando se fala em ganho de massa magra, principalmente na fase de terminação que se tem menor deposição de proteína e maior índice de gordura na carcaça (ABREU *et al.*, 2007).

Buscando atender as exigências de mercado por carne suína com menor teor de gordura, pesquisadores da área de nutrição animal analisam a inclusão de alimentos e aditivos para melhorar o produto (CAMPOS *et al.*, 2013). Nesse sentido, o aditivo ractopamina na alimentação de suínos tem sido interessante para deposição de proteína, eficiência na produção e redução de gordura na carcaça (ATHAYDE *et al.*, 2012).

A ractopamina (RAC) é um beta adrenérgico parecido com catecolaminas epinefrina e norepinefrina (PEREIRA *et al.*, 2008), que age repartindo os nutrientes, ligando os mesmos a receptores nas membranas celulares, enviando esses nutrientes para os músculos (MILLS, 2002), promovendo maior deposição de proteína (COSTA-LIMA *et al.* 2014) e redução da gordura na carcaça (AGOSTINI *et al.*, 2011) de suínos em terminação.

Portanto, a fim de obter mudanças em relação a composição de carcaça de suínos, fornecer dietas com diferentes níveis de lisina e inclusão de ractopamina, pode ser uma estratégia para maiores ganhos na produção, melhores características, qualidade e melhor aceitação da carne suína pelo mercado consumidor.

Neste contexto, objetivou-se avaliar características de carcaça e qualidade da carne

de suínos machos castrados e fêmeas na terminação alimentados com ração contendo diferentes níveis de lisina, incluindo ou não 10 ppm de ractopamina.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceito de proteína ideal e lisina para de suínos em terminação

Mitchell (1962) foi o primeiro a definir o conceito proteína ideal, e relatou que o conceito é a mistura de aminoácidos ou proteínas em quantidade ideal para cada animal, desde que atenda as exigências, tanto para manutenção quanto para o crescimento. Levando em consideração o conceito de proteína ideal, podendo produzir dietas balanceadas para os suínos sem excessos, nem deficiência de proteínas e aminoácidos, com isso, animais serão mais produtivos e desempenham o máximo do seu potencial genético (EMMERT & BAKER, 1997).

Os aminoácidos não têm só importância por fazer parte das proteínas, eles desempenham funções metabólicas no corpo dos animais, resultando maior ganho de peso (MURAKAMI, 2002). Além do mais, a inclusão de aminoácidos na dieta reduz custos da ração com relação a proteína, levando a redução na excreção de nitrogênio pelos animais, pois se torna mais absorvível (ARAÚJO & SOBREIRA, 2008).

A exigência aminoacídica pelos suínos pode variar de acordo a classe sexual, potencial genético, ambiência, sanidade, tipo de dieta e fornecimento da mesma (TABELA BRASILEIRA PARA AVES E SUÍNOS, 2011).

A L – lisina ($C_6H_{14}N_2O_2$) é o aminoácido mais limitante para os suínos, as funções biológicas nas células são: presença na composição das enzimas e na estrutura dos nucleotídeos, responsável pela formação de proteínas, formação dos ossos, produção de colágeno e desenvolvimento muscular (BERTECHINI, 2004). Sorio *et al.* (2012), relatam que a lisina tem 78% de eficiência e 99% de pureza na forma em pó e 50% e 30% na forma líquida, como ela é comercializada.

Responsável pela deposição e aumento de proteína na carcaça, animais com maior potencial genético, eleva sua exigência de lisina diariamente para expressar todo seu desempenho e aumento do peso (YEN *et al.*, 1986).

De acordo com Rostagno *et al.* (2017), suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior na fase final dos 95 kg aos 125 kg, tem como exigência de lisina de 23,3 g/dia, com consumo de ração de 3285,3 g/dia, média de 0,8% de lisina digestível e ganho médio de 1,083 kg/dia.

Kill *et al.* (2003) em avaliação dos níveis de lisina para dietas de marrã com peso

de 65 aos 105 kg, obteve melhores resultados de características e desempenho de carcaça quando o nível de lisina na ração foi de 0,90 e 1,00%.

Em pesquisa realizada por Santos *et al.* (2011), apontaram que suínos machos castrados dos 95 aos 125 kg, obtiveram melhores resultados de ganho de peso com animais consumindo 24,60 g/dia e para deposição de carne foi de 29,09 g/dia.

Enquanto Almeida *et al.* (2010a) relatam que 23,04 g/dia que corresponde a 0,68% de lisina digestível, é recomendado para melhores características de carcaça e desempenho de ambos os sexos nos suínos.

Em trabalho realizado por Marinho *et al.* (2007) houve melhorias nas características de carcaça de suínos como maior porcentagem de carne, aumento diário de deposição de proteína, menor espessura de toucinho e profundidade de lombo, foram adquiridas com inclusão de 0,87% de lisina digestível em dieta para suínos dos 85 aos 121 kg.

Arouca *et al.* (2005) ao trabalharem com suínos machos castrados na fase de terminação, não observaram efeito da lisina sobre características de carcaça, portanto, considera que 0,76% o que corresponde ao consumo de 25,99 g/dia de lisina total seja o suficiente para depositar carne magra na carcaça.

Genética, ambiente e alimentos são requisitos que podem interferir diretamente no desempenho dos animais, a reavaliação das exigências nutricionais e aminoacídica, torna-se então, necessária de acordo com a evolução genética dos mesmos (SANTOS *et al.*, 2011).

2.2 Ractopamina e sua estrutura química

Adicionado a dieta de suínos, a ractopamina (RAC) é aditivo agonista β - adrenérgico (ABA) da família das fenoletolaminas (COSTA-LIMA *et al.*, 2014), com propriedades químicas, farmacológicas de estrutura semelhante aos hormônios catecolaminas, do grupo adrenalina, epinefrina e norepinefrina (MILLS *et al.*, 2003).

A ractopamina (C₁₈H₂₃NO₃) tem em sua estrutura química um anel aromático substituível, uma hidroxila ligada ao carbono β , grupo etanolamina na cadeia lateral e nitrogênio alifático (Figura 1), devido a sua estrutura ser assim, ela atua nos receptores adrenérgicos das células sendo mais específicos, nos receptores do tipo β (SMITH, 1998).

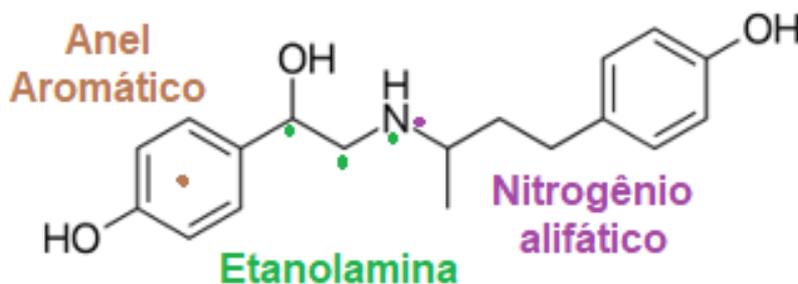


Figura 1. Estrutura química da RAC.

Fonte: Adaptado de Smith (1998).

Na medicina veterinária e na humana os ABAs eram utilizados como broncodilatadores, agentes tocolíticos e antiasmáticos (SUMANO *et al.*, 2002). Na década de 1980, esses aditivos começaram a ser incluso na alimentação dos animais a fim de melhorar e alterar a composição corporal (MOODY *et al.*, 2000).

A RAC é um agente repartidor de nutrientes utilizado na dieta de suínos em terminação, com finalidade de aumentar a deposição de proteína nos músculos e diminuir a gordura dos mesmos (BRIDI *et al.*, 2003) tornando mais atrativo para o consumidor final (AGOSTINI *et al.*, 2011).

Com alteração no metabolismo e redirecionamento dos nutrientes, a RAC promove maior lipólise e menor proteólise, proporcionando melhor eficiência alimentar (BRIDI *et al.*, 2006), conversão alimentar e melhorias no ganho de peso (PEREIRA *et al.*, 2008).

É importante ressaltar que a RAC é proibida em diversos países, incluído China, Japão, União Europeia e Rússia, sendo liberada no Brasil, Canadá e Estados Unidos, de acordo com as normas de suplementação (FERREIRA *et al.*, 2011). Alguns desses países que têm tolerância zero a RAC, alegam que o uso do aditivo infringe as medidas do bem-estar animal, devido RAC ser considerada uma catecolamina sintética, que acarreta mudanças do sistema fisiológico, e elevam os níveis de estresse dos animais suplementados com o aditivo, podendo haver dificuldades no manejo. (MARCHANT-FORDE *et al.*, 2003). Outros países alegam questões de saúde humana, devido ao surto de intoxicação alimentar na China e Europa, pelo uso excessivo de clenbuterol outro aditivo do grupo de β -agonista, deixando resíduos desse aditivo nos alimentos. Portanto, pela RAC fazer parte da família desse aditivo, consideram que ela não seja desejável, mesmo sendo comprovado sua segurança na administração aos animais (CHEN *et al.*, 2017). De acordo com a Instrução Normativa n° 13/04 do Ministério da Agricultura,

Pecuária e Abastecimento - (MAPA) libera o uso de anticoccidianos, antimicrobianos e agonistas e o seu uso tem limitação de até 20ppm de RAC nas dietas (BRASIL, 2022).

Agostini *et al.* (2011a) avaliando dietas com RAC fornecidas na fase de terminação de suínos, observaram melhorias significativas nas características e desempenho de carcaça. Já Almeida *et al.* (2010) ao avaliarem suínos de crescimento e terminação alimentados com RAC, sugere o aumento dos aminoácidos principalmente lisina, na ração dos suínos, para que haja aumento na resposta da RAC em relação a deposição de proteína na carcaça.

Jacela *et al.* (2009) relatam que as dietas para suínos devem ser adaptadas nutricionalmente, para que a RAC possa expressar o máximo do seu potencial, pelas maiores exigências na deposição de proteína.

Portanto, vários fatores podem influenciar na resposta da RAC nos suínos, como dieta aminocídica (CORASSA, *et al.*, 2013), sexo (RIKARD-BELL, *et al.*, 2009), ambiência (FERREIRA *et al.*, 2013), genética, dosagem e duração de RAC na dieta (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

2.2.1 Mecanismos de ação da RAC

A ractopamina (RAC) é de estrutura semelhante as catecolaminas, que são hormônios achados de forma natural e sintética. Na produção animal, além da RAC ser a mais utilizada nas dietas dos animais, tendo outros como o cimaterol, clenbuterol e salbuterol (BELLAYER *et al.*, 1991).

Animais de interesse zootécnico como suínos e bovinos, possuem, β -receptores nas células do tecido muscular e adiposo, que quando ativos pelas catecolaminas, há maior deposição proteica nos músculos e detrimento de gordura (BEERMANN, 2002).

