

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

VALÉRIA DOS SANTOS MOREIRA

**Efeito da suplementação de extrato vegetal com minerais e da ractopamina  
sobre desempenho e qualidade da carne de suínos**

---

Pirassununga

2022

VALÉRIA DOS SANTOS MOREIRA

**Efeito da suplementação de extrato vegetal com minerais e da ractopamina  
sobre desempenho e qualidade da carne de suínos**

VERSÃO CORRIGIDA

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências do programa de pós-graduação de Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e produtividade animal

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Francelino Araújo

---

Pirassununga

2022

Ficha catalográfica elaborada pelo  
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M838                    Moreira, Valéria dos Santos  
                              Efeito da suplementação de extrato vegetal com  
                              minerais e da ractopamina sobre desempenho e  
                              qualidade da carne de suínos / Valéria dos Santos  
                              Moreira ; orientador Lúcio Francelino Araújo. --  
                              Pirassununga, 2022.  
                              56 f.  
  
                              Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação  
                              em Zootecnia) -- Faculdade de Zootecnia e  
                              Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.  
  
                              1. Composto fitogênico. 2. Beta-agonista  
                              adrenérgico. 3. Desempenho. 4. Carne. I. Araújo,  
                              Lúcio Francelino, orient. II. Título.



## CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Efeito da suplementação de extrato vegetal com minerais e da ractopamina sobre desempenho e qualidade da carne de suínos", protocolada sob o CEUA nº 7390020421 (06/05/2021), sob a responsabilidade de **Lúcio Francellino Araújo** e equipe; Valéria dos Santos Moreira - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **APROVADA** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo - FZEA/USP (CEUA/FZEA) na reunião de 05/07/2021.

We certify that the proposal "Effect of supplementation of plant extract with minerals and of ractopamine on performance and meat quality on swines", utilizing 144 Swines (males and females), protocol number CEUA 7390020421 (06/05/2021), under the responsibility of **Lúcio Francellino Araújo** and team; Valéria dos Santos Moreira - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **APPROVED** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Animal Science and Food Engineering - (São Paulo University) (CEUA/FZEA) in the meeting of 07/05/2021.

Finalidade da Proposta: Pesquisa (Acadêmica)

Vigência da Proposta: de 05/2021 a 09/2021

Área: Nutrição Animal/Zaz

Origem: Animais de proprietários

Espécie: Suínos

sexo: Machos e Fêmeas

idade: 70 a 168 dias

N: 144

Linhagem: Linhagem comercial

Peso: 40 a 120 kg

Local do experimento: O experimento será realizado no Laboratório de Pesquisa em Suínos - VNP/FMVZ, ao final do experimento os animais serão destinados para frigorífico comercial para abate.



Prassununga, 13 de julho de 2022

Profa. Dra. Luciane Silva Martello  
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da  
Universidade de São Paulo - FZEA/USP

Profa. Dra. Fabiane Fernandes Bresson  
Vice-Coodenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da  
Universidade de São Paulo - FZEA/USP



VALÉRIA DOS SANTOS MOREIRA

**Efeito da suplementação de extrato vegetal com minerais e da ractopamina sobre desempenho e qualidade da carne de suínos**

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências do programa de pós-graduação de Zootecnia. Área de Concentração: Qualidade e produtividade animal

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Lúcio Francelino Araújo (Orientador)  
FZEA- Universidade de São Paulo- SP

---

Prof. Dr. Carlos Alexandre Granghelli  
FZEA- Universidade de São Paulo- SP

---

Prof. Dr. Cesar Augusto Pospissil Garbossa  
FMVZ- Universidade de São Paulo-SP

Pirassununga, 22 de Agosto de 2022.

## **Dedicatória**

Dedico ao meu pai Roberto Moreira (*in memoriam*) por todo amor que sempre me deu e todos os sacrifícios que fez por mim e pelas minhas irmãs, por sempre me mostrar que eu sou capaz de conseguir o que quiser.

À minha mãe Cecília Moreira, a pessoa mais forte que eu conheço, a mulher que eu mais admiro no mundo, minha inspiração.

À minha pequena Laura, minha motivação para buscar ser melhor a cada dia.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus por ter colocado tantas pessoas boas em meu caminho e que contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Agradeço ao meu marido Roberto Camarotta pelo apoio incondicional, por sempre me colocar para cima nos momentos de desânimo e dificuldades, e por ter cuidado da Laura com tanto amor durante os meus momentos ausente.

Agradeço a Universidade de São Paulo pela possibilidade de realizar o mestrado.

Agradeço ao professor Lúcio Araújo pela orientação durante esse trabalho.

Minha eterna gratidão ao professor Cesar Garbossa, que possibilitou que o meu experimento acontecesse, desde a etapa de desempenho, até a ajuda para eu conseguir me organizar nas análises do frigorífico, além de sempre estar disposto a auxiliar em qualquer dúvida que eu tivesse. Gostaria de expressar aqui a minha admiração ao seu profissionalismo.

Agradeço à Eduarda Buck por ter tratado o meu experimento como se fosse dela, com muita responsabilidade e boa vontade.

Agradeço ao professor Saulo Silva pela ajuda com as análises de carne.

Agradeço à doutoranda Camylla Pedrosa por ter conduzido as análises de carne e por toda a disposição em ensinar.

Agradeço ao meu gestor Julio Carvalho por ter me estimulado em buscar o mestrado e pela liberação para que eu assistisse às aulas.

Agradeço à Maria Cristina que, com o seu coração enorme, me ajudou com todo carinho em selecionar os animais, assim como realizar as análises no frigorífico.

Agradeço a minha querida Erlete Vuaden por ter me ajudado a conseguir os animais em tempo hábil para realização do experimento, além de toda a preocupação e carinho durante o trabalho.

Agraço meu grande amigo Thiago Cruz, além de toda ajuda para desenhar o protocolo, sempre presente na minha vida, sendo meu ombro amigo nos perrengues e se alegrando com as minhas conquistas.

Agradeço ao doutorando Welinton Hirai pelas aulas de estatística, por toda ajuda e disposição em auxiliar nos momentos de dúvidas.

Agradeço a Carolina Fernandes por ter participado das análises no frigorífico, sempre com um sorriso no rosto, até mesmo de madrugada carregando os animais.

Agradeço à Monica Aoyagi pela amizade e por ter me ouvido em todos os momentos difíceis dessa etapa, sempre com uma palavra amiga.

Agradeço à equipe do LPS pelo comprometimento durante o período experimental, tanto os estagiários como os alunos da pós-graduação.

Agraço o produtor José Domingos Brandi pelo empréstimo dos animais.

Agradeço a empresa Idena Nutrição Animal por ter fornecido o recurso para a realização do experimento.

Agraço à Mcassab pela liberação para as disciplinas, por ter proporcionado o meu crescimento profissional.



## RESUMO

MOREIRA, V. S. **Efeito da suplementação de extrato vegetal com minerais e da ractopamina sobre desempenho e qualidade da carne de suínos**. 2022. Xf. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de um blend composto por minerais e extrato fitogênico em suínos, nas fases de crescimento e terminação, como possível alternativo à ractopamina. Foram utilizados 140 suínos com peso médio inicial de  $48,8 \pm (5,9)$  kg, distribuídos em um delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 3X2 (Dieta controle (CONT), Dieta com inclusão de 2,5 kg de um composto fitogênico (CF) e Dieta com 10 ppm de ractopamina (RAC) e 2 sexos: (fêmeas e machos castrados). Os animais foram alojados em baias, onde cada baia representava uma unidade experimental, cada tratamento era composto por 8 unidades experimentais. Os parâmetros de desempenho foram mensurados e ao final do período experimental os animais foram abatidos para análises de características de carcaça e qualidade de carne. Os animais consumindo RAC apresentaram uma conversão alimentar 4% menor em relação ao grupo suplementado com o CF ( $P < 0,05$ ). Para o ganho de peso diário os animais suplementados com o CF apresentaram 4,46% menor ganho em relação a RAC e 3% maior ganho em relação ao CONT ( $P < 0,05$ ). Os animais que consumiram CF apresentaram menor força de cisalhamento na carne ( $P < 0,05$ ), com um valor de 5,6% menor em relação ao CONT e 29% menor em relação ao grupo RAC, o valor de croma na carne suína do grupo RAC foi 14% menor que o grupo CONT e 10,3% menor que o PC, não houve diferença significativa para os parâmetros de carcaça. Conclui-se que a ractopamina proporciona melhoria em desempenho, porém em situações de restrição o blend fitogênico por ser utilizado, por apresentar um ganho de peso diário intermediário, além de promover melhoria em atributos sensoriais, como cor e força de cisalhamento.

Palavras-chave: Fitogênico; Sensorial; Peso,

## ABSTRACT

MOREIRA, V. S. **Effect of plant extract supplementation with minerals and ractopamine on pork performance and quality**. 2022. Xf. Dissertation - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022.

The objective of this work was to evaluate the effect of a blend composed of minerals and phytogetic extract in pigs, in the growth and finishing phases, as a possible alternative to ractopamine. A total of 140 pigs with a mean initial weight of  $48.8 \pm (5.9)$  kg were used, distributed in a randomized block design, in a 3X2 factorial scheme (control diet (CONT), Diet with inclusion of 2.5 kg of a phytogetic compound (PC) and Diet with 10 ppm of ractopamine (RAC) and 2 sexes: (females and castrated males) Animal parameters were measured and at the end of the experimental period the animals were slaughtered for carcass traits and meat quality performance. The animals consuming the feed conversion were 4% lower in relation to the group supplemented with PC ( $P < 0.05$ ), For the daily weight gain of the animals supplemented with PC showed 4.46% lower gain in relation to RAC and 3% greater gain in relation to CONT ( $P < 0.05$ ) shear force in the meat ( $P < 0.05$ ), with a value of 5.6% lower in relation to CONT and 29% lower in relation to the group RAC, the chroma value in the pork of the RAC group was 14% lower than the CONT group and 10.3% lower than the PC, there was no difference significant for carcass parameters. It is concluded that a ractopamine provides performance improvement, but in situations of restriction or phytogetic mixture for being used, for presenting an intermediate weight gain, in addition to promoting improvements in sensory attributes, such as color and shear force.

Keywords: Phytogetic; Sensory; Weight,

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura e posição dos filamentos grossos e finos.....	17
Figura 2 - Célula adiposa branca.....	18
Figura 3 - Ativação adrenérgica da lipólise em tecido adiposo.....	22
Figura 4 - Representação tridimensional do diagrama de cromaticidade CIELAB.....	29

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Dietas utilizadas na avaliação: Ração Crescimento, Terminação 1, Terminação 2 e a adição dos aditivos: Composto fitogênico (CF) e Ractopamina (RAC).....	40
TABELA 2 - Desempenho dos suínos suplementados com os diferentes aditivos ao longo do período (valores expressos em kg).....	45
TABELA 3 - Efeitos os tratamentos sobre características de carcaça.....	46
TABELA 4 - Efeito de diferentes tratamentos na qualidade da carne ( <i>Longissimus dorsi</i> ) 24 h após o abate.....	47
TABELA 5 - Efeitos de diferentes tratamentos na vida de prateleira da carne ( <i>Longissimus dorsi</i> ) armazenada após 3 dias.....	48

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
2.1 TECIDO MUSCULAR.....	16
2.2 TECIDO ADIPOSEO.....	18
2.3 TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE.....	20
2.4 RACTOPAMINA.....	21
2.5 POLÊMICAS SOBRE A RACTOPAMINA.....	23
2.6 COMPOSTOS FITOGÊNICOS SOBRE O DESEMPENHO DOS ANIMAIS.....	25
2.7 MAGNÉSIO.....	26
2.8 QUALIDADE DA CARNE.....	27
2.8.1 AVALIAÇÃO DO PH.....	27
2.8.2 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA.....	28
2.8.3 PERDA DE ÁGUA POR COCÇÃO.....	28
2.8.4 COR.....	28
2.8.5 FORÇA DE CISALHAMENTO.....	29
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	31
<b>3 AVALIAÇÃO DE UM COMPOSTO FITOGÊNICO COM MINERAIS COMO UM POSSÍVEL ALTERNATIVO À RACTOPAMINA PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO</b> .....	36
3.1 INTRODUÇÃO.....	37
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	38
3.2.1 COMPOSTO FITOGÊNICO E MINERAIS.....	38
3.2.2 DESENHO EXPERIMENTAL E FÓRMULAS.....	38
3.2.3 ANÁLISE DE CARÇAÇA.....	40
3.2.4 QUALIDADE DE CARNE.....	41
3.2.5 COR E PH.....	41
3.2.6 PERDAS POR COCÇÃO E FORÇA DE CISALHAMENTO.....	42
3.2.7 PERDAS POR GOTEJAMENTO.....	42
3.2.8 OXIDAÇÃO LIPÍDICA.....	43
3.2.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	43
3.3 RESULTADOS.....	44
3.3.1 DESEMPENHO.....	44

3.3.2 CARACTERÍSTICA DE CARÇAÇA.....	46
3.3.3 QUALIDADE DE CARNE – 24 HORAS APÓS ABATE.....	46
3.3.4 VIDA DE PRATELEIRA DA CARNE - 3 DIAS APÓS O ABATE.....	47
3.4 DISCUSSÃO.....	49
3.4.1 DESEMPENHO.....	49
3.4.2 CARACTERÍSTICA DE CARÇAÇA.....	50
3.4.3 QUALIDADE DE CARNE – 24 HORAS APÓS ABATE E 3 DIAS DE ARMAZENAMENTO.....	51
3.5 CONCLUSÕES.....	52
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>

---

## 1. INTRODUÇÃO

A dinâmica do crescimento muscular, bem como o potencial de deposição de gordura intramuscular, são características de grande interesse para a produção de suínos, pois alteram a quantidade e a qualidade da carne (MACEDO, 2018).

O crescimento do suíno é resultado de uma série de processos biológicos, com o genótipo determinando o nível máximo em que esses processos ocorrem. Fatores como ambiente, nutrição e sanidade são determinantes no grau de manifestação do potencial genético (DONZELE; ABREU; ORLANDO, 2001).

Ao atingir a maturidade, ocorre uma desaceleração na deposição proteica e a massa de gordura tende a exceder a de proteína (DONZELE; ABREU; ORLANDO, 2001). Esse período é caracterizado por uma piora na conversão e eficiência alimentar.

A ractopamina é um beta adrenérgico sintético, amplamente utilizado para promover uma melhoria no desempenho e conformação de carcaça, objetivando garantir o máximo ganho econômico em uma fase marcada por alto consumo de ração e menor deposição proteica. A utilização de ractopamina, aditivo utilizado no Brasil há mais de 20 anos, vem sendo alvo de discussões e estudos; diversos países que consomem a carne suína brasileira restringiram o seu uso.

De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), no ano de 2021 o Brasil bateu recorde nas exportações de carne suína, totalizando 1,13 milhões proíbe a compra de carne de suínos suplementados com esse aditivo.

Frente às demandas cada vez maiores para a retirada da ractopamina, diversos aditivos vêm sendo estudados com objetivo de avaliar os efeitos em desempenho e conformação de carcaça. Os compostos fitogênicos são amplamente utilizados na produção animal com diversas finalidades, e podem ser uma alternativa ao uso da ractopamina.

Esses compostos são produtos do metabolismo secundário das plantas, dividindo-se em classes de flavonoides, alcalóides, taninos entre outros. Entre as principais propriedades funcionais estão o efeito antimicrobiano e antioxidante, podendo, também, ser utilizados estrategicamente como possível fonte de melhoria em desempenho e atributos da qualidade da carne.

---

Com base na tendência do mercado para a retirada da ractopamina, o objetivo desse trabalho foi testar um composto fitogênico como um possível substituto da ractopamina frente os parâmetros de desempenho e melhoria em qualidade da carne.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 TECIDO MUSCULAR

A composição da carcaça é um atributo de grande interesse. As proporções de músculo, gordura, e ossos são relacionadas, visto que à medida que a porcentagem de gordura na carcaça aumenta, a porcentagem de músculo e de ossos mais tendões diminui. Essas características da composição afetam o valor comercial da carcaça (GUIMARÃES e ADELL, 1995).

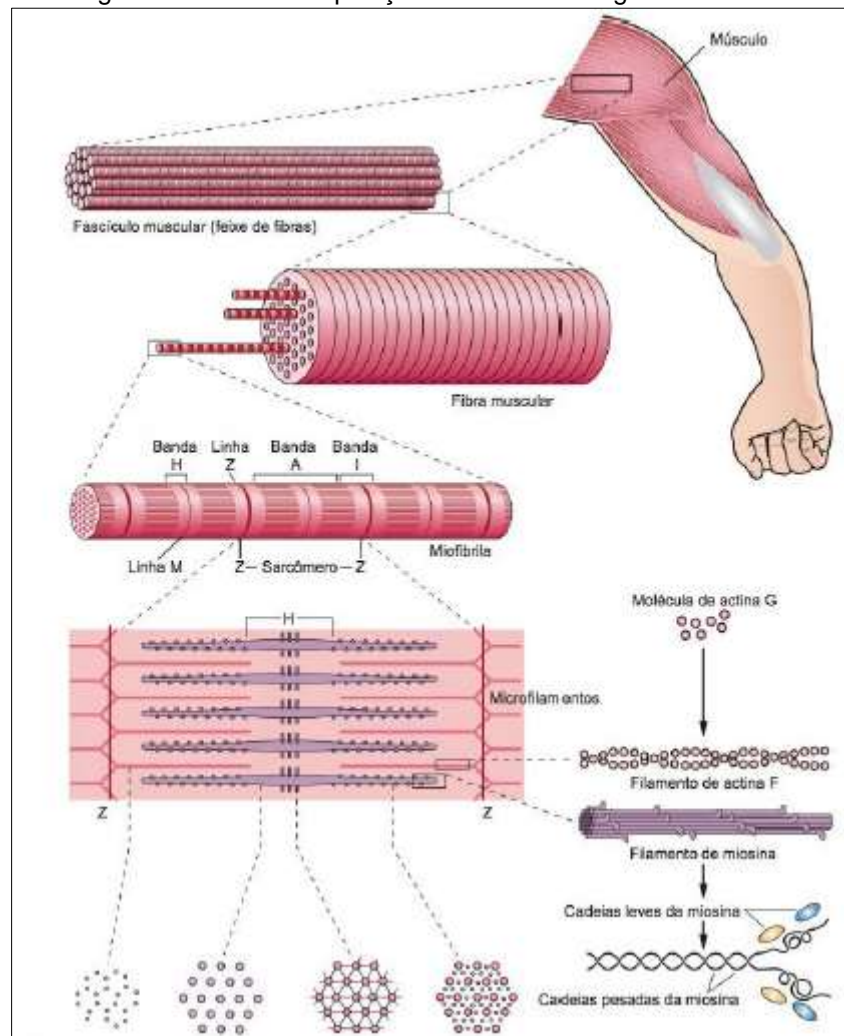
Existem três tipos de tecido muscular nos vertebrados: o músculo esquelético, que compõe cerca de 40% do corpo, cardíaco, um tipo de músculo encontrado somente no coração, mas estruturalmente similar ao músculo esquelético, e músculo liso, encontrado nos vasos sanguíneos, no intestino, e no útero (KLEIN, 2021).

A composição do músculo esquelético se dá por feixes paralelos de células longas, as fibras musculares. Essas fibras contêm filamentos contráteis, denominados miofibrilas, que são constituídas por filamentos grossos e finos (MARZZOCO; TORRES, 1999). Os filamentos grossos são formados de miosina, já os finos, constituem-se das proteínas actina, tropomiosina e troponina (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013). A força contrátil do músculo é gerada pela interação da miosina e actina, que, juntas, compõem mais de 80% da massa proteica do músculo (NELSON; COX, 2014).

As fibras possuem estriações transversais, pela alternância de faixas claras e escuras. A faixa escura é anisotrópica, e, por isso, recebe o nome de banda A, enquanto a faixa clara é isotrópica, nomeada de banda I. No centro da banda I há uma faixa transversal escura denominada linha Z. As estriações se devem à repetição de unidades iguais, formando sarcômeros (Figura 1). Cada sarcômero é formado pela parte da miofibrila que fica entre duas linhas Z sucessivas, e contém uma banda A separando duas semi-bandas I (GUIMARÃES e ADELL, 1995).



Figura 1 - Estrutura e posição dos filamentos grossos e finos



Fonte: GUIMARÃES; ADELL, 1995.

Os feixes, as fibras, e o músculo são recobertos por tecido conjuntivo, sendo epimísio o nome dado ao tecido que reveste o músculo, os tecidos que circundam os feixes são chamados de perimísio e, por último, o endomísio reveste as fibras musculares (GUIMARÃES; ADELL, 1995).

A gordura intramuscular, que proporciona a marmorização da carne, é depositada junto ao perimísio, enquanto a gordura intermuscular se deposita junto ao epimísio. Em ambos os casos, a quantidade de gordura depositada pode variar muito, de acordo com a idade e estado nutricional do animal (GUIMARÃES; ADELL, 1995).

O potencial de produção de carne dos animais começa a ser definido ainda na fase pré-natal, durante o desenvolvimento embrionário. Esse potencial é caracterizado pelo número de fibras musculares formado na miogênese pré-natal (FÁVERO; BELLAVER, 2001).

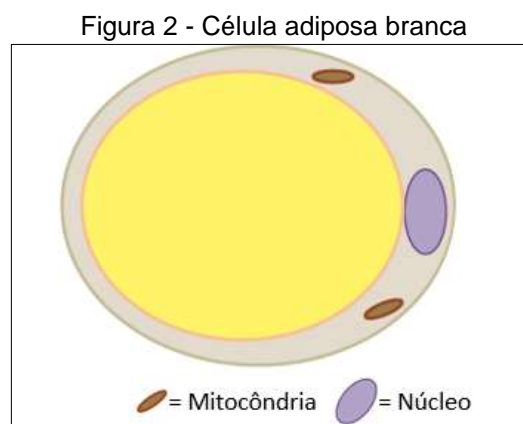
As variações no diâmetro das fibras musculares esqueléticas dependem de vários fatores, como: músculo considerado, idade, sexo, e estado nutricional. O aumento da musculatura se deve à formação de novas miofibrilas, com aumento do diâmetro das fibras musculares. Esse processo, caracterizado pelo aumento de volume das células, chama-se hipertrofia (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013).

Os machos apresentam maior número de fibras musculares que as fêmeas no mesmo músculo, o que resulta em maior ganho de peso diário. O aumento do número de fibras nos machos é regulado pela testosterona no início do processo de diferenciação celular fetal (BRIDI, 2006).

## 2.2 TECIDO ADIPOSEO

Existem duas classificações para os tecidos adiposos: tecido adiposo marrom e tecido adiposo branco, derivados de células precursoras distintas. O primeiro é um tecido termogênico presente em maior abundância nos mamíferos na fase pós-natal e espécies que hibernam. Já o tecido branco, é crítico para a sinalização da insulina, ação endócrina e homeostasia energética (SARJEANT; STEPHENS, 2012).

O tecido adiposo é o maior depósito corporal de energia, sob a forma de triglicerídios. As células hepáticas e o músculo esquelético também acumulam energia, mas sob a forma de glicogênio (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013). No tecido adiposo branco, os triacilgliceróis ocupam de 80 a 90% dessas células através de uma única e grande inclusão de lipídios, deslocando o núcleo e organelas remanescentes para a periferia da célula (figura 2) (PROENÇA, et al., 2014).



Fonte: SARJEANT; STEPHENS, 2011.

---

Os triacilgliceróis são compostos por três ácidos graxos, cada um com uma ligação éster ligando-o à uma molécula de glicerol. Essas estruturas possuem vantagens aos serem utilizadas como forma de armazenamento de energia, visto que a oxidação dos triacilgliceróis libera o dobro de energia do que a oxidação de carboidratos. Ademais, por apresentar característica hidrofóbica, o organismo que utiliza gordura como combustível não precisa carregar o peso extra da água de hidratação, que está associada aos polissacarídeos de armazenamento (NELSON; COX, 2014).

A síntese de gordura pode ocorrer por duas vias bioquímicas diferentes: através da reesterificação de ácidos graxos pré-formados ou pela síntese de novo. (LANA; HAYASHI; JOSE, 2001).

Os ácidos graxos provenientes da dieta podem ser transportados na circulação, via albumina sérica, ou obtidos por hidrólise enzimática dos triacilgliceróis, através da lipase intestinal. Após absorção nos enterócitos, os triacilgliceróis são incorporados ao colesterol e lipoproteínas para serem transportados ao sistema linfático; no endotélio dos capilares são hidrolisados através da enzima lipase em ácidos graxos e glicerol, após absorção nos adipócitos os ácidos graxos são reesterificados (NELSON; COX, 2014; PROENÇA, et al., 2014).