De acordo com Mersmann (1998), três tipos de receptores tipo β estão presentes nas células dos mamíferos, são eles β_1 , β_2 , β_3 , sendo que a destruição dos mesmos e a proporção de cada um, variam de acordo com o tecido do organismo animal e espécies. Mills (2002) relata que no tecido adiposo dos suínos, tem a presença dos três tipos de β -receptores, sendo que cada um, tem diferente proporção, β_1 com 75%, β_2 com 20% e β_3 apenas 5%.

Ao ser ingerida, a RAC chega ao estômago e logo perde elétron do nitrogênio alifático devido o pH estomacal, facilitando sua absorção na mucosa do intestino delgado, havendo a absorção de 80 a 90% e o pico plasmático próximo de uma ou duas horas após

seu fornecimento (SMITH, 1998). Após a absorção a ractopamina vai ser metabolizada no fígado e posteriormente utilizada pelas células (PALERMO NETO, 2006).

No interior da membrana celular, ocorre as respostas pelo uso da ractopamina após a estimulação dos receptores β -agonista. Após a junção da RAC e seu receptor, ligaram a uma proteína, a proteína Gs, que ativada se desloca, e isso leva a ativação da enzima adenilato ciclase (LEHNINGER *et al.*, 2007).

A enzima adenilato ciclase (AC) participa da formação da adenosina monofosfato cíclica (AMPc) a partir da conversão de adenosina trifosfato (ATP), atuando como segundo mensageiro (LEEB-LUNDBERG *et al.*, 1987).

Portanto, o AMPc ativa a proteína quinase (PQ) consequentemente começa a fosforilação de enzimas (EPO4), com isso, realizam respostas finais nas células, dentre as respostas inclui: aumentos da insulina, gliconeogênese, glicogenólise, glucagon, redução da lipogênese e estímulo da lipólise (MOODY *et al.*, 2000) Figura 2.

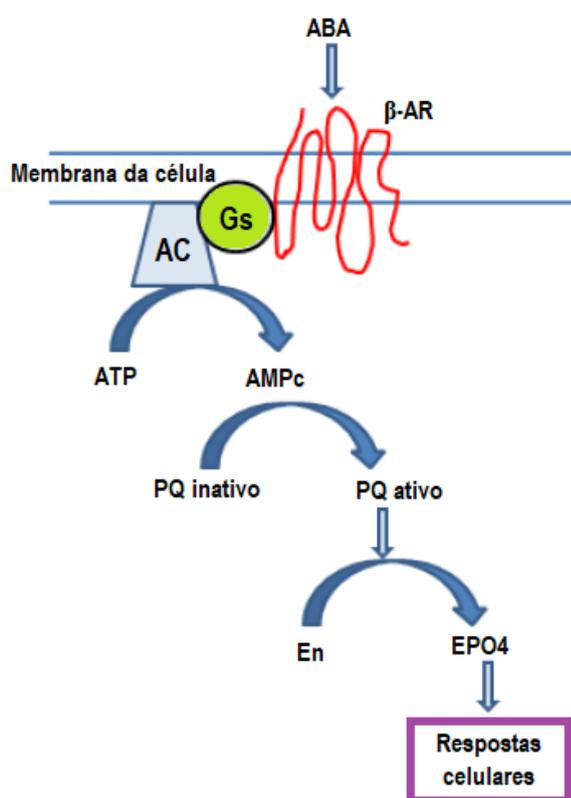


Figura 2. Modo de ação RAC/agonistas β -adrenérgicos, onde: ABA: agonista β -adrenérgico, β -AR: receptor β -adrenérgico, Gs: proteína ativa, AC: enzima adenilato ciclase, ATP: adenosina trifosfato, AMPc: adenosina monofosfato cíclica, PQ: proteína quinase, En: enzima, EPO4: enzima fosforilada.

Fonte: Adaptado de Moody *et al.* (2000).

Bellaver *et al.* (1991) relatam que a insulina é afetada pela ractopamina, em que

há inibição na ligação dela com o receptor adrenérgico, gerando ação antagonista, que diminui a deposição e síntese de gordura, com isso, maior direcionamento dos nutrientes para deposição de proteína na carcaça.

Portanto, o uso de RAC melhora o desempenho, aumentando carne magra na carcaça de suínos em terminação, devido o redirecionamento de nutrientes para aumento de proteína e aminoácidos nos músculos (ADEOLA *et al.*, 1992), aumento das fibras brancas, intermediárias e diâmetro das mesmas (AALHUS *et al.*, 1992).

2.2.2 Efeitos ao uso RAC em relação a características de carcaça

Os principais efeitos da RAC nos suínos na terminação estão relacionados ao desempenho dos animais, como aumentar a deposição de proteína nos músculos e reduzir a gordura dos mesmos (CARR *et al.*, 2005), sendo que os efeitos podem variar de acordo com a quantidade fornecida através da dieta aos animais, tempo de administração, sexo e genética (LATORRE *et al.*, 2008).

Marinho *et al.* (2007) relataram que 5 ppm de RAC adicionados a ração de suínos em fase de terminação, é satisfatório para aumento do ganho de peso diário e peso final, melhora da conversão alimentar, maior deposição de carne magra e redução da espessura de toucinho.

Ao trabalhar com suínos em terminação, com adição de 5 e 10 ppm de RAC nas rações, Amaral *et al.* (2009) constataram que 5 ppm já mostra efeitos sobre características e desempenho na carcaça, portanto, 10 ppm promove ainda melhor esses efeitos.

Sanches *et al.* (2010b) avaliaram características de carcaça de suínos suplementados com 0, 5, 10 e 20 mg/kg de RAC, observou ganho de massa magra, menor espessura de toucinho e aumento da profundidade de lombo.

Avaliando 10 ppm de RAC, Carr *et al.* (2005) relataram menor consumo diário pelos animais. Já Perreira *et al.* (2008) verificaram redução no consumo de ração contendo 5 ppm de RAC. Entretanto, Almeida *et al.* (2010) apontam melhora na conversão alimentar de suínos alimentados com RAC, e foi encontrado por Moraes *et al.* (2010) que ainda relataram não haver diferenças por sexo.

Sanches *et al.* (2010a) trabalhando com suínos na fase de terminação, em conforto térmico, com dietas contendo 0, 5, 10, 20 ppm de RAC, observaram menor conversão alimentar e espessura de toucinho, aumento do ganho de peso e porcentagem de carne magra na carcaça. Já Sanches *et al.* (2010b) observaram os mesmos parâmetros de carcaça

quando alimentados com RAC e criando os suínos em terminação fora do conforto térmico, o que mostra a resposta da ractopamina em relação ao desempenho de carcaça.

Almeida *et al.* (2013) ao trabalhar com fornecimento de ração contendo 10 ppm de RAC por 7, 14, 21 ou 28 dias antecedentes ao abate, observou melhor conversão alimentar, mas não viu diferenças de ganho de peso diário e peso final, com aumento da dieta contendo RAC. Porém, melhores parâmetros foram observados no fornecimento da ração com RAC por 21 dias, após, teve declínio no crescimento muscular.

Entretanto, Main *et al.* (2009) verificaram que tempo de suplementação de RAC influenciam na resposta dos animais, sendo melhor aproveitada na fase de terminação, mais específico aos 28 dias antecedentes ao abate. Oliveira *et al.* (2003) relatam ter respostas da RAC até 35 dias de suplementação. Já Bark *et al.* (1992) avaliando desempenho dos animais em terminação, foram obtidos melhores resultados de ganho de peso diário, quando suplementados com RAC por 14 dias.

Lanferdini *et al.* (2013) relataram que as primeiras semanas de suplementação com a ractopamina para suínos na fase de terminação são mais eficientes para o desempenho do crescimento e tende a diminuir conforme passar dos dias.

A causa pelo curto efeito no período de suplementação da RAC, pode estar relacionada com fisiologia do animal, além do tempo de administração do aditivo na dieta, a máxima resposta dele é próximo de 21 dias, após esse período o efeito diminui (WILLIAMS *et al.*, 1994).

Armstrong *et al.* (2004) relata que a inclusão de RAC na dieta tem melhor efeito entre três e cinco semanas, sendo que após a quarta semana começa a ter dessensibilização no feedback dos receptores β -adrenérgicos, (MOODY *et al.*, 2000) ocorrendo a saturação desses receptores pela longa exposição das células à RAC.

Além dos efeitos já citados pelas RAC, o uso da mesma reduz impactos ambientais, e animais terão menor excreção de nitrogênio (SILLENCE, 2004), pois aproveitará melhor as proteínas e terão menor proteólise dos aminoácidos (SEE *et al.*, 2004).

2.2.3 Qualidade de carne em relação ao uso de RAC

De acordo com Beermann (2002), a indústria considera que qualidade de carne precisa ter maior percentual de carne magra em relação a gordura e bom acabamento de carcaça, enquanto o consumidor preconiza aspectos relacionados com aparência da carne.

Porém, a qualidade de carne está relacionada com cor, pH, capacidade de retenção de água, gordura de acabamento, marmoreio e características das fibras musculares (PARDI *et al.*, 2001).

Pozza *et al.* (2003) observaram aumento no diâmetro das fibras musculares, hipertrofia das fibras intermediárias e brancas, com inclusão de RAC na dieta. Portanto, trabalhos realizados com adição de ractopamina na dieta para suínos, levou a modificação na maciez da carne, deixando-a mais resistente ao corte (CARR *et al.*, 2005; AGOSTINI *et al.*, 2011), e pode estar relacionado com o aumento no diâmetro das fibras (UTTARO *et al.*, 1993).

Há controversa em relação Rac e a qualidade de carne, autores como Stoller *et al.* (2003), Bridi *et al.* (2006) e Ferreira *et al.* (2013) não encontraram algum tipo de alteração que reduz a qualidade. Já Chang *et al.* (2003) observaram diferenças nas fibras musculares e cor quando comparados com controle.

Não foram encontrados aspectos que influenciam redução da qualidade da carne de suínos suplementados com RAC (APPLE *et al.*, 2007), parâmetros como cor, pH (STITE *et al.*, 1991), capacidade de retenção de água, firmeza e marmoreio (UTTARO *et al.*; 1993) manteve-se normal.

Warris *et al.* (1990) verificou menor teor de gordura de marmoreio em suínos alimentados com adição de RAC, que interfere diretamente na redução da maciez da carne, dado que gordura entremeada nas fibras as deixam mais macias.

Porcentagem de carne magra aumentou em cortes como paleta, carré e barriga de suínos machos castrados, quando alimentados com 5 ppm de RAC (CANTARELLI *et al.*, 2008).

Fêmeas suínas alimentadas com 0, 5, 10 e 15 ppm de RAC, apresentou maiores percas por cocção da carne, mas não foi observado diferenças na cor, pH, força de cisalhamento e capacidade de retenção de água (WATANABE, 2009).

Segundo Ramos & Silveira (2002), suínos alimentados com RAC apresentam carne com aspecto DFD (Dark, firm and dry - escura firme e seca), podendo estar relacionado com insuficiência de acidificação no período pós-morte, porque pH final da carne poder elevar pelo efeito da ractopamina.

Athayde *et al.* (2012) apontam que suínos alimentados com inclusão de 10 ppm de RAC, apresentaram valores de cor vermelha inferior aos animais que não receberam a RAC na dieta.

Entretanto, a cor é o parâmetro mais importante para aceitação da carne pelo

consumidor, levando associação de qualidade de carne com a cor rosada ou avermelhada das fibras (SGARBIERI, 1996).

3 REFERÊNCIAS

- ABREU, M.L.T.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; OLIVEIRA, A.L.S.; SANTOS, F.A.; PEREIRA, A.A. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.54-61, 2007.
- ADEOLA, O.; BALL, R. O.; YOUNG, L. G. Porcine skeletal muscle myofibrillar protein synthesis is stimulated by ractopamina. **Journal of Nutrition**, v. 122, n. 3, p. 488-495, 1992.
- AGOSTINI, P.S.; SILVA, C.A.; BRIDI, A.M.; ABRAMI, R.A.M.; PACHECO, G.D.; LOZANO, A.P.; YWAZAKI, M.S.; DALTO, D.B.; GAVIOLI D.F.; OLIVEIRA, E.R.; BONAFÉ, E.G.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.231, p.659-670, 2011.
- AALHUS, J. L.; Schaefer A.L.; Murray A.C.; Jones S.D. The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. **Meat Science**, v. 31, p. 97-409, 1992.
- ALMEIDA, E. C. D., FIALHO, E. T., RODRIGUES, P. B., ZANGERONIMO, M. G., LIMA, J. A. D. F., & FONTES, D. D. O. Ractopamine and lysine levels on performance and carcass characteristics of finishing pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1961-1968, 2010a.
- ALMEIDA, V.V.; BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B.; TSE, M.L.P.; BRAZ, D.B.; MIYADA, V.S. Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1969-1977, 2010 b.
- ALMEIDA, V.V., NUÑEZ, A.J.C., SCHINCKEL, A. P., ANDRADE, C., BALIEIRO, J. C. C., SBARDELLA, M., MYIADA, V. S. Time-response relationship of ractopamine feeding on growth performance, plasma urea nitrogen concentration, and carcass traits of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 811-818, 2013.
- AMARAL, N.O., FIALHO, E.T., CANTARELLI, V.S., ZANGERONIMO, M.G., RODRIGUES, P.B., GIRÃO, L.V.C. Ractopamine hydrochloride in formulated rations for barrows or gilts from 94 to 130 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 1494-1501, 2009.
- APPLE, J. K., RINCKER, P. J., MCKEITH, F. K., CARR, S. N., ARMSTRONG, T. A., & MATZAT, P. D. Review: Meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. **The Professional Animal Scientist**, v. 23, p. 179-196, 2007.
- ARAÚJO, W.A.G.; SOBREIRA, G.F. Proteína ideal como estratégia nutricional na alimentação de suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, p.537-545, 2008.
- ARMSTRONG, T. A.; IVERS, D.J.; WAGNER, J.R. et al. The effect of dietary

- ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.3245-3253, 2004.
- AROUCA, C.L.C.; FONTES, D.O.; FERREIRA, W.M.; SILVA, M.A.; PEREIRA, F.A. Exigências de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados, de 95 a 122kg, selecionados para deposição de carne magra. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.6, p.773-781, 2004.
- AROUCA, C.L.C.; FONTES, D.O.; VELOSO, J.A.F.; MOREIRA, H.F.V.; MARINHO, P.C. Exigências de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados, de 95 a 122kg, selecionados para deposição de carne magra. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.1, p.104-111, 2005.
- ATHAYDE, N.B.; DALLA COSTA, O.A.; ROÇA, R.O.; GUIDONI, A.L.; LUDTKE, C.B.; LIMA, G.J.M.M. Meat quality of swine supplemented with ractopamine under commercial conditions in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 4604-4610, 2012.
- BARK, L.J.; STAHLY, T.S.; CROMWELL, O.L.MIYAT, J.; Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamina. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3391-3400, 1992.
- BEERMANN, D. H. Beta-Adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. **Journal of Animal Science**, v. 80, p.18-23, 2002.
- BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; FÁVERO, J.; AJALA, L.C.; NETO, J. S.; Níveis de ractopamina na dieta e efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.1795-1802, 1991.
- BERTECHINI, A. G. Livro: Nutrição de monogástricos. **Lavras: UFLA – MG**, v. 301, p. 450, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Relação de normativos referentes à alimentação animal no Brasil (2022). Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/legislacao-alimentacao-animal>>
- BRIDI, A. M., RÜBENSAM, J. M., NICOLAIEWSKY, S., LOPES, R. F. F., & LOBATO, J. F. P. Efeito do genótipo halotano e de diferentes sistemas de produção na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1362-1370, 2003.
- BRIDI, A. M., OLIVEIRA, A. R. D., FONSECA, N. A. N., SHIMOKOMAKI, M., COUTINHO, L. L., & SILVA, C. A. D. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 2027-2033, 2006.
- CAMPOS, P.F.; SCOTTÁ, B.A.; OLIVEIRA, B.L. Influência da RAC na qualidade da carne de suínos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3,

p.164-172, 2013.

- CANTARELLI, V. S.; ZANGERONIMO, M. G.; ALMEIDA, E. C. DE; WOLP, R. C. L. M.; TADEU FIALHO, E. T. Qualidade de cortes de suínos recebendo ractopamina na ração em diferentes programas alimentares. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 2, p. 165-171, 2008.
- CARR, S. N.; RINCKER, P. J.; KILLEFER, J.; BAKER, D. H.; ELLIS, M.; MCKEITH, F. K. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.83, p.223-230, 2005.
- CHANG, K.C.; DA COSTA, N.; BLACKLEY, R. et al. Relationships of myosin heavy chain fibre types to meat quality traits in traditional and modern pigs. **Meat Science**, v.64, p.93-103 2003.
- CHEN, Y. H., YANG, C. Y., CHENG, C. W., LIN, Y. Y., KUO, S. L., & HSIN, L. W. Identification of buctopamine and mebuctopamine, a β 2 receptor agonist and its metabolite, in swine hair and feed additives. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S. l.], v. 65, n. 19, p. 3965-3974, 2017.
- CORASSA, A., KIEFER, C., & NIETO, V. M. O. S. Levels of digestible lysine in diets with ractopamine for finishing pigs. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, p.485-489, 2013.
- COSTA-LIMA, B. R., CANTO, A. C., SUMAN, S. P., CONTE-JUNIOR, C. A., SILVEIRA, E. T., & SILVA, T. J. Sex-specific effect of ractopamine on quality attributes of pork frankfurters. **Meat Science**, v. 96, n. 2, p. 799-805, 2014.
- DEPREUX, F. F. S., GRANT, A. L., ANDERSON, D. B., & GERRARD, D. E. Paylean alters myosin heavy chain isoform content in pig muscle. **Journal of Animal Science**, v.80, p 33-40, 2002.
- EMMERT, J.L.; BAKER, D.H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diet. **Journal Applied Poultry Research**, v.6, p.462-470, 1997.
- FERREIRA, M. S. S.; SOUSA, R. V.; OLIVEIRA SILVA, V., ZANGERÔNIMO, M. G., & AMARAL, N. O. Cloridrato de ractopamina em dietas para suínos em terminação. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 1, p. 25-32, 2011.
- FERREIRA, A. S. OLIVEIRA JUNIOR, G. M. ; SILVA, F. C. O. ; OLIVEIRA, R. F. M. ; SILVA, E. P. . Ractopamine for Pigs: A Review about Nutritional Requirements. **Journal of Basic & Applied Sciences**, v. 9, p. 276-285, 2013.
- JACELA, J. Y.; DEROCHEY, J. M.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; NELSSSEN, J. L.; RENTER, D. G.; DRITZ, S. S. Feed additives for swine: Fact sheets – carcass modifiers, carbohydrate-degrading enzymes and proteases, and anthelmintics. **Journal of Swine Health and Production**, v.17, n.6, p.325-332, 2009.
- KILL, J. L., DONZELE, J. L., OLIVEIRA, R. F. M. D., FERREIRA, A. S., LOPES, D. C., SILVA, F. C. D. O., & SILVA, M. V. G. B. D. Planos de nutrição para

leitoas com alto potencial genético para deposição de carne magra dos 65 aos 105 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1330-1338, 2003.

- LANFERDINI, E.; LOVATTO, P. A.; MELCHIOR, R.; ORLANDO, U. A. D.; CECCANTINI, M.; POLEZE, E. Feeding surgically castrated, entire male and immunocastrated pigs with different levels of amino acids and energy at constant protein to energy ratio with or without ractopamine. **Livestock Science**, v.151, p.246–251, 2013.
- LATORRE, M.A., POMAR, C., FAUCITANO, L., GARIÉPY, C., MÉTHOT, S. The relationship within and between production performance and meat quality characteristics in pigs from three different genetic lines. **Livestock Science**, v. 115, n. 2-3, p. 258-267, 2008.
- LEEB-LUNDBERG, L. M., COTECCHIA, S., DEBLASI, A., CARON, M. G., & LEFKOWITZ, R. J. Regulation of adrenergic receptor function by phosphorylation. I. Agonist-promoted desensitization and phosphorylation of alpha 1-adrenergic receptors coupled to inositol phospholipid metabolism in DDT1 MF-2 smooth muscle cells. **Journal of Biological Chemistry**, v. 262, n. 7, p. 3098-3105, 1987.
- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. Princípios de bioquímica. São Paulo: **Sarvier**, 4. ed. p.1232, 2007.
- MAIN R. G., DRITZ S. S., TOKACH M. D., GOODBAND R. D., NELSSSEN J. L., DEROUCHÉY J. M. Effects of ractopamina HCl dose and treatment period on pig performance in a commercial finishing facility. **Journal of Swine Health and Production**, v. 17, p. 134-139, 2009.
- MARCHANT-FORDE, J. N., LAY JR, D. C., PAJOR, E. A., RICHERT, B. T., & SCHINCKEL, A. P. The effects of ractopamine on behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, P.416-422, 2003.
- MARINHO, P. C.; FONTES, D. O.; SILVA, F. C. O.; SILVA, M. A.; PEREIRA, F. A.; AROUCA, C. L. C. Efeito da ractopamina e de métodos de formulação de dietas sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1061-1068, 2007.
- MERSMANN, H. J. Overview of the effects of α -adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. **Journal of Animal Science**, v.76, p.160-172, 1998.
- MICHELL H.H. Comparative nutrition of man and domestic animals. New York: **Academic Press Inc.**, v. 1, p. 701, 1962.
- MILLS, S. E. Biological basis of the ractopamine response. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. E-suppl_2, p. E28-E32, 2002.
- MILLS, S.E., Spurlock, M.E., Smith, D.J. Beta-adrenergic receptor subtypes that mediate ractopamine stimulation of lipolysis. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 3, p. 662-668, 2003.
- MOODY, D. E., HANCOCK, D. L., ANDERSON, D. B., & D'MELLO, J. P. F. Phenethanolamine repartitioning agents. **Farm animal metabolism and**