A síntese de novo é a síntese de triacilgliceróis a partir de substratos não lipídicos, principalmente carboidratos (PROENÇA, et al., 2014). A molécula glicerol 3-fosfato, intermediário glicolítico, também é precursora de triacilgliceróis junto com o Acil-Coa graxo, e, através de uma ligação de éster, os dois precursores se ligam formando ácido fosfatídico. Esse produto é desfosforilado a diacilglicerol e acilado por uma terceira molécula de Acil-Coa graxo, formando um triacilglicerol (NELSON; COX, 2014).

Os ácidos graxos mobilizados do tecido adiposo através da sinalização dos hormônios glucagon e adrenalina, são captados por inúmeros tecidos, entre eles o músculo, para serem utilizados como fonte de energia. Os ácidos graxos transportados até o fígado são reciclados a triacilglicérol, que retorna ao tecido adiposo (NELSON; COX, 2014).

A maior parte dos ácidos graxos ingeridos ou sintetizados possui um de dois destinos: incorporação em triacilgliceróis para armazenamento de energia, ou incorporação nos componentes fosfolipídicos das membranas. A divisão desses

---

destinos depende da necessidade momentânea do organismo (NELSON; COX, 2014).

Durante o crescimento rápido, a síntese de novas membranas requer a produção de fosfolipídios. Quando o organismo dispõe de suprimento abundante, mas não está crescendo, ele desvia os ácidos graxos para a formação de gordura para reserva (NELSON; COX, 2014). Portanto, o teor de gordura na carcaça aumenta com o avançar da idade do animal (BRIDI, 2006)

A diferença de deposição dos tecidos é um fator determinante no rendimento de carcaça e de carne na carcaça. À medida que aumenta a deposição de tecido adiposo na carcaça, a proporção de carne diminui. Também, o grau de deposição do tecido adiposo influencia o rendimento de carcaça; animais com mesmo peso, ou que apresentarem mais gordura na carcaça, também terão maior rendimento de carcaça (BRIDI, 2006).

O ponto em que começa a rápida deposição de gordura é após o pico de deposição de proteína, que ocorre entre 50 e 60 kg de peso vivo, característica essa, dependente do sexo e genótipo (ELIS; BERTOL, 2001). Dessa forma, cada tecido possui velocidade diferente de crescimento. O primeiro tecido a ser depositado e que cessa o seu crescimento antes é o tecido nervoso, seguido dos tecidos ósseo, muscular e, por último, adiposo (BRIDI, 2006).

Os machos castrados são mais precoces que as fêmeas, depositando tecido adiposo mais cedo. Os machos inteiros são os últimos a depositar o tecido adiposo, apresentado maior proporção de tecido muscular (Ibidem).

### 2.3 TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE

O músculo de um animal, no momento do abate, é um tecido vivo com propriedades bioquímicas e fisiológicas complexas. O processo de conversão dos tecidos, principalmente o muscular em carne, envolve uma série de alterações no metabolismo e na estrutura física das células (BRIDI, 2009).

Os processos bioquímicos do músculo após o abate são, principalmente, processos de degradação e ressíntese de ATP. Como consequência da morte, três fontes de energia tornam-se disponíveis: ATP, creatina fosfato (CP) e o glicogênio. Tanto o ATP, como a CP, estão presentes em pequenas quantidades no músculo,

---

fazendo com que o glicogênio seja a principal fonte de energia para a glicólise (PALMA, 2017).

O glicogênio pode ser degradado tanto por via aeróbia, como anaeróbia. A degradação anaeróbia (glicólise) produz ácido láctico a partir do ácido pirúvico. Na via aeróbia, o ácido pirúvico entra no ciclo de Krebs, formando CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, para que o ADP seja fosforilado e transformado em ATP (mediante a redução do NAD) (PALMA, 2017).

O lactato, formado na via anaeróbica, fica acumulado dentro das células, causando queda do seu pH, devido à liberação de íons H<sup>+</sup> e, posteriormente, incrementada pela redução do piruvato em lactato. Portanto, a quantidade de glicogênio armazenado no músculo no momento do abate é decisiva no valor final de pH da carne (BRIDI, 2009).

A velocidade de queda do pH, bem como o pH final da carne após 24 - 48 horas, é muito variável. A queda do pH é mais rápida nos suínos, intermediária nos ovinos, e mais lenta nos bovinos. Em suínos, a velocidade de queda atinge valores de 5,6 - 5,7 após 6 - 8 horas post-mortem, e 5,3 - 5,7 após 24 horas (ROÇA).

O processo de rigor mortis se inicia após o esgotamento das reservas de ATP. Ocorre, então, a ligação irreversível entre as moléculas de actina e miosina, e, após esse processo, há perda da elasticidade e aumento da tensão muscular, e a dureza da carne atinge o seu valor máximo (BRIDI, 2009).

As enzimas calpaínas e catepsinas são responsáveis por realizar hidrólise nas proteínas musculares, causando o desprendimento dos filamentos de actina da linha Z. As calpaínas possuem um inibidor, as calpastatinas, e a proporção entre as duas substâncias é responsável por determinar a velocidade e extensão do amaciamento da carne no post mortem (BRIDI, 2009).

## 2.4 RACTOPAMINA

A Ractopamina é uma ferramenta adotada com o objetivo de aumentar a carne na carcaça, sendo um agonista beta-adrenérgico repartidor de nutrientes, que promove o crescimento e a deposição de tecido magro, reduzindo teor de gordura na carcaça (BRIDI et al., 2008).

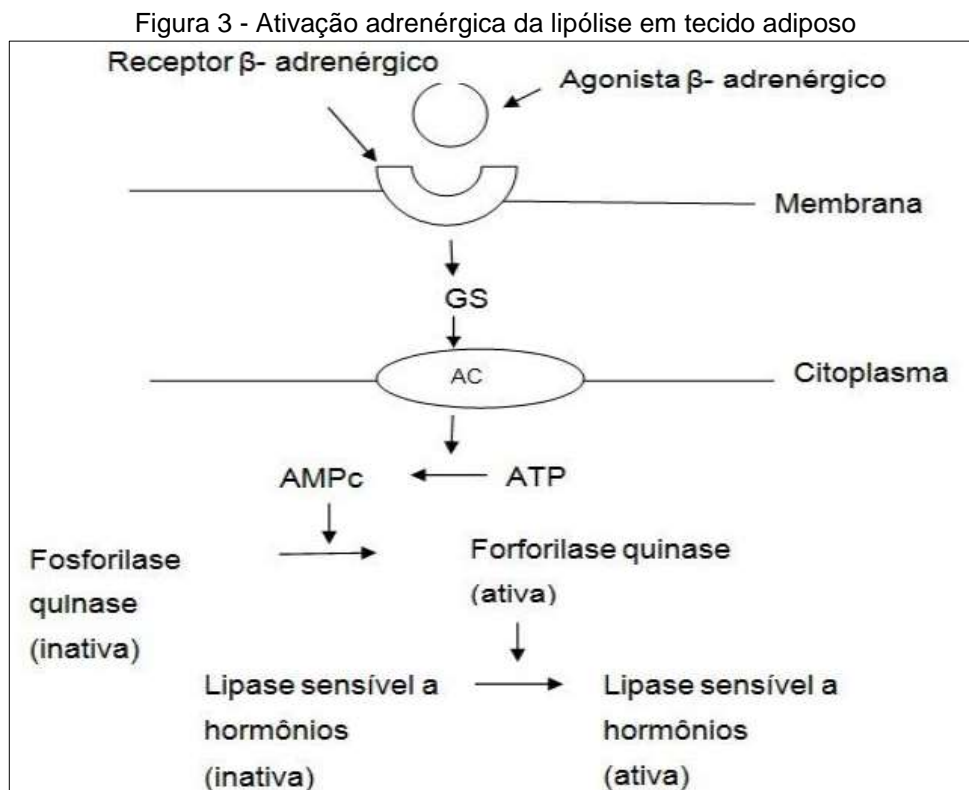
Os beta-adrenérgicos têm o metabolismo semelhante aos da adrenalina e noradrenalina, classificadas como catecolaminas naturais. As catecolaminas atuam

em receptores adrenérgicos, classificados em  $\alpha$  e  $\beta$ , sendo subdivididos em  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$ , a subdivisão dos  $\beta$  receptores é baseada na resposta dos agonistas  $\beta$  adrenérgicos em diferentes tecidos (SILVA, 2014).

O termo agonista refere-se a análogos estruturais que se ligam a um receptor e mimetizam o efeito normal do ligante natural (NELSON; COX, 2014).

O mecanismo de ação dos agonistas beta-adrenérgicos é explicado por Spinosa et al. (2017): o agonista se liga ao receptor beta, formando o complexo agonista-receptor, na sequência liga-se a proteína Gs. Ocorre, então, a transformação de GDP (guaninadifosfato), que está ligada à proteína G em GTP (guaninatrifosfato). O complexo entre proteína Gs e GTP se dissocia do complexo agonista-receptor e interage com a subunidade catalítica da adenilciclase, portanto, promovendo a conversão do ATP em cAMP (adenosina monofosfato cíclico), o cAMP irá fosforilar a PKA (proteína quinase A).

Nos adipócitos, a PKA ativada irá fosforilar a HSL (lipase sensível a hormônio) e as moléculas de perilipina, promovendo a ação de três lipases que irão atuar sobre tri, di e monoacilgliceróis, liberando ácidos graxos e glicerol (Figura 3) (NELSON e COX, 2014).



Fonte: Adaptado de Rosa (2009).

---

Os ácidos graxos fundem-se através do adipócito, ligando-se à albumina sérica, e são transportados até o músculo esquelético para servir de combustível às células. O glicerol é fosforilado e oxidado a dihidroxicetona fosfato que pode entrar nas vias glicolítica ou gliconeogênica (NELSON; COX, 2014).

Como resultado, a utilização de agonistas beta-adrenérgicos promove uma maior deposição muscular e diminui a deposição lipídica, ocasionando uma maior quantidade de carne magra na carcaça, visto que no músculo promove uma maior abundância de RNA total, e RNAm para proteínas miofibrilares (ANDERSON, MOODY, HANCOCK, 2000).

Devido ao aumento na deposição muscular, a nutrição dos animais que consomem a ractopamina deve ser ajustada, a lisina é o aminoácido relacionado à deposição de tecido muscular na carcaça (SANCHES, 2009). Assim, para que o animal suplementado com a ractopamina apresente uma resposta positiva em deposição proteica, é necessário o incremento do nível de lisina na dieta (SCHINKEL; RICHERT; KENDALL, 2000).

De acordo com NRC (2012), a exigência de lisina digestível para fêmeas de 95 a 120 kg passa de 15 para 19 gramas/dia quando a Ractopamina é incluída na dieta; além disso, o requerimento de fosforo também aumenta em 29%.

## 2.5 POLÊMICAS SOBRE A RACTOPAMINA

O *Codex Alimentarius* (2012) estabelece o limite máximo de resíduo (LMR) para a ractopamina em suínos até 10 µg/kg de ractopamina em músculo, 40 µg/kg no fígado, 90 µg/kg em rim e 10 µg/kg na gordura e pele. Os mesmos valores de LMR são adotados pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), na Instrução Normativa ANVISA, Nº 51 de 19 de dezembro de 2019.

O MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento), através da INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 42, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1999, determina o plano nacional do controle de resíduos em produtos de origem animal (PNCR), onde anualmente são emitidos relatórios de monitoramento.

Em 2020, o PNCR amostrou 108 músculos de suínos e todas as amostras apresentaram limite de detecção abaixo do preconizado; 90 fígados foram analisados e somente um apresentou valor não conforme para resíduo de ractopamina.

---

Com o objetivo de avaliar resíduo da ractopamina em suínos, Elmes et al. (2014) forneceram 10 ppm de ractopamina para suínos por 27 dias antes do abate. Os valores encontrados foram menores que o LMR definido pelo *Codex*, com média de 2,45 µg/kg ( $\pm 0,68$ ) no músculo e 6,79 ( $\pm 3,29$ ) no fígado.

Entretanto, Onishchenko et al. (2013) relatam que após avaliação de risco sobre o consumo de carne suína com resíduos aceitáveis pelo *Codex Alimentarius* de ractopamina, concluíram que o aditivo pode levar ao aumento de doenças cardiovasculares da população russa. Assim, a Rússia é contrária a adoção de LMR para ractopamina em produtos cárneos, adotando tolerância zero para resíduo.