- nutrition**, v. 2000, p. 65-96, 2000.
- MORAES, E., KIEFER, C., & SILVA, I. S. Ractopamine in diets for immunocastrated, barrows and females. **Ciência Rural**, v. 40, p. 379-384, 2010.
- MURAKAMI, A. E. Nutrição e alimentação de codornas japonesas em postura. **Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia**, v. 39, p. 283-309, 2002.
- NRC - Nutrient Requirements of Swine. Washington, DC: **National Academy Press**, ed. 11, 400 p., 2012.
- OLIVEIRA, A.L.S.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; FERREIRA, A. S.; MOITA, A. M. S.; GENEROSO, R. A. R.; Lisina em rações para suínos machos castrados selecionados para deposição de carne magra na carcaça dos 110 aos 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.150-155, 2003 a.
- OLIVEIRA, B. F. D., KIEFER, C., SANTOS, T. M. B. D., GARCIA, E. R. D. M., MARÇAL, D. A., ABREU, R. C. D., & RODRIGUES, G. P. (2013). Length of ractopamine supplementation in diets for finishing barrows. **Ciência Rural**, v. 43, n. 2, p. 355-361, 2013.
- PARDI, M.; SANTOS, I.F.S.; SOUZA, E.R. 2001 **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. Goiânia: **Editora UFG**, ed. 2, v. 1-2, p.483, 2001.
- PALERMO NETO, J. Agonistas de receptores β -adrenérgicos e produção animal. In: SPINOZA, H. S.; GORNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia aplicada a Medicina Veterinária**, ed.4, v. 3, p. 807-813, 2006.
- PEREIRA, F. A.; FONTES, D. O.; SILVA, F. C. O.; FERREIRA, W. M.; LANNA, A. M. Q.; CORRÊA, G. S. S.; SILVA, M. A.; MARINHO, P. C.; AROUCA, C. L. C.; SALUM, G. M. Efeitos da ractopamina e de dois níveis de lisina digestível na dieta sobre o desempenho e características de carcaça de leitoas em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.4, p.943-952, 2008.
- POZZA, P.C.; SANTOS, M.S.; NUNES, R.V. Avaliação da suplementação de Ractopamina sobre o desempenho e características de carcaça de suínos fêmeas na fase de terminação. In: **Congresso brasileiro de veterinários especialistas em suínos**. Goiânia, Brasil, v.11, p. 291-292, 2003.
- RAMOS, F.; SILVEIRA, M.I.N. Agonistas adrenérgicos β_2 e produção animal: III Efeitos zootécnicos e qualidade da carne. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.97, p.51-62, 2002.
- RIKARD-BELL, C., CURTIS, M. A., VAN BARNEVELD, R. J., MULLAN, B. P., EDWARDS, A. C., GANNON, N. J., DUNSHEA, F. R. Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, intact boars, and gilts. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 11, p. 3536-3543, 2009.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKAMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.;

- RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. Tabelas Brasileiras Para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais. **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, MG, ed. 4, 488 p., 2017.
- SANCHES, J. F.; KIEFER, C.; CARRIJO, A. S.; MOURA, M. S.; SILVA, E. A.; SANTOS, A. P. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação mantidos sob estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1523-1529, 2010a.
- SANCHES, J. F.; KIEFER, C.; MOURA, M. S.; SILVA, C. M.; LUZ, M. F.; CARRIJO, A. S. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. **Ciência Rural**, v.40, n.2, p.403-408, 2010b.
- SANTOS, F. D. A., DONZELE, J. L., SILVA, F. C. D. O., OLIVEIRA, R. F. M. D., ABREU, M. L. T. D., SARAIVA, A., ... & LIMA, A. L. Níveis de lisina digestível para suínos machos castrados de alto potencial genético dos 95 aos 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1038-1044, 2011.
- SCHINCKEL, A.P.; RICHERT, B.T.; KENDALL, D.C. Modeling the response to Paylean® and dietary lysine requirements. **Swine Research Report Purdue** v. 19, n. 6, p. 08, 2000.
- SEE, M. T., ARMSTRONG, T. A., & WELDON, W. C. Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of animal science**, ed.8, v.82, p. 2474-2480, 2004.
- SGARBIERI, V.C. Proteínas em alimentos protéicos. **São Paulo: Varela**, 517p, 1996.
- SILLENCE, M. N. Technologies for the control of fat and lean deposition in livestock. **The Veterinary Journal**, v.167, p.242-257, 2004.
- SMITH, D. J. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of betaadrenergic agonists in livestock. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 1, p. 173-194, 1998.
- SORIO, A., BRAGA, F., LIMA, F., MAIA, G., RASI, L., & ONDER, L. O. D. Estudo de viabilidade técnica e econômica destinado à implantação do Parque produtivo nacional de aditivos da indústria de alimentação de animais de produção. **Passo Fundo: Méritos**. 2012.
- STITES, C.R., MCKEITH, F.K., SINGH, S.D., BECHTEL, P.J., MOWREY, D.H., JONES, D.J. The effect of ractopamina hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 3094-3101, 1991.
- STOLLER, G. M.; ZERB, H. N.; MOELLER, S. J.; BAAS, T. J.; JOHNSON, C.; WATKINS, L. E.; The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 1508-1516, 2003.
- SUMANO, L.H., OCAMPO C.L., GUTIÉRREZ, O.L. Clenbuterol y otros b-agonistas, una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud

- pública. **Veterinária Mexico**, v. 33, p. 137-159, 2002.
- TEIXEIRA, A.S. Alimentos e alimentação dos animais. **Lavras, UFLA – FAEPE**, 402p., 1998.
- USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. PDS Online: **Livestock and Poultry**. 12 de outubro de 2021. Disponível em <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>. Acesso em: 02 de julho de 2022.
- UTTARO, B.E., BALL, R.O., DICK, P., RAE, W., VESSIE, G., JEREMIAH, L.E. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2439-2449, 1993.
- WARRISS, P.D.; BROWN, S.N.; ROLPH, T.P.; KESTIN, S. C.; Interactions between the beta adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 3669-3676, 1990.
- WATANABE, P. H. Ractopamina em dietas para fêmeas suínas. Jaboticabal, Tese (Doutorado em Ciências Agrária e Veterinárias) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - **Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias**, Jaboticabal, 87p., 2009.
- WILLIAMS, N. H.; CLINE, T. R.; SCHINCKEL, A. P.; JONES, D. J. The impact of ractopamine, energy intake and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. **Journal of Animal Science**, v.72, p.3152-3162, 1994.
- YEN, H.T.; COLE, D.J.A.; LEWIS, D. Amino acid requirements of growing pigs. 7. The response of pigs from 25 to 55 kg live weight to dietary ideal protein. **Animal Production**, v.43, p.141-154, 1986.

CAPÍTULO I - Artigo Científico

CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE DE CARNE DE SUÍNOS ALIMENTADOS COM NÍVEIS CRESCENTE DE LISINA, COM E SEM RACTOPAMINA

RESUMO: Objetivou-se avaliar características de carcaça e qualidade de carne de suínos machos castrados e fêmeas na terminação alimentados com ração contendo níveis crescente de lisina, incluindo ou não 10 ppm de ractopamina. Foram utilizados 180 suínos de alto potencial genético para deposição de carne, por 21 dias, com peso inicial de 92,0 kg \pm 1,2 kg, e aproximadamente 130 dias de idade, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial 5x2x2 – cinco níveis de lisina digestível (0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1%), dois níveis de ractopamina (0 e 10 ppm) e dois sexos (machos castrados e fêmeas), com nove repetições e um animal por unidade experimental. Para análise estatística, foi adotado um procedimento de análise multivariada em 3 etapas: a) estimação das médias das características por cada tratamento (em análise fatorial cada tratamento resulta da combinação dos fatores sexo-ractopamina-lisina); b) redução da dimensionalidade dos dados, utilizando análise de componentes principais e; c) utilizando dos componentes principais, análise de agrupamento foi realizada. Os níveis de lisina não influenciaram na formação de grupos, sendo suficiente a menor porcentagem de lisina. Houve interação dos sexos quando incluiu a ractopamina, além da ractopamina influenciar nas características de qualidade de carne.

Palavras-Chave: Aditivo, agonista β -adrenérgico, aminoácido limitante, nutrição, proteína animal.

CARCASS CHARACTERISTICS AND MEAT QUALITY OF SWINE FED WITH INCREASING LEVELS OF LYSINE, WITH AND WITHOUT RACTOPAMINE

ABSTRACT: The objective was to evaluate carcass characteristics and meat quality of castrated male and female finishing pigs fed with diet containing increasing levels of lysine, with or without 10 ppm of ractopamine. 180 pigs with high genetic potential for meat deposition were used for 21 days, with initial weight of $92.0 \text{ kg} \pm 1.2 \text{ kg}$, and approximately 130 days old, distributed in a completely randomized design, in a factorial arrangement $5 \times 2 \times 2$: five digestible lysine levels (0.7; 0.8; 0.9; 1.0; 1.1%), two ractopamine levels (0 and 10 ppm) and two sexes (castrated males and females), with nine replications and one animal per experimental unit. For statistical analysis, a multivariate analysis procedure was adopted in 3 stages: a) means estimation of the characteristics for each treatment (in factorial analysis, each treatment results from the combination of sex-ractopamine-lysine factors); b) data dimensionality reduction, using principal component analysis and; c) using principal components, cluster analysis was performed. Lysine levels did not influence the groups formation, with the lowest percentage of lysine being sufficient. There was interaction between the sexes when ractopamine was included, in addition to ractopamine influencing meat quality characteristics.

Keywords: Additive, β -adrenergic agonist, limiting amino acid, nutrition, animal protein.

INTRODUÇÃO

Devido a carne suína ser a mais consumida do mundo, o setor de suinocultura tem buscado tecnologias e inovação, visando aumentar sua produtividade e reduzir os custos de produção (ABPA, 2022).

Referente aos custos, na suinocultura a alimentação é a de maior peso, conseqüentemente, estudo sobre alimentos ou nutrientes tornam-se importantes para redução dos mesmos, sendo a lisina o aminoácido mais estudado na alimentação para suínos, pois é um nutriente importante para deposição proteica na carcaça (KESSLER, 1998) e limitante na ração à base de milho e soja (KIM *et al.*, 2001).

Na fase de terminação de suínos, os animais têm desaceleração na conversão e eficiência dos alimentos, fazendo com que tenham menor porcentagem de proteína e aumento da gordura na carcaça. De modo geral, o uso de aditivos na ração de suínos, como a ractopamina (RAC), traz melhores rendimentos e desempenho devido a alteração na composição da carcaça (COSTA-LIMA *et al.*, 2014).

A RAC é um aditivo agonista β -adrenérgicos (ABA), que tem função repartidora de nutrientes, agindo tanto nas células musculares, quanto no tecido adiposo, proporcionando o aumento da síntese proteica e reduzindo a síntese de gorduras na carcaça dos suínos (WATANABE *et al.*, 2011).

Vários fatores podem influenciar na resposta da RAC, como sexo, genética, ambiente, dosagem, período de fornecimento, nível de energia, proteína e aminoácidos limitantes na ração (APPLE *et al.*, 2007).

Com isso, animais que receberem RAC na dieta, poderão ter maior exigência de lisina devido a alteração que esta causa na deposição de proteína nos músculos, pois há maior retenção de nitrogênio nos mesmos (CANTARELLI *et al.* 2009a).

Neste contexto, objetivou-se avaliar características de carcaça e qualidade de carne de suínos machos castrados e fêmeas na terminação alimentados com ração contendo diferentes níveis de lisina e incluindo ou não 10 ppm de ractopamina.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados por 21 dias, 180 suínos, dentre 90 machos castrados e 90 fêmeas, de alto potencial genético para deposição de carne, com peso inicial de $92,0 \text{ kg} \pm 1,2 \text{ kg}$,

e aproximadamente 130 dias de idade. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial 5x2x2 – cinco níveis de lisina digestível (0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1%), dois níveis de ractopamina (0 e 10 ppm) e dois sexos (machos castrados e fêmeas), com nove repetições e um animal por unidade experimental.

As dietas utilizadas no experimento (TABELA 1) foram formuladas para atender as necessidades nutricionais para suínos em fase final de terminação de acordo com o conceito de proteína ideal, tendo-se como base as recomendações contidas em Tabelas brasileiras para aves e suínos (ROSTAGNO *et al.*, 2017), com aumento de 13% na proteína bruta, 8,4% na energia metabolizável, 31,6% de fósforo e 36,1% de cálcio. As relações aminoacídicas foram mantidas constantes em todas as dietas experimentais. O inerte foi usado em todas as dietas para assegurar a variação na inclusão de aminoácidos à dieta e a inclusão de ractopamina.

Os animais passaram por um período de adaptação de quatro dias consumindo ração basal e água à vontade, antes de se iniciar o experimento. Durante este período o consumo de ração foi mensurado para se determinar o consumo padrão (g/dia/animal) para fornecimento de ração nos primeiros dias do experimento, visando verificar apenas o efeito da lisina digestível sobre os animais.

Tabela 1 – Composições centesimais e calculadas das dietas experimentais

Ingredientes	Níveis de lisina (%)				
	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10
Milho	66,924	66,924	66,924	66,924	66,924
Farelo de soja (45%)	22,550	22,550	22,550	22,550	22,550
Óleo Vegetal	6,669	6,669	6,669	6,669	6,669
F.Bicálc.	1,158	1,158	1,158	1,158	1,158
Calcário	0,761	0,761	0,761	0,761	0,761
Sal	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358
L-LisHCl	-	0,128	0,257	0,385	0,513
DL-Met.	-	0,053	0,120	0,187	0,254
L-treonina	-	0,054	0,129	0,204	0,279
L-triptofano	-	-	0,010	0,030	0,050
L-Valina	-	-	0,007	0,087	0,167
Supl. Mineral ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Supl. Vitamínico ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
BHT	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Inerte	1,315	1,080	0,792	0,422	0,050
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composições Calculadas ³					
EM (kgcal/kg)	3500	3500	3500	3500	3500
Proteína bruta (%)	15,73	15,73	15,73	15,73	15,73
Lisina dig. (%)	0,700	0,800	0,900	1,000	1,100
Met.+Cist. dig. (%)	0,476	0,528	0,594	0,660	0,726
Met;Lis	0,680	0,660	0,660	0,660	0,660
Triptofano dig. (%)	0,169	0,169	0,178	0,198	0,218
Trip/Lis	0,241	0,211	0,198	0,198	0,198
Treonina dig. (%)	0,537	0,590	0,663	0,737	0,811
Treo/Lis	0,767	0,738	0,737	0,737	0,737
P disponível (%)	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304
Cálcio (%)	0,645	0,645	0,645	0,645	0,645

¹Contendo por kg de dieta: 100 mg de ferro; 10 mg de cobre; 1 mg de cobalto; 40 mg de manganês; 100 mg de zinco e 1,5 mg de iodo.

²Contendo por kg de dieta: 8.000 UI de vit. A; 1.200 UI de vit. D₃; 20 UI de vit. E; 2 mg de vit. K₃; 1 mg de vit. B₁; 4 mg de vit. B₂; 22 mg de ácido nicotínico; 16 mg de ácido pantotênico; 0,50 mg de vit. B₆; 0,020 mg de vit B₁₂; 0,4 mg de ácido fólico; 0,120 mg de biotina; 400 mg de colina e 30 mg de antioxidante.

³Composição calculada conforme recomendações contidas em Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos, Rostagno et al. (2017).

Após a adaptação, os animais foram pesados e distribuídos de forma aleatória dentro dos tratamentos experimentais. O fornecimento de ração foi determinado pelo

menor consumo aferido dentro de cada repetição durante o período de adaptação, em duas refeições diárias: às 07 e às 15 horas e aumentado a cada três dias sem que houvesse sobras até o final do experimento. O consumo médio de ração foi calculado em função do consumo total no período dividido pela duração do experimento. A água foi fornecida à vontade aos suínos.

Os animais foram alojados em baias localizadas em galpão de alvenaria, com piso de concreto e telhado com telha de barro.

As temperaturas no interior do galpão foram monitoradas por meio de termômetros de máxima e mínima, diariamente às 15 horas.

Os animais foram pesados no início e no final do experimento (21 dias após o início). Após a pesagem final, os suínos mais pesados e aqueles que estavam com peso de até 1,5% menor do que o mais pesado foram abatidos. Os demais suínos permaneceram nas baias com o mesmo manejo e alimentação, até atingir o peso de abate do animal mais pesado do experimento.

Os animais foram abatidos, após jejum de 24 horas, seguindo-se as normas de abate humanitário com insensibilização por choque elétrico seguido de sangramento e, procedimentos de higienização das carcaças como descrito na Instrução Normativa nº3 de 01/2000 do Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA).

As carcaças inteiras incluindo cabeça e pés foram pesadas e serradas longitudinalmente ao longo da coluna vertebral. As meias carcaças também foram pesadas individualmente e armazenadas em câmara fria com temperaturas de 0 a 4°C por 24 horas.

Foram avaliados o comprimento da carcaça (mensurado a partir do bordo cranial da sínfese pubiana até o bordo cranial do atlas, com o auxílio de uma fita métrica), o peso da carcaça quente e fria, a espessura de toucinho no ponto P2 a 6,5 cm da linha dorso-lombar, a profundidade muscular do *Longissimus dorsi* à altura da última costela com a cobertura de gordura correspondente, incluindo a pele.

Também foi realizado o rendimento de carcaça expresso como o peso da carcaça quente em relação ao peso de abate após jejum $\times 100$; rendimento de carne total expresso pelo peso da carcaça em relação à percentagem de carne; percentagem de carne.

Foram retiradas amostras do músculo *Longissimus dorsi*, bife com 2,54 centímetros de espessura (mais ou menos 100 gramas) para a mensuração de perda de água por gotejamento. A amostra foi pesada, colocada em rede de plástico e suspensa dentro de saco plástico, na grade da geladeira, de forma que não houvesse contato entre a carne e o

saco. O conjunto foi mantido em temperatura refrigerada (4°C) por 48 horas. Após a permanência pelo tempo estipulado a carne foi pesada e a quantidade de água perdida por gotejamento foi calculada em função do peso inicial.

A perda de líquido por cocção foi realizada nas amostras 48 horas na geladeira (mesmas amostras da perda de líquido por gotejamento) e nas amostras que ficaram armazenadas a 4°C por um período de maturação de 7 e 14 dias. Para perda de líquido por cocção, a amostra permaneceu por 30 minutos à temperatura ambiente, sendo, em seguida, assada em forma com grelha. O forno foi previamente aquecido por 20 minutos a 150°C. As amostras foram assadas sem adição de qualquer condimento, até atingirem a temperatura interna de 71°C. O monitoramento da temperatura interna dos bifés foi realizado com termômetros tipo K, cuja sonda foi inserida no centro geométrico dos bifés. Depois de atingida a temperatura interna desejada, os bifés foram retirados do forno e mantidos à temperatura ambiente para resfriarem. A seguir, foram embalados, identificados e deixados por mais 24 horas na geladeira, sendo pesados novamente após este período.

As mesmas amostras (bifés) usadas anteriormente foram usadas para análise de maciez. A maciez da carne foi estimada através da força de cisalhamento. Foram retiradas seis subamostras cilíndricas, de 1,27 cm de diâmetro, de cada bife, de forma paralela à orientação das fibras musculares, utilizando um amostrador de aço inox, devidamente afiado. As subamostras cilíndricas foram cisalhadas perpendicularmente à orientação das fibras musculares, utilizando lâmina de corte em “V” invertido, com angulação de 60° e espessura de 1,06 mm de espessura e velocidade fixa de 25 mm/segundo, acoplada ao aparelho de Warner-Bratzler.

Para análise estatística foi adotado um procedimento de análise multivariada em 3 etapas: a) estimação das médias das características por cada tratamento (em análise fatorial cada tratamento resulta da combinação dos fatores sexo-ractopamina-lisina); b) redução da dimensionalidade dos dados, utilizando análise de componentes principais e; c) utilizando dos componentes principais, análise de agrupamento foi realizada. Todas as etapas, foram realizadas utilizando o software R, e para a estimação do procedimento multivariado, foi utilizado o pacote FactoMineR (Lê *et al.*, 2008).

As variáveis avaliadas para características de carcaça foram comprimento de carcaça, espessura de toucinho, espessura de toucinho em ponto P2, profundidade de músculo, carcaça quente, rendimento de carcaça e carne magra na carcaça. Para qualidade e carne foram perda de carcaça no resfriamento, rendimento de carne magra na carcaça,

perda de água por gotejamento, perda de água por cocção dias 1, 7 e 14 e força cisalhamento dias 1, 7 e 14.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores médios das temperaturas máximas e mínimas durante o período experimental foram $22,3 \pm 2,1^{\circ}\text{C}$ e $16,6 \pm 2,2^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

De acordo com Kiefer *et al.* (2010) para a zona de conforto térmico dos suínos, a temperatura deve estar entre 18°C a 23°C , portanto, os animais foram criados em temperatura ideal durante o experimento.