De acordo com Alemanno e Capodiecici (2012), o principal risco da ractopamina é a falta de período de carência. Por outro lado, a retirada do aditivo antes do abate diminuiria seus efeitos em performance e conformação de carcaça. Os autores também citam que em um painel sobre aditivos e produtos ou substâncias utilizadas na alimentação animal, foi concluído que não deve haver um nível de ingestão diária aceitável para humanos, pois existem grupos mais propensos a problemas cardíacos. Além disso, 5 mg/kg de ractopamina administrada para suínos, menor dose, ainda pode ter efeitos para o consumidor.

Em um modelo in vitro, Liu; Grandy e Janowsky (2014) demonstraram que a ractopamina não é um agonista do receptor  $\beta 2$  mas sim um agonista para TAAR1, um receptor de alta afinidade para anfetamina e a metanfetamina. Assim, concluíram que são necessários mais estudos para avaliar o impacto do resíduo da ractopamina na saúde humana.

Devido à preocupação com a saúde humana e à falta de estudos conclusivos, a ractopamina é proibida em 122 países, incluindo China, Rússia e membros da União Europeia (LIU; GRANDY; JANOWSKY, 2014).

Além das questões relacionadas à saúde pública, pesquisas sobre o impacto da ractopamina sobre o comportamento animal vêm sendo realizadas. Segundo Alemanno e Capodiecici (2012), o aditivo provoca maior mortalidade nos suínos por acelerar a frequência cardíaca.

Entende-se que a ractopamina, por ser similar às catecolaminas, determina o aumento na frequência cardíaca e mudanças na frequência respiratória. Esse quadro levaria os animais a alterações fisiológicas, como mudanças no pH, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, e alteração da concentração de íons no sangue, levando o animal a um estado de estresse e alteração em comportamento (AGOSTINI et al. 2011).



---

Contudo, Agostini et al. (2011) avaliaram diferentes inclusões de ractopamina sobre a fisiologia de suínos, e, mesmo com a máxima dose de suplementação, 20 ppm, a ractopamina não influenciou significativamente nos parâmetros sanguíneos e fisiológicos. Sendo assim, o aditivo não causou impacto sobre bem-estar animal.

Marchant-Forde et al. (2003) estudaram o impacto da ractopamina sobre o comportamento e fisiologia de suínos em terminação. Durante o período de avaliação, os animais tratados com ractopamina passaram maior tempo ativos e em estado de alerta, em relação ao grupo controle. Além disso, os animais apresentaram mais resistência ao manuseio, maior frequência cardíaca além de um aumento no nível de catecolaminas circulantes. Os animais que consumiram ractopamina apresentaram maior suscetibilidade ao estresse.

## 2.6 COMPOSTOS FITOGÊNICOS SOBRE O DESEMPENHO DOS ANIMAIS

A atividade biológica ou terapêutica de uma planta está intimamente relacionada aos produtos químicos nelas contidos, sendo os metabólitos secundários um grupo extremamente grande de compostos. Esses bioativos podem ser classificados como óleos essenciais, alcaloides, ácidos, esteroides, taninos, saponinas etc. (GOLESTAN, 2010).

Os compostos fitogênicos são amplamente estudados por suas propriedades funcionais, como imunomoduladores, antioxidantes, antifúngicos, anti-inflamatórios, ativadores das secreções digestivas e antimicrobiano, e são um importante alvo de pesquisa como alternativos aos antibióticos melhoradores de desempenho. Ademais, também podem contribuir para uma melhoria em desempenho e qualidade de carne.

Yan et al. (2011), ao estudarem alho em pó fermentado, observaram uma melhoria em desempenho, assim como um melhor marmoreio e escore de firmeza da carne, atribuído ao estímulo de consumo da ração através da palatabilidade do composto.

Para Hanczakowska (2015), os extratos vegetais não melhoram o desempenho de animais suplementados com esses compostos, mas melhoram o padrão de ácidos graxos, estabilidade oxidativa, odor e gosto da carne.

Muitos estudos *in vitro*, com objetivo de avaliar efeitos de compostos sobre adipogênese, utilizam células pré adipócitos 3T3- L1, células tronco derivadas de tecido adiposo humano. Quando os pré adipócitos amadurecem, tornam-se altamente

---

responsivos à ação da insulina, conseqüentemente sintetizando triacilglicerol como a gotícula lipídica intracelular (BORAH et al., 2021).

Em pesquisa realizada por Huang et al. (2011), com o objetivo de avaliar as características antiobesidade do cinamaldeído (óleo essencial da canela), pré adipócitos 3T3-L1 foram obtidos de camundongos e sua diferenciação estimulada. Além de inibir a diferenciação de pré adipócitos, o cinamaldeído aumentou acentuadamente a proteína quinase e a acetil CoA carboxilase.

Estudo semelhante foi realizado por Han et al. (2013), onde avaliaram o efeito de 2 extratos vegetais a base de canela sobre a diferenciação de pré adipócitos 3T3-L1, a mistura dos extratos inibiu efetivamente a diferenciação adipogênica inibindo o metabolismo lipídico.

Da mesma forma, Kim et al. (2019) avaliaram o efeito sobre um composto natural fitogênico extraído da casca de um fruto, constituindo principalmente ácido ursólico e maslínico. O produto aumentou em 20% os genes responsáveis pelo desenvolvimento muscular, e em células 3T3-L1, aumentou a supressão do acúmulo de lipídeos em 40%, impactando em células de crescimento muscular e deposição de gordura.

Em revisão realizada por Jung, Lim, Kim (2014), os compostos como: Ginseng asiático, Chá verde, Lótus indiano, Mirtilo selvagem, Canela, Alcaçuz, Melão amargo, podem regular o metabolismo lipídico.

## 2.7 MAGNÉSIO

O magnésio é um macronutriente que desempenha importante papel em inúmeras reações metabólicas e enzimáticas, envolvido em mais de 300 reações. Cerca de 60% do magnésio corporal armazenam-se nos ossos, 40% migram para os tecidos moles, e, aproximadamente, 1% é encontrado nos fluídos corporais (LIPÍŃSKI et al., 2011).

Indispensável para o funcionamento adequado do organismo, esse mineral exerce papel importante na contração muscular, assim como no equilíbrio eletroquímico e no metabolismo e energia (MACHADO, 2007). Além de atuar como cofator na  $\beta$  oxidação, também está envolvido em sete enzimas chave da glicólise (GOFF, 2017).

---

As dietas dos suínos normalmente contêm magnésio suficiente para manter crescimento e função corporal normal, através dos cereais. Entretanto, a suplementação pode ser implementada através de diferentes fontes de magnésio, com objetivo de atender demandas específicas, como a redução de estresse (BUSHBY; DYE; COLLINS, 2021).

O magnésio exerce uma ação relaxante no músculo esquelético e tem um efeito antagônico ao cálcio, diminuindo o metabolismo no tecido. O mineral limita a secreção de neurotransmissores, reduzindo a estimulação neuromuscular. A suplementação dietética de magnésio para suínos pode aliviar os efeitos do estresse pela redução nos níveis plasmáticos de cortisol, adrenalina, noradrenalina e dopamina, incrementando a qualidade da carne, evitando a queda brusca do seu pH, preservando sua cor e reduzindo a perda de água (BRIDI; SILVA, 2013).

## 2.8 QUALIDADE DA CARNE

A qualidade da carne é uma questão complexa e multivariada, que é influenciada por múltiplos fatores, como: genótipo, alimentação, manejo pré-abate e método de abate (ROSENVOLD; ANDERSEN, 2003).

Os parâmetros de qualidade de um alimento podem ser avaliados por diferentes técnicas: subjetivas (análises sensoriais), objetivas (análises instrumentais) ou ambas (RAMOS; GOMIDE, 2017).

Dessa forma, as características sensoriais são de extrema relevância pois influenciam a tomada de decisão do consumidor em adquirir os produtos cárneos e inúmeras medidas vem sendo tomadas pela indústria a fim de se obter os melhores padrões que atendam o mercado (BERTOL, 2019).

### 2.8.1 AVALIAÇÃO DO PH

O pH é um parâmetro de grande importância na qualidade e segurança dos alimentos, pois em carnes relaciona-se com o acúmulo de ácido lático oriundos das mudanças *post mortem* (RAMOS; GOMIDE, 2017).

Um músculo vivo possui o valor do pH de 7,2. Após o abate, a carne continua em processo bioquímico de transformação do glicogênio láctico através da ação de várias enzimas no músculo. O pH da carne suína diminui devido à formação ácida,

---

assim a carne passa a apresentar pH final entre 5,7 e 5,9 (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007).

Após 24 horas, se a carne apresentar um pH superior a 6,2, ela irá reter mais água e coloração escura, fenômeno conhecido como carne DFD (dark, firm, dry- carne escura, dura e seca). Caso o pH caia para um valor abaixo de 5,8 em menos de 4 horas, apresentará o fenômeno PSE (pale, soft, exudative- carne pálida, mole e exudativa) (Ibidem).

### 2.8.2 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA

A capacidade de a carne reter água após processo de moagem, corte e aquecimento, denomina-se capacidade de retenção de água (CRA). A CRA define a perda de peso após o abate e apresenta grande importância econômica, uma vez que a água é o maior constituinte da carne, representando 75% do peso total (RAMOS; GOMIDE, 2017).

De acordo com Ramos e Gomide (2017), a formação de ácido lático e queda de pH *post mortem* são os principais fatores que afetam na CRA. O pH altera os sítios polares da proteína, mudando as ligações proteína-proteína e proteína-água, e conseqüentemente, a capacidade de retenção de água do músculo.

### 2.8.3 PERDA DE ÁGUA POR COCÇÃO

Durante o aquecimento, as proteínas da carne desnaturam e as estruturas celulares são rompidas. Assim, tanto a água livre como a água intracelular são exsudadas pela amostra da carne cozida (RAMOS; GOMIDE, 2017).

Com menor teor de água presente na carne, maciez e suculência são reduzidas, tornando a carne mais dura e seca. A perda de peso por cocção pode ser calculada através da diferença entre o peso inicial (antes da cocção) e o final (após a cocção) da amostra (MOURA et al., 2015).

### 2.8.4 COR

A cor da carne é aferida pelos pigmentos de mioglobina existentes nos músculos e a quantidade varia de acordo com a espécie, sexo, idade, localização

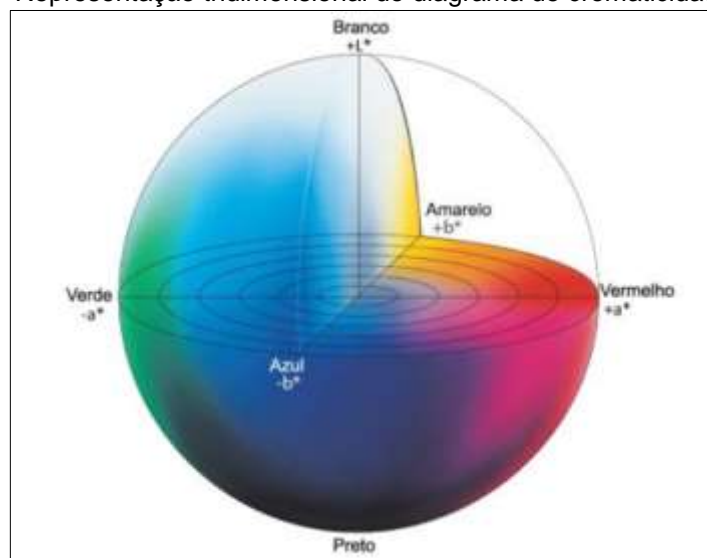
anatômica do músculo e atividade física exercida pelo animal (VENTURINI; SARCINELLI; SOUZA, 2007).

Em análises sensoriais para determinação de cor, a percepção da cor pode sofrer alterações entre avaliadores, dessa forma, utilizam-se instrumentos baseados na percepção humana com fatores de correção para a iluminação e as respostas visuais (PEARSON; DUTSON, 1994).

O sistema CIELAB trabalha com diagramas de cromaticidade que são aplicadas na indústria, onde três coordenadas são determinadas:  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  (Ibidem).

O valor de  $L^*$  determina a posição do ponto do eixo vertical, representando a luminosidade da amostra, o valor de  $a^*$ , o ponto sobre o eixo verde (-) / vermelho (+) e o valor  $b^*$  corresponde o ponto sobre o eixo azul (-) / amarelo (+). (Imagem 3). Na área de carnes e derivados, como as cores verdes e azuis não são comuns, os eixos  $a^*$  e  $b^*$  são referidos como “índice de vermelho” e “índice de amarelo) respectivamente (RAMOS; GOMIDE, 2017).

Figura 4 - Representação tridimensional do diagrama de cromaticidade CIELAB



Fonte: Konica Minolta Sensing Americas, Inc, 2020.

### 2.8.5 FORÇA DE CISALHAMENTO

Entende-se por força de cisalhamento a intensidade necessária aplicada pela mandíbula em um pedaço de carne com intuito de romper as miofibrilas até o ponto de deglutição, uma força maior utilizada para o cisalhamento indica maior dureza da carne o qual influência diretamente na maciez (MOURA et al., 2015).

---

A maciez é um atributo gustativo de maior influência na aceitação da carne pelos consumidores. A capacidade das fibras musculares se romperem com facilidade está inteiramente relacionada à idade, sexo, alimentação, genética e manejo pré-abate e pós-abate do animal (MOURA et al., 2015).

---

## REFERÊNCIAS

AGOSTINI, P. S.; SILVA, C. A.; BRIDI, A. M.; ABRAMI, R. A. M.; PACHECO, G. D.; LOZANO, A. P.; ... & VISENTAINER, J. V. **Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno**. Archivos de zootecnia, v. 60(231), p. 659-670, 2011.

ALEMANNI, A.; CAPODIECI, G. **Testing the limits of global food governance: the case of ractopamine**. European Journal of Risk Regulation, v. 3, n. 3, p. 400-407, 2012.

APPLE, J. K. et al. **Effects of Supplemental Manganese Source on the Pork Quality During Seven Days of Retail Display**. Arkansas, p. 156, 2004.

BERTOL, T. M. **Estratégias nutricionais para melhoria da qualidade da carne suína**. Embrapa Suínos e Aves-Capítulo em livro científico (ALICE), 2019.

BORAH, A. K. et al. **Adipose and non-adipose perspectives of plant derived natural compounds for mitigation of obesity**. Journal of Ethnopharmacology, v. 280, p. 114-410, 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Instrução Normativa Nº 51**, de 19 de dezembro de 2019. Disponível em: <[https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/instrucao-normativa-2019\\_51-anvisa.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/instrucao-normativa-2019_51-anvisa.pdf)>. Acesso em: 06 fev. 2022.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 42**, De 20 De Dezembro De 1999. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/documentos-da-pncrc/instrucao-normativa-sda-n-o-42-de-20-de-dezembro-de-1999.pdf>>. Acesso em: 06 fev. 2022.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Resultados Do Plano Nacional De Controle De Resíduos E Contaminantes - PNCRC 2020**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/ResultadosPNCRC2020Consolidado.20ago2021.pdf>>. Acesso em: 06 fev. 2022.

BRIDI, A. M. **Crescimento e desenvolvimento do tecido muscular**. Universidade Estadual de Londrina. Londrina-PR. Disponível em: <<http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Carnesecarcacasarquivos/Crescimentoedesevolvimentomuscular.pdf>>. 2006. Acesso em: 09 jun. 2008.

\_\_\_\_\_. **Importância dos Aspectos Físicos e Químicos na Qualidade da Carne**. Disponível em: <<http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Carnesecarcacasarquivos/Aspectos.pdf>>. V. 10, 2009.

Bridi, A. M., de Oliveira, A. R., da Fonseca, N. A., Coutinho, L. L., Hoshi, E. H., Borosky, J. C., & da Silva, C. A. **Efeito da ractopamina e do gênero no desempenho e na carcaça de suínos de diferentes genótipos halotano**. Semina: Ciências Agrárias, 29(3), 713-722, 2008.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. **Avaliação da carne suína**. Londrina: Midiograf, 2009.

\_\_\_\_\_. **Qualidade da carne suína e fatores que a influenciam**. ANAIS DO VI SIMPÓSIO BRASIL SUL DE SUINOCULTURA E V BRASIL SUL PIG FAIR, p. 46, 2013.

BUSHBY, E. V.; DYE, L.; COLLINS, L. M. **Is Magnesium Supplementation an Effective Nutritional Method to Reduce Stress in Domestic Pigs? A Systematic Review**. Frontiers in veterinary science, p. 1100, 2021.

CAMACHO, S. et al. **Anti-obesity and anti-hyperglycemic effects of cinnamaldehyde via altered ghrelin secretion and functional impact on food intake and gastric emptying**. Scientific reports, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2015.

CHOI, S. W. et al. **1002 A plant extract with manganese, Vali MP®, decreased adipogenesis in 3T3-L1 pre-adipocytes by modulating adipogenic gene expression and cellular energy level**. Journal of Animal Science, v. 94, n. suppl\_5, p. 480-480, 2016.

CHOI, S. W.; PARK, M.; KWAK, M.; LEE, J.; WHANG, K. **ValiMP, a mixture of phytogetic compounds with manganese, reduces abdominal fat in broilers**. Journal of Animal Science, 96, 290-291. 2018.

CODEX ALIMENTARIUS. **MAXIMUM RESIDUE LIMITS (MRLs) AND RISK MANAGEMENT RECOMMENDATIONS (RMRs) FOR RESIDUES OF VETERINARY DRUGS IN FOODS**. Disponível em: <<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXM%2B2%252FMRL2e.pdf>>. Acesso em: 06 fev. 2022.

DE OLIVEIRA ROÇA, R. **MODIFICAÇÕES POST-MORTEM**. Disponível em: <<https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/Teses/Roca105>>. Acesso em: 15 mai. de 2022.

DUKES, H. H.; SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes fisiologia dos animais domésticos**. Editora Guanabara Koogan, 2017.

ELMES, C. A. et al. **Effects of ractopamine plus amino acids on growth performance, carcass characteristics, meat quality, and ractopamine residues of finishing pigs**. Cienc. Inv. Agr., Santiago, v. 41, n. 3, p. 297-308, dic. 2014.

FÁVERO, J. A.; BELLAVER, C.. **Produção de carne de suínos**. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes. São Pedro^ eSP SP: ITAL, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2001.



---

GOFF, J. P. Minerais. In: REECE, W. O. **Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos**. 13. ed. – Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

GUIMARÃES, J. L.; ADELL, E. A. A. **Estrutura e bioquímica do músculo**. Apostila do Laboratório de carnes. Departamento de tecnologia animal, FEA, Unicamp, 1995.

HUANG, B. et al. **Cinnamaldehyde prevents adipocyte differentiation and adipogenesis via regulation of peroxisome proliferator-activated receptor- $\gamma$  (PPAR $\gamma$ ) and AMP-activated protein kinase (AMPK) pathways**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 59, n. 8, p. 3666-3673, 2011.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica**: Guanabara Koogan, 2013.

KLEIN, B. G. **Cunningham Tratado de Fisiologia Veterinária**. 6. ed. Guanabara Koogan, São Paulo, 596p, 2021.

LANNA, D. P. D.; HAYASHI, A.; JOSÉ, A. AFBV. **NUTRIENTES, HORMÔNIOS E GENES: EXEMPLOS DA REGULAÇÃO E OPORTUNIDADES PARA ALTERAR A SÍNTESE DE GORDURA**. In: 2a Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína- 5 de novembro a 6 de Dezembro de 2001 — Concórdia, SC, Brasil- pagina 278- 292.

LIPINSKI, K. et al. **Effects of magnesium on pork quality**. Journal of Elementology, v. 16, n. 2, 2011.

LIU, X.; GRANDY, D. K.; JANOWSKY, A. **Ractopamine, a livestock feed additive, is a full agonist at trace amine-associated receptor 1**. Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics, v. 350, n. 1, p. 124-129, 2014.

MACHADO, O. D. **Desempenho e qualidade da carne de suínos suplementados com magnésio e creatina no período pré-abate**. 2007.

MARCHANT-FORDE, J. N.; LAY JR, D. C.; PAJOR, E. A.; RICHERT, B. T.; SCHINCKEL, A. P. **The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs**. Journal of Animal Science, 81(2), 416-422. 2003.

MARZZOCO, A; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

MOODY, D. E. et al. **Phenethanolamine repartitioning agents**. Farm animal metabolism and nutrition, p. 65-96, 2000.

MOURA, J. W. F.; MEDEIROS, F. M.; ALVES, M. G. M.; BATISTA, A. S. M. **Fatores influenciadores na qualidade da carne suína**. Revista Científica de Produção Animal, 17(1), 18-29. 2015.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Porto Alegre: Artmed, 2014.

NETO, J. G. O. et al. **Treatment with cinnamaldehyde reduces the visceral adiposity and regulates lipid metabolism, autophagy and endoplasmic reticulum stress in the liver of a rat model of early obesity.** The Journal of nutritional biochemistry, v. 77, p. 108321, 2020.

NRC. **NUTRIENTS REQUIREMENTS OF SWINE.** 2012

ONISHCHENKO, G. G.; POPOVA, A. Y.; TUTEL'YAN, V. A.; ZAITSEYA, N. V., KHOTIMCHENKO, S. A.; GMOSHINSKII, I. V.; ... KIR'YANOV, D. A. **About the human health safety estimation of ractopamine intake together with the food.** Annals of the Russian academy of medical sciences, 68(6), 4-8. 2013.

PALMA, S. F. **Transformação do músculo em carne:** influência na qualidade da carne. 2017.

PARK, M. Y. et al. 353 **A plant extract with manganese, Vali MP, promotes myotube hypertrophy in mouse C2C12 skeletal muscle cells.** Journal of Animal Science, v. 95, n. suppl\_4, p. 175-175, 2017.

PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products.** Springer, 1994.

PROENÇA, A. R. G.; SERTIE, R. A. L.; OLIVEIRA, A. C.; CAMPAN, A. B.; CAMINHOTTO, R. O.; CHIMIN, P.; LIMA, F.B. **New concepts in white adipose tissue physiology.** Brazilian journal of medical and biological research, v. 47, p. 192-205, 2014.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes:** Fundamentos e metodologias. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2017.

ROSA, R. A. **Ractopamina para suínos em terminação.** 2009. Seminário (Pós-graduação em Ciência Animal) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do sul. 2009.

ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J. **Factors of significance for pork quality—a review.** Meat science, v. 64, n. 3, p. 219-237, 2003.

SANCHES, J. F. **Níveis de ractopamina nas dietas de suínos machos castrados na fase de terminação.** 2009.

SARCINELLI, M. F; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. da. **Características da carne suína.** Espírito Santos, 2007.

SARJEANT, K.; STEPHENS, J. M. **Adipogenesis.** Cold Spring Harbor perspectives in biology, v. 4, n. 9, p. a008417, 2012.

SCHINCKEL, A. P.; RICHERT, B. T.; KENDALL, D. C. **Modeling the response to paylean and dietary lysine requirements.** v. 19, n. 6, p. 08, 2000. Disponível em: <<http://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday00/14.pdf>>.

---

SILVA, C. A. **Aditivos, promotores de crescimento e repartidores de nutrientes em suínos.** In: Associação Brasileira de Criadores de Suínos. Produção de Suínos: Teoria e Prática. Coordenação editorial. Associação Brasileira de Criadores de Suínos; Coordenação Técnica da Integral Soluções em Produção Animal. Brasília, 2014.

\_\_\_\_\_. **Consumo dos Suínos.** In: VIEIRA, S. L. Consumo e Preferência Alimentar dos Animais Domésticos. Londrina. Phytobiotics Brasil. 2010.

SPINOSA, H. S.; GÓRNIAC, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária.** 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

---

### 3. AVALIAÇÃO DE UM COMPOSTO FITOGÊNICO COM MINERAIS COMO UM POSSÍVEL ALTERNATIVO À RACTOPAMINA PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO

Abstract: The objective of this work was to evaluate the effect of a phytogetic compound for pigs in the growing and finishing phases as a possible substitute for ractopamine. A total of 140 pigs with an average initial weight of 48.8 kg  $\pm$  5.9 kg were used, distributed in a randomized block design, in a 3X 2 factorial scheme (control diet (CONT), diet with inclusion of 2.5 kg per ton of a phytogetic compound (PC), and diet with 10 ppm of ractopamine (RAC), and two sexes: gilts and barrows), distributed in eight pens per treatment. The performance parameters were measured, and, at the end of the experimental period, the animals were slaughtered for carcass characteristics and pork quality analysis. The animals consuming RAC showed a better feed conversion, 4% improvement in relation to the group with the PC ( $p < 0.05$ ). For daily weight gain, the animals supplemented with the PC showed 4.46% lower gain compared to RAC, and 3% greater gain compared to the CONT ( $p < 0.05$ ). The animals that consumed the PC showed 5.6% lower shear force of the pork ( $p < 0.05$ ) in relation to the CONT group and 29% lower in relation to the RAC group. The TBARS value presented a significant difference ( $p < 0.05$ ), the CONT group was 29% higher than the RAC, and the PC was 15.5% higher than the RAC. For chroma, the pork of the RAC group was 14% lower than the CONT group and 10.3% less than the PC. There was no significant difference for the carcass parameters. It was concluded that the pigs in the ractopamine group presented the best performance; however, the phytogetic compound can be used against ractopamine's restriction because it improves daily weight gain and promotes a softer and less pale meat when compared with ractopamine.