Pela análise da (Figura 3), os dois componentes principais representam 63,4 % da variação total. No primeiro componente (CP1) é possível visualizar um contraste entre dois grupos de características. O primeiro grupo composto por (RC, PM, CMC, CQ, CP, ET, ETP2 e PAG) apresenta correlação positiva com o primeiro componente. Com relação ao segundo grupo, este foi composto por variáveis com correlação negativa com o primeiro componente: FCD1, FCD7, FCD14, PACD1, PACD7, PACD14, RCMC e PCR. Também é possível verificar que apenas as características FCD14, PAG, ETP2 e ET foram associadas negativamente com o segundo componente principal (CP2).

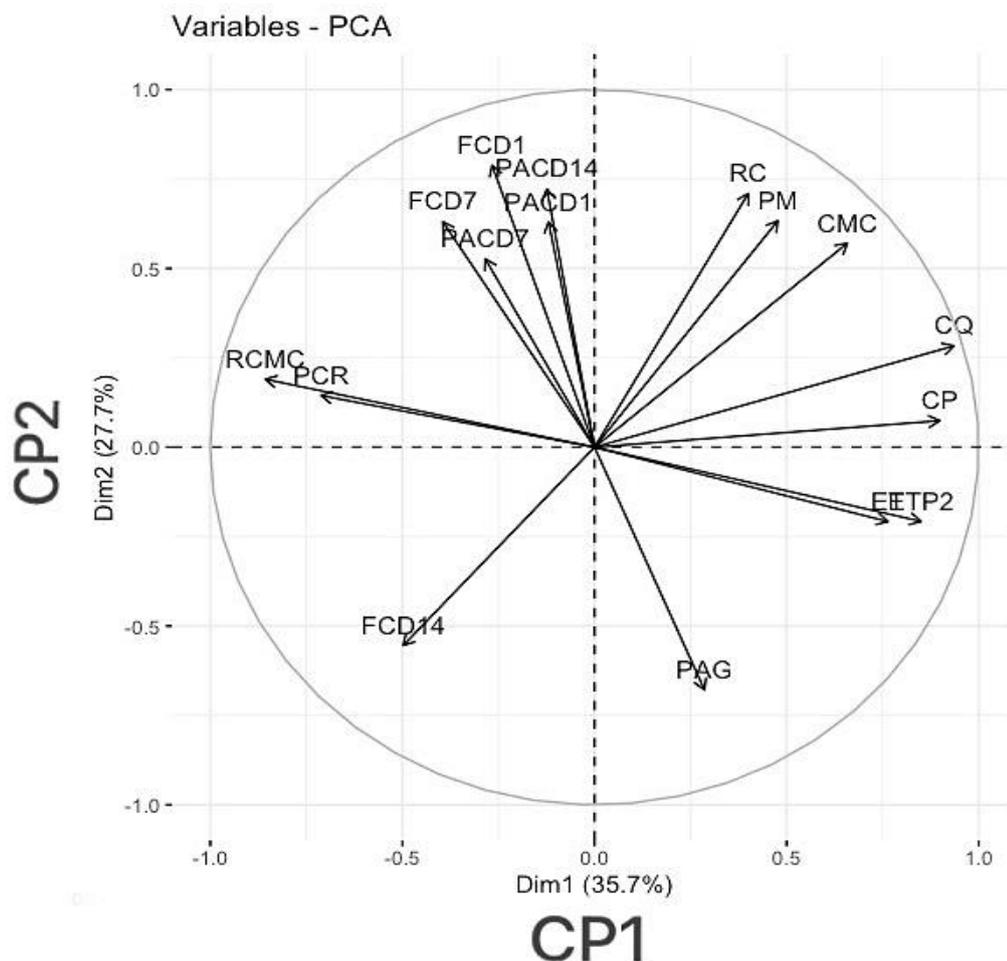


Figura 3. Biplot dos componentes principais estimados utilizando as informações do experimento em suínos na terminação, envolvendo os fatores como sexo, ractopamina e níveis de lisina. Comprimento de carcaça (CP), espessura de toucinho (ET), espessura de toucinho em ponto P2 (ETP2), profundidade de músculo (PM), carcaça quente (CQ), rendimento de carcaça (RC) e carne magra na carcaça (CMC), perda de carcaça no resfriamento (PCR) rendimento de carne magra na carcaça (RCMC), perda de água por gotejamento (PAG), perda de água por cocção dias 1, 7 e 14 (PAC1; PAC7; PAC14) e força cisalhamento dias 1, 7 e 14 (FCD1; FCD7; FCD14).

Com relação aos resultados da análise de cluster (Figura 4), quatro grupos foram formados definidos pelas variáveis sexo-ractopamina, sendo que os níveis de lisina não foram determinantes para formação dos grupos de suínos. O nível mínimo avaliado nesse trabalho de 0,70% de lisina total foi suficiente para atender as exigências dos suínos. Resultados semelhantes foi encontrado por Almeida *et al.* (2010), relatam que suínos machos castrados e marrãs na terminação não têm diferença nas exigências de lisina digestível.

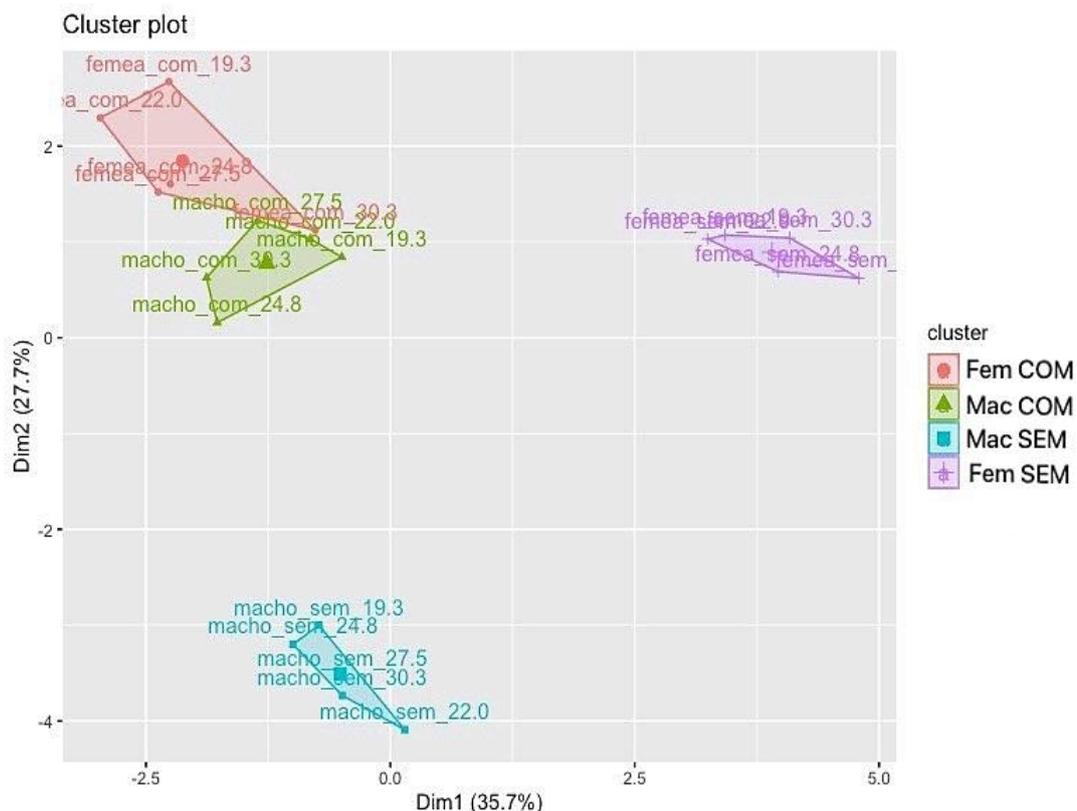


Figura 4. Resultado da análise de agrupamento envolvendo os dados do experimento em suínos, para os fatores sexo, ractopamina e níveis de lisina. Os grupos são (● vermelho) fêmea com RAC, (▲ verde) macho com RAC, (■ azul) macho sem RAC e (+ roxo) fêmea sem RAC.

Pode-se verificar que o CP1 possibilita a separação dos tratamentos envolvendo fêmeas sem a utilização de ractopamina, enquanto o CP2 destaca a separação dos tratamentos envolvendo machos sem a utilização de ractopamina (Figura 4). Mostrando a diferença que a fêmea tem sobre o macho castrado, tornando-a superior ao macho por questões fisiológicas. Visto que macho castrado cirurgicamente têm alterações no metabolismo por falta dos hormônios esteroides, principalmente a testosterona que influencia diretamente no desenvolvimento da carcaça desses animais, levando a maior deposição de gordura, retêm menos nitrogênio e menor musculatura quando comparado com fêmeas ou machos imunocastrados, que têm produção de testosterona (ANABEL, 2006).

Outro ponto importante a ser observado, os grupos que evoluem inclusão de ractopamina estão localizados no mesmo quadrante (portanto, semelhantes em distribuição tanto pelo primeiro como pelo segundo componente principal). Por fim, a análise multivariada evidência interação entre os fatores sexo e ractopamina verificada pela diferença de distância entre os grupos de fêmeas (separadas pelo CP1) e os grupos

de machos (separados ao se analisar o CP2) (Figura4). A RAC tem efeito repetidor de nutrientes e lipólise, com isso, obteve maior influência do aditivo no grupo de machos com RAC, que são os animais que têm menores características de qualidade por causa da castração e ausência de hormônios que auxiliam no desenvolvimento da carcaça (BONNEAU, 1982), levando a interação ao grupo de fêmeas com RAC e a diferença entre o grupo de machos sem RAC.

Não houve interação entre RAC e os níveis de lisina sobre os parâmetros de características de carcaça e qualidade de carne (Figura 4), o que corrobora com os resultados de Marinho *et al.* (2007), Pereira *et al.* (2008) e Rikard-Bell *et al.* (2013) que não obtiveram resultados de interação entre RAC x níveis de lisina.

Os níveis crescentes de lisina não influenciaram em melhores características de carcaça, sendo que o menor nível foi suficiente para atender as necessidades, corroborando com Almeida *et al.* (2010) e Ross *et al.* (2011) que avaliaram as características de carcaça de suínos, alimentados com dietas contendo níveis de lisina digestível e ractopamina. Gomes *et al.* (2000) apontam que variáveis de características de carcaça têm pouca influência da quantidade de lisina ingerida.

Não houve efeito nos níveis de lisina e RAC no comprimento de carcaça (CC), resultados de acordo com Kill *et al.* (2003) e Arouca *et al.* (2005) estudando diferentes níveis de lisina para suínos em terminação, não observaram efeitos sobre comprimento de carcaça. Souza *et al.* (2011) avaliando níveis de lisina com adição de 20 ppm de RAC, não obteve efeitos em CC.

Almeida *et al.* (2010) não encontraram efeito dos níveis de lisina em espessura de toucinho (ET), confirmando com os resultados encontrados neste trabalho. Já a RAC tem efeito sobre ET, confirmando com resultados de Andreta *et al.* (2012) que obteve 8% de redução na ET e Silva *et al.* (2018), que avaliando suínos em terminação tiveram redução de 16,5% de ET com inclusão de 10 ppm na dieta, mostrando resultado da eficiência da RAC na redução da lipogênese e aumento da lipólise.