**Keywords:** performance; pork; swine

---

### 3.1. INTRODUÇÃO

As exigências crescentes do mercado consumidor para uma carne segura, nutritiva e agradável sensorialmente representam uma das principais motivações para o aprimoramento do setor (BRIDI e SILVA, 2009). Aliado às questões de qualidade de carne, buscam-se alternativas para a máxima otimização econômica na produção.

Entre as ferramentas que podem ser utilizadas para um aumento de carne magra na carcaça estão a genética, a nutrição, e a utilização de modificadores de carcaça (DONZELE, ABREU e ORLANDO, 2001)

Para otimizar a eficiência de produção, a ractopamina, uma substância sintética e beta-adrenérgica, é um aditivo é usado para melhorar o desempenho de crescimento e características de carcaça (SILVA, 2010), que tem potencial para aumentar eficiência do crescimento muscular (SCHINCKEL, RICHERT e KENDALL, 2000).

Entretanto, a utilização da ractopamina causa controvérsia acerca dos efeitos nos suínos, visto que, de acordo com estudos, os animais tendem a ser mais suscetíveis ao estresse, pela ação sobre a frequência cardíaca e perfil das catecolaminas (MARCHANT-FORDE, 2003). Em revisão realizada por Ritter et al. (2017), os autores concluem que o produto torna difícil o manuseio dos suínos, aumentando o seu comportamento agressivo. Por outro lado, estudos indicam que a ractopamina não causa impacto sobre o bem-estar do animal (PIERO, 2011).

De acordo com Onishchenko et al. (2013), em relação ao consumo de animais suplementados com ractopamina, há uma preocupação sobre a saúde humana devido ao risco de distúrbios cardiovasculares. Nesse sentido, as controvérsias sobre o aditivo dividem os mercados. Mais de 160 países já proibiram o uso da ractopamina, enquanto outros países consideram seu uso seguro (PACELLE, 2014), seguindo as diretrizes da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), que adota os limites máximos estabelecidos pelo Codex Alimentarius. No entanto, com o objetivo de continuar atendendo os principais mercados consumidores, buscam-se alternativas para a retirada da ractopamina sem perdas no desempenho e qualidade da carne.

---

Entre as alternativas possíveis estão os aditivos fitogênicos, como flavonóides, alcalóides, taninos, entre outros que apresentam efeitos benéficos na saúde intestinal, capacidade antioxidante e melhoria de digestibilidade. Devido a esses efeitos, esses tipos de aditivos naturais podem ser estudados como ferramentas para melhorar o desempenho e a qualidade da carne suína.

Outra opção para melhorar a qualidade da carne suína é a utilização de alguns minerais, pois podem atuar como cofatores de enzimas ou também reduzir o estresse nos animais, como manganês ou magnésio, respectivamente.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de um composto fitogênico comercial com minerais e a ractopamina para suínos em crescimento e terminação no desempenho e qualidade da carne.

## **3.2. MATERIAL E MÉTODOS**

Todos os procedimentos envolvendo o manuseio dos animais foram conduzidos sob aprovação do comitê de ética no uso de animais (CEUA) da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos- FZEA, da Universidade de São Paulo, com o número de aprovação: CEUA 7390020421.

### **3.2.1 COMPOSTO FITOGÊNICO E MINERAIS**

O composto fitogênico utilizado foi fornecido pela empresa Idena Animal Nutrition, sob o nome comercial Vali MP®. A fórmula é composta por cinamaldeído: 10 g/kg, óxido de magnésio: 70 g/kg e manganês orgânico: 10 g/kg.

### **3.2.2 DESENHO EXPERIMENTAL E FÓRMULAS**

O experimento foi realizado na unidade experimental de criação de suínos da Universidade de São Paulo durante 69 dias. Foram utilizados 140 suínos da raça Danbred (fêmeas e machos castrados), com peso médio de  $48,6 \pm (5,9)$  kg e 97 dias de idade. O delineamento foi em blocos casualizados em esquema fatorial 3X2 (dieta

---

controle, dieta com inclusão de 2,5 kg de composto fitogênico e dieta com 10 ppm de ractopamina (últimos 28 dias de ensaio) e 2 sexos: (fêmeas e machos castrados).

O alojamento ocorreu em baias com três animais cada, em quatro baias foram alojados dois animais em cada. O fornecimento de água e ração foi *ad libitum*. Para análise de desempenho, as baias foram consideradas uma unidade experimental com um total de oito baias por tratamento. As dietas experimentais consistiram de dietas comerciais compostas por diferentes tratamentos, da seguinte forma: dieta controle (CONT), dieta com inclusão de 2,5 kg por tonelada de ração de composto fitogênico (CF) e dieta com inclusão de ractopamina (RAC). Os níveis nutricionais foram ajustados ao longo do experimento, atendendo as exigências nutricionais dos animais. Assim, o período foi dividido em crescimento (15 dias), terminação 1 (26 dias) e terminação 2 (28 dias).

Os animais do grupo RAC consumiram a mesma ração do grupo CONT durante as fases de crescimento e terminação 1. Na fase terminação 2 foi incluído o aditivo ractopamina com ajustes de aminoácidos (Tabela 1). Ao final de cada fase, os animais foram pesados individualmente, assim como as sobras dos comedouros.

Tabela 1 - Dietas utilizadas na avaliação: Ração Crescimento, Terminação 1, Terminação 2 e a adição dos aditivos: Composto fitogênico (CF) e Ractopamina (RAC)

Ingredients	Unidade	Ração Crescimento	Ração Crescimento CF	Ração Terminação 1	Ração Terminação 1 PC	Ração Terminação 2	Ração Terminação 2 PC	Ração Terminação 2 RAC
Milho	kg/ton	728	728	760	760	790	790	727,5
Farelo de soja	kg/ton	237	237	213	213	187	187	237
Óleo de soja	kg/ton	10	10	7	7	5	5	10
RAC <sup>1</sup>	kg/ton							0,5
PC <sup>2</sup>	kg/ton		2,5		2,5		2,5	
Px C <sup>3</sup>	kg/ton	25						
Px T <sup>4</sup>	kg/ton			20				
PX T II <sup>5</sup>	kg/ton					18		
PX T-II RAC <sup>5</sup>	kg/ton							25
Nutrientes	Unit							
Umidade	%	11,98	11,98	12,08	12,08	12,14	12,14	11,98
Matéria Seca	%	86,72	86,72	86,78	86,78	86,74	86,74	86,67
Proteína Bruta	%	17,00	17,00	16,00	16,00	15,00	15,00	17,00
Extrato Etéreo	%	4,01	4,01	3,82	3,82	3,71	3,71	4,01
Fibra Bruta	%	2,73	2,73	2,64	2,64	2,53	2,53	2,73
Calcio	%	0,57	0,57	0,49	0,49	0,44	0,44	0,57
Fósforo Total	%	0,40	0,40	0,36	0,36	0,34	0,34	0,40
Fósforo disp	%	0,28	0,28	0,24	0,24	0,22	0,22	0,28
Energia Met	kcal/kg	3350,00	3350,00	3350,00	3350,00	3350,00	3350,00	3350,00
Lisina dig	%	0,9270	0,9270	0,8100	0,8100	0,7000	0,7000	0,9270
Metionina dig	%	0,2905	0,2905	0,2400	0,2400	0,2241	0,2241	0,2905
Met + Cis dig	%	0,5470	0,5470	0,4866	0,4866	0,4599	0,4599	0,5470
Treonina dig	%	0,6030	0,6030	0,5425	0,5425	0,5103	0,5103	0,6030
Triptofano dig	%	0,1850	0,1850	0,1600	0,1600	0,1413	0,1413	0,1850
Ractopamina	ppm							10,00

1 Ractopamina; 2 Composto Fitogênico; 3 PX crescimento: composição - Caulim, Calcário Calcítico, Fosfato Bicálcico, Sal Comum, DL-Metionina, L-Lisina, L-Treonina, L-Triptofano, Vitamina A, Vitamina D3, Vitamina E, Vitamina K3, Vitamina B1, Vitamina B2, Vitamina B6, Vitamina B12, Ácido Nicotínico, Pantotenato de Cálcio, Ácido Fólico, Biotina, Sulfato de Ferro, Sulfato de Cobre, Sulfato de Zinco, Sulfato de Manganês, Iodato de Cálcio, Selenito de Sódio, Fitase, Xilanase + Beta Glucanase, Bacitracina Metileno Disalicilato; 4 PX Terminação I: composição - Caulim, Calcário Calcítico, Fosfato Bicálcico, Sal Comum, DL-Metionina, L-Lisina, L-Tripiofano, Vitamina A, Vitamina D3, Vitamina E, Vitamina K3, Vitamina B1, Vitamina B2, Vitamina B6, Vitamina B12, Ácido Nicotínico, Pantotenato de Cálcio, Sulfato de Zinco, Sulfato de Manganês, Iodato de Cálcio, Selenito de Sódio, Fitase, Xilanase + Beta Glucanase, Bacitracina Metileno Disalicilato; 5 PX Terminação II: composição - Caulim, Calcário Calcítico, Fosfato Bicálcico, Sal Comum, DL-Metionina, L-Lisina, L-Treonina, L-Tiptofano, Vitamina A, Vitamina D3, Vitamina E, Vitamina K3, Vitamina B1, Vitamina B2, vitamina B6, vitamina B12, ácido nicotínico, pantotenato de cálcio, ácido fólico, biotina, sulfato de ferro, sulfato de cobre, sulfato de zinco, sulfato de manganês, iodato de cálcio, selenito de sódio, fitase, xilanase + Beta Glucanase, Bacitricina Metileno Disalicilato. Px Terminação II e Terminação II Rac tinham os mesmos ingredientes.

### 3.2.3 ANÁLISES DE CARÇAÇA

Ao final do experimento, os animais foram submetidos a jejum de 12 horas e encaminhados para abate em frigorífico comercial (SISP). O abate ocorreu por meio de atordoamento por corrente elétrica e posterior sangria nos grandes vasos. Posteriormente, foram escaldados, depilados, eviscerados e as carcaças cerradas



---

longitudinalmente e pesadas. Com base no peso de abate, o rendimento de carcaça foi calculado de acordo com Bridi e Silva, (2009).

As variáveis espessura de toucinho, profundidade de músculo e porcentagem de carne magra foram medidas por meio de uma sonda Hennessy GP4/GP7, onde um sensor óptico percebe uma cor clara, que corresponde à gordura, da mesma forma que capta uma cor escura, que corresponde à fração muscular. A análise ocorreu na altura da última costela, mesmo ponto onde foi realizada a medição do pH 45 min após o abate.

Para análise de carcaça, todos os animais foram avaliados, e cada animal foi considerado uma unidade experimental.

#### 3.2.4 QUALIDADE DE CARNE

As carcaças foram armazenadas em câmara fria por 24 h, após este período foram selecionadas cinco carcaças por tratamento dos animais com maior peso de abate. Uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* foi retirada para medir pH, cor, perda por gotejamento, perda de água por cocção, força de cisalhamento e TBARS.

Amostras de músculo *Longissimus dorsi* foram seccionadas em uma subamostra de 2,5 cm de espessura, que foi utilizada para avaliação de pH, cor, perdas por cozimento e análise de força de cisalhamento. Outra subamostra de 1,5 cm foi dividida ao meio e utilizada para análise de oxidação lipídica e perda por gotejamento.

Amostras de oxidação lipídica foram colocadas em bandejas de poliestireno contendo papel absorvente, embrulhadas em filme plástico permeável ao oxigênio e deixadas por três dias sob condições simuladas de nova exposição (2 °C e iluminação de 1000 lux).

#### 3.2.5 COR E PH

Após a obtenção da amostra de 2,5 cm, eles foram oxigenados por 30 min a 4°C. Em seguida, foi realizada uma avaliação objetiva da cor da carne utilizando o

---

Sistema CIELab (1986), utilizando um espectrofotômetro portátil, modelo CM2500d (Konica Minolta Brasil, São Paulo, Brasil) com iluminantes e ângulo de observação de 10°. Os valores finais de L\* (luminosidade), a\* (intensidade do vermelho) e b\* (intensidade do amarelo) de cada amostra foram obtidos pela média dos três valores. Imediatamente após, o pH de cada amostra foi medido com um medidor de pH digital portátil (Hanna Instrumentos – modelo HI99163, São Paulo, Brasil). Além disso, os valores de croma e ângulo Hue foram calculados de acordo com Bridi e Silva, 2009.