Não ocorreu efeito dos níveis de lisina avaliados para espessura de toucinho no ponto p2 (ETP2), resultados de acordo com Souza *et al.* (2011) e Oliveira *et al.* (2014). Quando alimentados com RAC, foi observado efeito do adrenérgico na variável de ETP2, resultado também encontrado em Pereira *et al.* (2011) quando suplementou suínos com 5 ppm de RAC na dieta, estando de acordo com este trabalho.

Não houve efeito da suplementação de RAC e níveis de lisina para profundidade de músculo (PM). Arouca *et al.* (2004) trabalhando com diferentes níveis de lisina, não

encontrou efeito sobre PM, assim como Pereira *et al.*, (2008) também não encontrou diferença nos níveis de lisina, mas quando os suínos foram alimentados com 5 ppm de RAC obteve aumento na PM. Sanches *et al.* (2009a) observou efeito na PM de aproximadamente 18% com adição de 20 ppm de RAC na dieta. Já Sanches *et al.* (2009b) não obteve aumento do PM perante os níveis de RAC (0 a 20 ppm) avaliados, a ineficiência pode ter ocorrido por estresse pelo calor que os animais estavam mantidos.

O parâmetro carcaça quente (CQ) não foi influenciado pelos níveis de lisina e a inclusão de RAC. Resultados similares foram descritos por Silva *et al.* (2011) que ao incluir 20 ppm de RAC na dieta de suínos em terminação, não encontrou melhoras em CQ. Em contrapartida Armstrong *et al.* (2004) apontou efeitos na CQ quando animais são alimentados com RAC, e Corassa *et al.* (2013) quando a inclusão de níveis de lisina na dieta.

Quanto ao rendimento de carcaça (RC), não houve efeitos dos níveis de lisina e inclusão de RAC, resultados também obtidos por Kill *et al.* (2003) e Arouca *et al.* (2004), que avaliaram níveis de lisina para suínos na terminação. Sanches *et al.* (2010b) testando níveis de RAC para suínos machos castrados não encontraram efeitos sobre o parâmetro de RC.

Não houve influência da inclusão de RAC e níveis de lisina para carne magra na carcaça (CMC). Em concordância Arouca *et al.* (2004) e Souza *et al.* (2011) apontam não haver influência dos níveis de lisina para machos castrados. Marinho *et al.* (2007) ao suplementarem machos castrados em terminação com 0,5 ppm de RAC, não observaram influência em CMC. Esperava-se efeitos dos níveis de lisina e inclusão de RAC para carne magra na carcaça CMC, devido a lisina ser o aminoácido responsável por aumentar deposição de tecido muscular e a RAC ter efeito partidor de nutrientes, que aumenta deposição de proteína no músculo e reduz deposição de gordura na carcaça (XIONG *et al.*, 2006).

Para suínos alimentados com dietas contendo RAC, Webster *et al.* (2007), sugerem que os níveis de lisina na dieta sejam de pelo menos ou igual 1,0%, para otimizar a taxa de rendimento de carcaça magra, porém quando avaliado esse nível de lisina com inclusão de RAC na dieta, não obteve efeitos da RAC para melhores rendimento de carne na carcaça.

Webster *et al.* (2007) apontam que o excesso de lisina na dieta além das exigências dos animais, interfere no desempenho dos animais. O excesso desse aminoácido é dispendioso, requer muita energia para ter eficiência no metabolismo aminoacídico e seu

excesso será catabolizado para gerar energia ou excreção dos mesmos, tendo queda no desempenho pelo gasto energético (SAKOMURA *et al.*, 2014).

Os níveis de lisina não influenciaram nos parâmetros de qualidade de carne neste estudo, concordando com (JACOB *et al.* 2017) que trabalharam com machos castrados na terminação e planos de níveis de lisina.

Houve influência da RAC sobre parâmetros avaliados para perda de carcaça no resfriamento (PCR) possivelmente pela menor cobertura de gordura da carcaça, que é representada pela ET, uma vez que essa gordura age como isolante e reduz a velocidade da perda de água durante o resfriamento (DIAS e LEITE, 2013). Hinson *et al.* (2011) e Martins *et al.* (2015) avaliando desempenho, características de carcaça e qualidade de carne suína na terminação não obtiveram diferenças entre os tratamentos para variável de PCR.

Houve resposta positiva no rendimento de carne magra na carcaça (RCMC) em suínos alimentados com RAC, efeito resultante da ação da RAC em repartição de nutrientes e aumentar deposição proteica no músculo. Semelhante a esse resultado foi encontrado por (ROCHA *et al.*, 2013) que também verificaram aumento do RCMC quando trabalhou com suínos na terminação suplementados com RAC. Pompeu *et al.* (2017) ao realizarem a metanálise observaram que a suplementação de RAC tem efeito positivo sobre RCMC, ainda relata que RCMC foi maior nas fêmeas do que nos machos. Já Corassa *et al.* (2010), com adição de 5 e 10 ppm de RAC na dieta dos suínos, não observaram efeitos da RAC no percentual de carne magra.

Não houve influência da ractopamina sobre perda de água por gotejamento (PAG) identificando com resultados de Agostini *et al.* (2011), Athayde *et al.* (2012), Garbossa *et al.* (2013) e Moraes *et al.* (2020) que trabalharam com inclusão de RAC na dieta de suínos em terminação. Por outro lado, Almeida *et al.* (2010) e Rocha *et al.* (2013) constataram efeito da RAC na PAG devido maior percentual de água agregada a deposição de carne magra.

Houve efeitos da RAC na perda de água por cocção nos dias 1, 7, 14 (PACD1) (PACD7) e (PACD14) corroborando com Athayde *et al.* (2012) e Watanabe *et al.* (2012) e verificaram efeitos da RAC nos parâmetros de (PCD). Porém, autores como Bridi *et al.* (2006) e Agostini *et al.* (2011) não encontraram diferenças na PACD para carne suína de animais alimentados com RAC.

De acordo com Paulk *et al.* (2014) maiores perdas de água da carne por cocção, reduz a suculência e deixa a carne mais dura, impactando diretamente qualidade da carne

e insatisfação do consumidor final.

A RAC influenciou na força de cisalhamento nos dias 1 e 7 (FCD1) e (FCD7) deixando a carne menos macia. Diversos autores Athayde et al. (2012), Rocha *et al.* (2013) e Iocca *et al.* (2015) também obtiveram resultados semelhantes a essa pesquisa. Já Bridi *et al.* (2006) e Amin *et al.* (2015) não notaram diferença na maciez da carne dos suínos suplementados com RAC. O tamanho do diâmetro da fibra muscular pode estar associado com a maciez da carne, pois a RAC aumenta o diâmetro das fibras musculares (XIONG *et al.*, 2006).

A redução na maciez da carne pode estar associada com baixa quantidade de gordura na carcaça pela inclusão RAC na dieta, além da ação na insulina e no glicogênio muscular, resultando em menor produção e acúmulo de lactato, que é responsável por reduzir o pH, e se não houver redução do pH no processo de transformação do músculo em carne, resultará em carne dura (WARRIS *et al.*, 1990).

A maciez da carne também está relacionada com o sistema proteolítico do músculo, esse sistema é ativado pelo cálcio e tem proteínas como calpaína tipo I e II que responsáveis por amaciar a carne, e calpastatins que inibe a função das calpaínas. A RAC exerce função na calpastatina que age na calpaína, reduzindo a ação da degradação e enfraquecimento das fibras musculares *post mortem* (COSTA-LIMA *et al.*, 2014).

CONCLUSÕES

Os níveis de lisina não influenciaram do características avaliadas. Houve alteração tanto em fêmeas quanto em machos, quando receberam ractopamina. Entretanto, esse efeito foi diferente entre os sexos que caracterizou interação. Entre as variáveis avaliadas verificou que ractopamina influenciou nas características para qualidade de carne.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E.C.; FIALHO, E.T.; RODRIGUES, P.B.; ZANGERONIMO, M.G.; LIMA, J.A.F.; FONTES, D.O. Ractopamine and lysine levels on performance and carcass characteristics of finishing pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1961-1968, 2010a.
- ALMEIDA, V.V.; BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B.; TSE, M.L.P.; BRAZ, D.B.;

- MIYADA, V.S. Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.39, p.1969-1977, 2010b.
- AGOSTINI, P.S.; SILVA, C.A.; BRIDI, A.M.; ABRAMI, R.A.M.; PACHECO, G.D.; LOZANO, A.P.; YWAZAKI, M.S.; DALTO, D.B.; GAVIOLI D.F.; OLIVEIRA, E.R.; BONAFÉ, E.G.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.231, p.659-670, 2011.
- AMIN, M., KIEFER, C., DE LARA, J. A. F., MARÇAL, D. A., DE ABREU, R. C., RODRIGUES, G. P., DE FREITAS, H. B. Efeito do período de suplementação de ractopamina na dieta em relação à qualidade da carne suína. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 13, 2015.
- ANABEL, E. Global control of boar taint - part 3: immunological castration. **Pig Progress**, Doetinchen, NLD, v. 22, n. 5, p. 6-9, 2006.
- ANDRETTA, I., KIPPER, M., LEHNEN, C. R., DEMORI, A. B., REMUS, A., & LOVATTO, P. A. Meta-analysis of the relationship between ractopamine and dietary lysine levels on carcass characteristics in pigs. **Livestock Science**, v.143, n.1, p.91-96, 2012.
- APPLE, J. K., RINCKER, P. J., MCKEITH, F. K., CARR, S. N., ARMSTRONG, T. A., & MATZAT, P. D. Review: Meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. **The Professional Animal Scientist**, v. 23, p. 179-196, 2007.
- ARMSTRONG, T. A., IVERS, D. J., WAGNER, J. R., ANDERSON, D. B., WELDON, W. C., & BERG, E. P. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 11, p. 3245-3253, 2004.
- AROUCA, C.L.C.; FONTES, D.O.; FERREIRA, W.M. et al. Exigências de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados, de 95 a 122 kg, selecionados para deposição de carne magra. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, p.773-781, 2004.
- AROUCA, C.L.C.; FONTES, D.O.; VELOSO, J.A.F. et al. Exigências de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados, dos 96 aos 120 kg, selecionados para eficiência de crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, p.104-111, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – (ABPA). **Relatório anual 2022**. São Paulo. 144p, 2022.
- ATHAYDE, N.B.; DALLA COSTA, O.A.; ROÇA, R.O.; GUIDONI, A.L.; LUDTKE, C.B.; LIMA, G.J.M.M. Meat quality of swine supplemented with ractopamine under commercial conditions in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 4604-4610, 2012.
- BONNEAU, M. Compounds responsible for boar taint, with special emphasis on androstenone: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, NLD, V.9, n. 6, p. 687-705, 1982.