### 3.2.6 PERDAS POR COCÇÃO E FORÇA DE CISALHAMENTO

Após a medição de cor e pH, as amostras foram pesadas e assadas em forno elétrico industrial (Modelo F130/L—Fornos Elétricos Flecha de Ouro Ind. E Com. Ltda., São Paulo, Brasil) equipado com termostato a 170°C. A temperatura interna das amostras foi monitorada por meio de termômetros individuais. Quando chegaram a uma temperatura interna de 40° C, as amostras foram viradas e permaneceram na estufa até atingindo uma temperatura interna de 71°C, conforme recomendado pela American Meat Science Associação, (2015).

As amostras foram mantidas em temperatura ambiente até que resfriassem a 25°C, quando eles foram pesados novamente para determinar as perdas de cozimento (perdas de cozimento eram calculadas como porcentagem do peso inicial).

Em seguida, as amostras foram envolvidas em filme plástico e colocadas em geladeira (4 a 6°C) por 12 h, e então seis a oito cilindros (1,27 cm de diâmetro) foram removidos cada amostra, paralelamente às fibras para determinar a força de cisalhamento usando a textura TMS-PRO equipamento analisador (Food Technology Corporation, Sterling, VA, EUA) acoplado a um dispositivo de cisalhamento Warner-Bratzler com velocidade ajustada em 200 mm/min (AMSA, 2015). A força de cisalhamento de cada amostra foi considerada como a média das repetições.

### 3.2.7 PERDAS POR GOTEJAMENTO

Aproximadamente 50 gramas das subamostras foram pesadas, suspensas em sacos inflados, assegurando que a amostra não entrasse em contato com o saco, e foram mantidas em refrigeração (4°C) por 24 horas conforme proposto por Honikel

---

(1998). Após 24 horas, as amostras foram novamente pesadas e as perdas por gotejamento foram expressas como percentagem do peso inicial.

### 3.2.8 OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Ao final dos três dias de exposição simulada de varejo, foram novamente realizadas análises de pH e cor, conforme descrito acima, e, em seguida, as amostras foram testadas para quantificação das substâncias reativas ao ácido Tiobarbitúrico (TBARS). Para esta análise, cinco gramas de amostras foram homogeneizadas com ácido tricloroacético (TCA) em ultraturrax, filtradas, homogeneizadas com ácido tiobarbitúrico (TBA) e incubadas em banho-maria por 40 minutos, a 100°C, para a determinação do ácido tiobarbitúrico (TBARS), de acordo com a metodologia proposta por Vyncke (1975) e modificada por Sorensen e Jorgensen, 1996.

Preparou-se, também, uma curva padrão com oito pontos, utilizando-se uma solução de tetraetoxipropano de concentração conhecida para obtenção da concentração de malonaldeído nas amostras a partir da equação fornecida pela curva. As leituras de absorvância foram realizadas no comprimento de onda de 532 nm e 600 nm. Os resultados foram expressos em µg malonaldeído/kg amostra.

### 3.2.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi utilizado o software SAS 9.4 (SAS/STAT, SAS Institute Inc., Cary, NC) para a análise, no qual todos os dados foram submetidos ao teste Shapiro Wilk para confirmação de normalidade dos resíduos.

Os dados foram submetidos a ANOVA, na análise de desempenho a baía foi considerada uma unidade experimental, e, para as análises de carcaça e qualidade de carne, cada animal foi considerado uma unidade experimental. O modelo incluiu o peso inicial dos leitões (bloco) e os fatores (dieta e sexo).

Para as análises de desempenho o seguinte modelo foi utilizado:

$$y_{kij} = m + b_j + A_k + B_l + (AB)_{kl} + e_{kij}.$$

Onde:

- $Y$  é a variável resposta,
- $m$  é a média geral do experimento,
- $b_j$  é o efeito do bloco

- $A_k$  é o fator A, com k níveis: efeito do sexo com 2 níveis,
- $B_l$  é o fator B, com l níveis: efeito da dieta com 3 níveis,
- $(AB)_{kl}$  é a interação entre os fatores,
- $e_{klj}$  é o erro associado a observação  $y_{klj}$

Para as análises de qualidade de carne e carcaça foi utilizado o modelo

$$y_{klj} = m + A_k + B_l + (AB)_{kl} + e_{klj}.$$

Onde:

- Y é a variável resposta,
- m é a média geral do experimento,
- $A_k$  é o fator A, com k níveis: efeito do sexo com 2 níveis,
- $B_l$  é o fator B, com l níveis: efeito da dieta com 3 níveis,
- $(AB)_{kl}$  é a interação entre os fatores,
- $e_{klj}$  é o erro associado a observação  $y_{klj}$

Se  $H = 0$ : considera-se que todas as médias são iguais,

Se  $H \neq 0$ : pelo menos uma média é diferente das demais, nesse caso aplicou-se o teste de Tukey a um nível de significância de 5%.

### 3.3. RESULTADOS

#### 3.3.1 DESEMPENHO

Com base nos resultados observados na Tabela 2, para todos os parâmetros avaliados, não houve interação entre dieta e sexo. Nas fases em que foram utilizadas apenas duas rações, do crescimento à terminação 1, houve não houve diferença significativa para os parâmetros de desempenho. Na 2ª fase de terminação, quando a ractopamina foi incluída no tratamento RAC, os animais apresentaram uma conversão alimentar 4,5% menor em relação ao grupo CONT e 4,4% menor em relação ao grupo CF ( $p < 0,05$ ).

Os suínos do grupo RAC apresentaram GPD 4,4% maior em relação ao CF, e este último apresentou GPD 3% maior em relação ao CONT ( $p < 0,05$ ). Para os índices zootécnicos do período avaliado de 1 a 69 dias, não houve diferença significativa no peso final dos animais ( $p > 0,05$ ). A eficiência alimentar foi 4,4% maior no grupo RAC

quando comparado aos demais tratamentos ( $p < 0,05$ ), que não diferiram estatisticamente.

Em relação às fêmeas e machos castrados, durante a terminação 1 e terminação 2, os machos tiveram maior consumo diário de ração em relação às fêmeas ( $p < 0,01$ ), bem como maior ganho de peso diário. Os animais apresentaram peso final estatisticamente diferente, onde os machos pesaram 6,7% mais do que as fêmeas ( $p < 0,01$ ) ao final do período experimental. Quando avaliados os parâmetros de 1 a 69 dias, os machos apresentaram maior conversão em relação às fêmeas, 6,22% ( $p < 0,01$ ). As fêmeas consumiram 14,6% menos ração do que os machos ( $p < 0,01$ ) e tiveram ganho de peso diário 9% menor.

Tabela 2. Desempenho dos suínos suplementados com diferentes aditivos ao longo do período (valores expressos em kg).

Variável	CONT	CF	RAC	Fêmea	Macho	SEM	Dieta	p-Valor	
								Sexo	Dieta X Sexo
n	16	16	16	24	24				
Crescimento—1 a 15 dias									
<sup>1</sup> CRD	2,36	2,35	2,37	2,22 <sup>b</sup>	2,50 <sup>a</sup>	42,200	0,988	0,001	0,906
<sup>2</sup> GPD	1,17	1,17	1,15	1,11 <sup>b</sup>	1,22 <sup>a</sup>	18,700	0,920	0,002	0,747
<sup>3</sup> CA	2,03	2,035	2,05	2,02	2,05	0,028	0,898	0,600	0,719
<sup>4</sup> EA	0,60	0,50	0,49	0,50	0,49	0,007	0,884	0,460	0,761
Peso 15 dias	66,20	65,80	66,10	64,50	67,60	0,950	0,988	0,119	0,963
Terminação I—16 a 41 dias									
CRD	2,81	2,85	2,85	2,58 <sup>b</sup>	3,09 <sup>a</sup>	50,300	0,852	<0,001	0,749
GPD	1,03	1,09	1,09	1,00 <sup>b</sup>	1,15 <sup>a</sup>	16,700	0,135	<0,001	0,407
CA	2,71	2,63	2,62	2,61	2,70	0,030	0,366	0,115	0,143
EA	0,37	0,38	0,38	0,39	0,37	0,004	0,395	0,152	0,148
Peso 41 dias	93,03	94,10	94,50	90,40 <sup>b</sup>	97,40 <sup>a</sup>	1,130	0,857	0,002	0,802
Terminação 2—42 a 69 dias									
CRD	2,96	3,06	3,07	2,80 <sup>b</sup>	3,25 <sup>a</sup>	60,430	0,627	<0,001	0,480
GPD	1,02 <sup>c</sup>	1,06 <sup>b</sup>	1,19 <sup>a</sup>	1,06	1,12	22,400	0,040	0,149	0,356
CA	2,60 <sup>a</sup>	2,91 <sup>b</sup>	2,61 <sup>a</sup>	2,67 <sup>a</sup>	2,94 <sup>b</sup>	0,054	0,019	0,007	0,491
EA	0,35 <sup>b</sup>	0,35 <sup>c</sup>	0,39 <sup>a</sup>	0,38 <sup>a</sup>	0,35 <sup>b</sup>	0,007	0,018	0,007	0,656
Peso final	121,70	123,70	127,70	120,00 <sup>a</sup>	128,70 <sup>b</sup>	1,260	0,071	<0,001	0,625
Período total—1 a 69 dias									
CRD	2,756	2,825	2,833	2,583 <sup>b</sup>	3,027 <sup>a</sup>	43,600	0,527	<0,001	0,907
GPD	1,059 <sup>c</sup>	1,092 <sup>b</sup>	1,143 <sup>a</sup>	1,045 <sup>b</sup>	1,151 <sup>a</sup>	13,400	0,006	<0,001	0,429
CA	2,597 <sup>b</sup>	2,587 <sup>b</sup>	2,479 <sup>a</sup>	2,472 <sup>a</sup>	2,636 <sup>b</sup>	0,025	0,050	<0,001	0,627
EA	0,387 <sup>b</sup>	0,387 <sup>b</sup>	0,405 <sup>a</sup>	0,406 <sup>a</sup>	0,381 <sup>b</sup>	0,004	0,043	<0,001	0,701

1 CRD – consumo médio diário de ração; 2 GPD—ganho de peso médio diário; 3 CA—conversão alimentar, 4 EA—eficiência alimentar. Inclusão de 10 ppm de ractopamina na 2ª fase de terminação. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa a 5% no teste de Tukey.

### 3.3.2 CARACTERÍSTICAS DA CARÇAÇA

Para os parâmetros avaliados (Tabela 3), não houve interação entre sexo e dietas. Os animais que consumiram as diferentes dietas não diferiram estatisticamente entre si. ( $p > 0,05$ ). No entanto, os machos apresentaram uma carcaça com rendimento 0,93% superior em relação às fêmeas ( $p < 0,01$ ).

Tabela 3. Efeitos dos tratamentos sobre as características da carcaça

Variável	CONT	CF	RAC	Fêmeas	Machos	SEM	p-Valor		
							Dieta	Sexo	Dieta x Sexo
n	46	47	47	71	69				
Rendimento %	78,77	78,86	79,24	78,59 <sup>b</sup>	79,32 <sup>a</sup>	0,140	0,352	0,010	0,331
<sup>1</sup> ET, mm	14,75	14,33	14,61	14,34	14,79	0,270	0,814	0,410	0,554
<sup>2</sup> PM, mm	46,10	49,40	48,90	47,80	48,50	0,870	0,246	0,656	0,908
<sup>3</sup> Carne %	56,05	56,63	56,42	56,46	56,27	0,170	0,377	0,590	0,603

<sup>1</sup>ET—espessura de toucinho; <sup>2</sup>PM—profundidade de musculo; <sup>3</sup>Carne—carne magra: (% Carne =  $K1 - (K2 * ET) + (K3 * PM)$ ). Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa a 5% no teste de Tukey.

### 3.3.3 QUALIDADE DA CARNE - 24 H APÓS O ABATE

Entre as variáveis avaliadas, não houve interação entre dieta e sexo quanto parâmetros relacionados à qualidade da carne (Tabela 4).

Nos resultados relacionados à qualidade da carne 24 h após o abate, houve diferença ( $p < 0,05$ ) para o parâmetro relacionado à intensidade da cor vermelho ( $a^*$ ) entre os três tratamentos. Os animais que consumiram a dieta controle apresentaram maior intensidade de vermelho na carne, 9,4% acima dos animais do grupo CF e 23% acima dos animais que consumiram o tratamento RAC.