- BRIDI, A.M.; OLIVEIRA, A.R.; FONSECA, N.A.N.; FONSECA, N.; SHIMOKOMAKI, M.; COUTINHO, L. L.; SILVA, C. A.; Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2027-2033, 2006.
- CANTARELLI, V.S; FIALHO E.T.; ALMEIDA E.C. et al. Ractopamine for finishing barrows fed restricted or ad libitum diets: performance and nitrogen balance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2375-2382, p.2375-2382, 2009a.
- CORASSA, A.; LOPES, D.C.; TEIXEIRA, A.O. Desempenho, características de carcaça e composição óssea de suínos alimentados com diferentes níveis de ractopamina e fitase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1740-1747, 2010.
- CORASSA, A., KIEFER, C., & NIETO, V. M. O. S. Níveis de lisina digestível em dietas contendo ractopamina para suínos em terminação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, p. 485-489, 2013.
- COSTA-LIMA, B. R., CANTO, A. C., SUMAN, S. P., CONTE-JUNIOR, C. A., SILVEIRA, E. T., & SILVA, T. J. Sex-specific effect of ractopamine on quality attributes of pork frankfurters. **Meat Science**, v. 96, n. 2, p. 799-805, 2014.
- DIAS, A. L.; LEITE, P. A. G. Avaliação da perda de peso em meias-carcaças bovinas submetidas ao sistema de resfriamento por aspersão. **Pubvet**, v. 7, n.º 23, 2013.
- GARBOSSA, C. A. P., SOUSA, R. V. D., CANTARELLI, V. D. S., PIMENTA, M. E. D. S. G., ZANGERONIMO, M. G., SILVEIRA, H., CERQUEIRA, L. G. D. S. Ractopamine levels on performance, carcass characteristics and quality of pig meat. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, p. 325-333, 2013.
- GOMES, F. E., FIALHO, E. T., LIMA, J. A. F., OLIVEIRA, A. I. G., BERTECHINI, A. G., & GONÇALVES, T. M. Planos de nutrição baseados em níveis de lisina para suínos de diferentes genótipos abatidos aos 80 e 100 kg de peso vivo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 2, p. 479-489, 2000.
- HINSON, R. B., WIEGAND, B. R., RITTER, M. J., ALLEE, G. L., & CARR, S. N. Impact of dietary energy level and ractopamine on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of animal science**, v. 89, n. 11, p. 3572-3579, 2011.
- IOCCA, A. F. S., LUCAS, D. S., FAUSTO, D. A., DELGADO, E. F., PÉRTILE, S. F. N., & JANZANTTI, N. S. Immunocastration and ractopamine in the quality of pork loin enhanced with salt and tripolyphosphate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 5, p. 417-425, 2015.
- JACOB, R. F.; DONZELE, J. L.; FARIA, L. F.; SILVA, F. C. O.; DONZELE, R. F. M. O.; TIZZIANI, T.; FURTADO, J. M. S.; REGO, J. C. C.; GOMES, M. S.; RODRIGUES, G. A. PLANOS NUTRICIONAIS DE LISINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS CASTRADOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO CRIADOS EM AMBIENTE TERMONEUTRO. In: XVIII Congresso da ABRAVES, Goiânia. Anais do XVIII Congresso da

ABRAVES, 2017.

- KESSLER, A., MÜLLER, G., WIED, S., CRECELIUS, A., & ECKEL, J. Signalling pathways of an insulin-mimetic phosphoinositolglycan-peptide in muscle and adipose tissue. **Biochemical journal**, v. 330, n. 1, p. 277-286, 1998.
- KIEFER, C.; MOURA, M.S.; SILVA, E.A.; SANTOS, A. P.; SILVA, C. M.; LUZ, M. F.; NANTES, L. C.; Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.2, p. 496-504, 2010.
- KILL, J. L., DONZELE, J. L., OLIVEIRA, R. F. M. D., FERREIRA, A. S., LOPES, D. C., SILVA, F. C. D. O., & SILVA, M. V. G. B. D. Planos de nutrição para leitoas de alto potencial genético para deposição de carne magra dos 65 aos 105 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1330-1338, 2003.
- KIM, S. W.; BAKER, D. H.; EASTER, R. A. Dynamic ideal protein and limiting amino acids for lactating sows: the impact of amino acid mobilization. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 9, p. 2356-2366, 2001.
- LÊ, S., JOSSE, J. & HUSSON, F. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. **Journal of Statistical Software**, v. 25, n. 1, p. 1-18, 2008.
- MARINHO, P.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O.; SILVA, M.A.; PEREIRA, F.A.; AROUCA, C.L.C. Efeito dos níveis de lisina digestível e da ractopamina sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1791-1798, 2007.
- MARTINS, D. S.; SOARES, M. A.; STEFFENS, J. Qualidade da carcaça e rendimento de cortes suínos com o uso de ractopamina. **Ciência Rural**, v.45, n.8, p.1503-1508, 2015.
- MORAES, R. C.; MOREIRA, A. C.; SILVA, H. M. F.; SOUZA, R. G.; CARDOSO, R. E.; BARBOSA, D. P.; GOMIDE, A. P. C. Carcass characteristics and meat quality of swine cattle fed with or without ractopamine. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. e195943045, 2020.
- OLIVEIRA, A. L. S. D., DONZELE, J. L., SILVA, F. C. D. O., OLIVEIRA, R. F. M. D., ABREU, M. L. T. D., PEREIRA, A. A., & SCOTTÁ, B. A. Lisina digestível em dietas para suínos machos castrados de alto potencial Genético para deposição de carne magra na carcaça dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, p. 983-993, 2014.
- PAULK, C. B., TOKACH, M. D., NELSEN, J. L., BURNETT, D. D., VAUGHN, M. A., PHELPS, K. J., GONZALEZ, J. M. Effect of dietary zinc and ractopamine hydrochloride on pork chop muscle fiber type distribution, tenderness, and color characteristics. **Journal of animal science**, v. 92, n. 5, p. 2325-2335, 2014.
- PEREIRA, F. A., FONTES, D. O., SILVA, F. C. O., FERREIRA, W. M., LANNA, A. M. Q., CORRÊA, G. S. S., SALUM, G. M. Efeitos da ractopamina e de dois níveis de lisina digestível na dieta sobre o desempenho e características de carcaça de leitoas em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, p. 943-952, 2008.

- PEREIRA, F. A., FONTES, D. O., VASCONCELLOS, C. H. F., SILVA, F. C. O., SILVA, M. A., MARINHO, P. C., SALUM, G. M. Efeito da ractopamina e de métodos de formulação de ração sobre o desempenho e as características de carcaça de leitoas em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, p. 203-213, 2011.
- POMPEU, M. A., RODRIGUES, L. A., CAVALCANTI, L. F. L., FONTES, D. O., & TORAL, F. L. B. A multivariate approach to determine the factors affecting response level of growth, carcass, and meat quality traits in finishing pigs fed ractopamine. **Journal of animal science**, v. 95, n. 4, p. 1644-1659, 2017.
- RIKARD-BELL, C. V., PLUSKE, J. R., VAN BARNEVELD, R. J., MULLAN, B. P., EDWARDS, A. C., GANNON, N. J., DUNSHEA, F. R. Current recommended levels of dietary lysine in finisher pig diets are sufficient to maximise the response to ractopamine over 28 days but are insufficient in the first 7 days. **Animal Production Science**, v. 53, n. 1, p. 38-45, 2013.
- ROCHA, L. M., BRIDI, A. M., FOURY, A., MORMEDE, P., WESCHENFELDER, A. V., DEVILLERS, N., ... & FAUCITANO, L. Effects of ractopamine administration and castration method on the response to preslaughter stress and carcass and meat quality in pigs of two Pietrain genotypes. **Journal of animal Science**, v. 91, n. 8, p. 3965-3977, 2013.
- ROSS, K. A., BEAULIEU, A. D., MERRILL, J., VESSIE, G., & PATIENCE, J. F. The impact of ractopamine hydrochloride on growth and metabolism, with special consideration of its role on nitrogen balance and water utilization in pork production. **Journal of animal science**, v. 89, n. 7, p. 2243-2256, 2011.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKAMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. Tabelas Brasileiras Para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais. **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, MG, ed. 4, 488 p., 2017.
- SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDEZ, J.B.K., HAUSCHILD. **Livro de Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: FUNESP, 678 p, 2014.
- SANCHES, J. F.; KIEFER, C.; CARRIJO, A. S.; MOURA, M. S.; SILVA, E. A.; SANTOS, A. P. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação mantidos sob estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1523-1529, 2010a.
- SANCHES, J. F.; KIEFER, C.; MOURA, M. S.; SILVA, C. M.; LUZ, M. F.; CARRIJO, A. S. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. **Ciência Rural**, v.40, n.2, p.403-408, 2010b.
- SILVA, E. A. D., KIEFER, C., MOURA, M. S. D., BÜNZEN, S., SANTOS, A. P. D., SILVA, C. M., & NANTES, C. L. Duração da suplementação de ractopamina em dietas para leitoas em terminação mantidas sob alta temperatura ambiente. **Ciência Rural**, v. 41, p. 337-342, 2011.

- SILVA, H. M. F., DE MORAIS AMARAL, L. G., DE OLIVEIRA AMARAL, N., DE ALMEIDA, F. R., RODRIGUES, G. F., HEINEMANN, R. R., & GOMIDE, A. P. C. Níveis de ractopamina e sua influência sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação. **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 115–119, 2018.
- SOUZA, E.O.; HAESE, D.; KILL J.L. et al. Digestible lysine levels in diets supplemented with ractopamine. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.10, p.2186-2191, 2011.
- WARRISS, P. D., BROWN, S. N., ROLPH, T. P., & KESTIN, S. C. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 11, p. 3669-3676, 1990.
- WATANABE, P.H., THOMAZ, M.C., PASCOAL, L.A.F., RUIZ, U.S., DANIEL E., CRISTIANI, J. Ractopamine in diets for finishing gilts. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 827-833, 2011.
- WATANABE, P.H., THOMAZ, M.C., PASCOAL, L.A.F.; RUIZ, U. S.; DANIEL, E.; AMORIM, A. B.; CRISTIANI, J.; CASTRO, F. F.; Qualidade da carne de fêmeas suínas alimentadas com diferentes concentrações de ractopamina na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, p.1381-1388, 2012.
- WEBSTER, M.J. et al. Interactive effects between Ractopamine Hydrochloride and dietary lysine on finishing pig growth performance, carcass characteristics, pork quality, and tissue accretion. **The Professional Animal Scientist**, v. 23, p. 597-611, 2007.
- XIONG, Y. L., GOWER, M. J., LI, C., ELMORE, C. A., CROMWELL, G. L., & LINDEMANN, M. D. (2006). Effect of dietary ractopamine on tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. **Meat Science**, v. 73, n. 4, p.600-604, 2006.