Para a força de cisalhamento, os animais do grupo CF apresentaram valor 5,6% menor em relação ao grupo CONT e 29% menor em relação ao grupo RAC ( $p < 0,05$ ).

Em relação ao sexo, as fêmeas apresentaram coloração de carne 11% maior para o parâmetro  $a^*$  e 7,53% menor para  $b^*$  ( $p < 0,05$ ).

Tabela 4. Efeito de diferentes tratamentos na qualidade da carne (*Longissimus dorsi*) 24 h após o abate.

Variável	CONT	CF	RAC	Fêmeas	Machos	SEM	Dieta	p-Valor	
								Sexo	Dieta X Sexo
n	10	10	10	15	15				
pH 45 min	7,27	7,24	7,31	7,35	7,20	0,070	0,925	0,322	0,217
pH 24 h	5,72	5,78	5,81	5,75	5,79	0,020	0,350	0,365	0,886
<sup>1</sup> FC (N)	39,10 <sup>b</sup>	37,00 <sup>c</sup>	48,00 <sup>a</sup>	42,30	40,40	1,710	0,023	0,558	0,962
<sup>2</sup> PC %	23,10	22,30	23,30	23,60	22,10	0,890	0,909	0,431	0,588
<sup>3</sup> PG %	2,26	1,94	2,01	2,11	2,03	0,200	0,799	0,834	0,309

<sup>1</sup> FC: força de cisalhamento; <sup>2</sup> PC: perda por cocção, <sup>3</sup> PG: perda por gotejamento. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença de 5% no teste de Tukey

### 3.3.4. VIDA DE PRATELEIRA DA CARNE - 3 DIAS APÓS O ABATE

Nas análises realizadas, não houve interação entre sexo e tratamento (Tabela 5). As amostras avaliadas apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para a intensidade do amarelo (b\*): o grupo CONT apresentou 3,8% maior intensidade de amarelo na carne em relação ao o grupo CF e 13,8% maior intensidade de amarelo quando comparado ao grupo RAC.

Tabela 5. Efeitos de diferentes tratamentos na vida de prateleira da carne (*Longissimus dorsi*) armazenada após 3 dias.

Variável	CONT	CF	RAC	Fêmea	Macho	SEM	p-Valor		
							Dieta	Sexo	Dieta X Sexo
n	10	10	10	15	15				
pH 3 d	5,73	5,72	5,77	5,71	5,77	0,02	0,483	0,144	0,517
Cor L* 24 h	51,30	51,80	50,10	49,89	52,20	0,640	0,520	0,083	0,889
Cor a* 24 h	11,60 <sup>a</sup>	10,60 <sup>b</sup>	9,41 <sup>c</sup>	9,98 <sup>b</sup>	11,09 <sup>a</sup>	0,280	0,001	0,014	0,273
Cor b* 24 h	16,28 <sup>a</sup>	15,68 <sup>b</sup>	14,30 <sup>c</sup>	14,86 <sup>b</sup>	15,98 <sup>a</sup>	0,260	0,001	0,005	0,281
Valor chroma 24 h	19,89 <sup>a</sup>	18,93 <sup>a</sup>	16,99 <sup>b</sup>	17,91 <sup>b</sup>	19,43 <sup>a</sup>	0,379	0,001	0,128	0,308
Angulo hue 24 h	54,67	56,01	56,89	56,28	55,38	0,379	0,053	0,206	0,377
Cor L* 3 d	58,13	57,92	58,59	57,65	58,76	0,380	0,759	0,158	0,312
Cor a* 3 d	12,23 <sup>a</sup>	11,76 <sup>b</sup>	10,59 <sup>c</sup>	11,44	11,61	0,230	0,005	0,649	0,084
Cor b* 3 d	14,15 <sup>a</sup>	13,73 <sup>b</sup>	12,52 <sup>c</sup>	13,54	13,39	0,190	<0,001	0,626	0,284
Valor Chroma 3 d	18,68 <sup>a</sup>	18,08 <sup>a</sup>	16,36 <sup>b</sup>	17,73	17,70	0,300	0,002	0,961	0,177
Angulo hue 3 d	49,29	49,46	49,94	49,91	49,16	0,314	0,680	0,224	0,089
<sup>1</sup> TBARS µg/kg	1,67 <sup>c</sup>	1,49 <sup>b</sup>	1,29 <sup>a</sup>	1,53	1,44	0,050	0,010	0,359	0,424

<sup>1</sup> Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico. Letras diferentes na mesma linha indicam uma diferença significativa a 5% no teste de Tukey.

Para o valor de croma, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre o grupo RAC e os demais tratamentos. O grupo RAC apresentou 17% menos saturação de cor da carne do que Grupo CONT e 11,4% menos saturação quando comparado ao grupo CF. Nas amostras analisadas três dias após o armazenamento, o grupo CONT apresentou uma carne com índice a\* 4% maior em relação ao grupo CF e 15% maior em relação ao grupo grupo RAC.

Em relação ao índice b\*, os animais do grupo CONT apresentaram intensidade 3% maior de amarelo em relação ao grupo CF e 13% em relação ao grupo RAC ( $p < 0,05$ ). Para o valor de croma, o grupo de tratamento RAC apresentou 18,67% menos saturação contra CONT ( $p < 0,05$ ) e apresentou resultado 10,5% menor que o grupo CF.

Para os valores de TBARS, os animais do grupo RAC apresentaram valor inferior ao grupo CF, representando menos de 15% em relação a ele. Em relação aos



animais do grupo CONT, o valor foi 29% maior do que o grupo RAC. Os três tratamentos diferiram entre si estatisticamente ( $p < 0,05$ ).

Para os parâmetros de vida de prateleira, os machos e fêmeas apresentaram, diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na cor  $a^*$ ,  $b^*$  e valor de croma para amostras

analisadas 24 h após o abate. Após três dias de abate, não houve diferença entre os tratamentos.

### **3.4. DISCUSSÃO**

#### **3. 4.1. DESEMPENHO**

De acordo com Moody et al. (2000), em relação à ractopamina, a ligação do beta-agonista se conecta a receptores específicos nas células musculares e adiposas. Na primeira, a síntese de proteínas aumenta, pois, a deposição de tecido magro requer menos energia, e neste último, sinais bioquímicos diminuem a deposição de gordura. O resultado é um animal mais magro que aproveita melhor a ração consumida.

Resultados semelhantes foram encontrados por Elmes et al. (2014), com melhor ganho de peso diário ( $p < 0,05$ ) e maior eficiência alimentar ( $p < 0,01$ ), com suplementação de 10 ppm de ractopamina. Assim, espera-se que os animais que consomem ractopamina apresentem uma melhor conversão alimentar e uma carcaça com menor teor de gordura. Portanto, os resultados observados neste trabalho sobre conversão alimentar corroboram com as informações citadas pelos autores.

Em relação ao ganho de peso diário do CF comparado ao grupo CONT, o produto tem efeito hipertrófico no músculo (PARK et al., 2017), além de promover redução adipogênese. Portanto, o produto tem potencial para promover o crescimento magro em suínos na fase de terminação (CHOI et al., 2016)

Em um estudo realizado em frangos de corte, Choi et al. (2018) testaram uma mistura comercial de compostos fitogênicos chamado Vali MP® com diferentes inclusões e os resultados mostraram que a inclusão de 0,125% do produto comercial aumentou o ganho de peso diário ( $p < 0,05$ ) quando comparado ao grupo controle.

---

Ao testar compostos fitogênicos no desempenho de suínos em terminação, Luo et al. (2020), testando 80 mg de cinamaldeído na dieta dos animais, observou maior ganho médio diário ( $p < 0,05$ ) em relação ao grupo controle. Da mesma forma, Li et al. (2016) determinaram ótima a inclusão de 0,04% de um extrato de pinheiro que aumentou o ganho de peso diário dos animais em 14,7% em comparação com uma inclusão de 0,06% ( $p < 0,05$ ). Korniewicz et al. (2007) encontraram maior peso final e ganho de peso diário ( $p < 0,05$ ) dos animais suplementados com 0,05% de extrato de lúpulo em uma dieta básica.

Estudos realizados com diferentes compostos fitogênicos são semelhantes a este trabalho quanto aos resultados de ganho de peso diário encontrados, indicando que o uso de compostos fitogênicos pode trazer uma melhora no desempenho de suínos suplementados com esses aditivos.

No que tange os resultados encontrados entre machos castrados e fêmeas, os hormônios andrógenos produzidos nos testículos, como a testosterona, estimulam o crescimento muscular, retenção de nitrogênio e fósforo, além de contribuir para a distribuição dos nutrientes da síntese de gordura subcutânea para outras partes do corpo, melhorando a conversão alimentar e promovendo melhor desempenho (TONIETTI, 2008).

Suínos submetidos à castração cirúrgica têm suas gônadas sexuais retiradas, assim, segundo para Bridi, (2006), machos castrados são mais precoces para depositar gordura corporal do que fêmeas. Portanto, esta condição reflete em uma pior conversão alimentar e consumo de ração em relação ao sexo feminino (FÁVERO e BELAVER, 2001).

#### 3.4.2. CARACTERÍSTICAS DA CARÇAÇA

Nas variáveis relacionadas à característica de carcaça, os animais não apresentaram diferenças significativas entre os parâmetros de espessura de toucinho, profundidade de músculo e rendimento de carcaça.

Agostini et al. (2011) trabalharam com dois níveis diferentes de ractopamina e não encontraram diferença para espessura de toucinho e profundidade de músculo; no entanto, os autores observaram uma resposta quadrática para rendimento de carcaça.

---

Dávila-Ramírez et al. (2020) realizaram um estudo no qual os animais foram suplementados com duas inclusões diferentes de um extrato vegetal e, após analisar as carcaças, não encontrou diferença significativa para espessura de toucinho, profundidade de músculo e porcentagem de carne magra.

### 3.4.3. QUALIDADE DA CARNE - 24 H APÓS O ABATE E 3 DIAS DE ARMAZENAMENTO

Os resultados mostram que, tanto no grupo RAC quanto no CF, o pH inicial não é afetado 24h após o abate. Entre os fatores que podem contribuir para um pH mais alto ou mais baixo estão os estresse pré-abate, jejum prolongado ou animais com alto conteúdo de glicogênio muscular (BRIDI, 2006).

Com base nos resultados, observa-se que os tratamentos não afetaram os parâmetros citados. Leonardo, (2008) não observou efeito da ractopamina no pH inicial e final na carcaça do animal, nem observou qualquer diferença entre os sexos. Em um estudo realizado por Oliveira, (2016), animais que consumiram 10 ppm de ractopamina por 28 dias não apresentaram diferença no pH inicial; machos que consumiram ractopamina tiveram um pH mais baixo em comparação com fêmeas após 24 h. Hanczakowska et al (2017) não encontraram diferença significativa em suínos suplementados com extrato de ervas em pH inicial e coloração após 24 h.

A carne suína com valor  $a^*$  menor é menos vermelha, o que não é interessante para a aceitação dos consumidores (CAMPOS, SCOTTÁ e OLIVEIRA, 2013). Alternativamente, valores de  $b^*$  mais baixos podem estar relacionados a maior estabilidade oxidativa de gordura intramuscular (JOO et al., 2002). Em relação ao valor de croma, a carne do grupo RAC apresentou um menor valor em relação aos demais tratamentos com 24 h e três dias após o abate. Os resultados sugerem uma redução na concentração de oximioglobina resultando em carne de cor mais clara (RAMOS e GOMIDE, 2017) no grupo RAC. Os resultados são semelhantes aos encontrados por Lima (2017) e Stella (2007) ao fornecerem ractopamina para suínos.

Quanto à redução da oxidação lipídica, Hanczakowska et al. (2017) testou um extrato de composto de alcachofra, aipo, beterraba, cebola, alho, espinafre, abacate, aveia e salsa em suínos. A análise TBARS foi realizada 24 h após o abate, e não houve diferença. As amostras foram armazenadas por 5 meses, após esse período

---

avaliadas novamente, os animais que consumiram o extrato vegetal apresentaram menor valor ( $p < 0,05$ ) de TBARS, indicando um menor grau de oxidação.

Polifenóis (como taninos e flavonóides) e óleos essenciais são as principais frações e componentes bioativos em plantas, com propriedades antioxidantes naturais (MUNEKATA et al, 2020). De acordo com Hanczakowska et ai. (2017), os lipídios são particularmente suscetíveis à oxidação e, portanto, pode-se supor que os extratos de ervas protegem os ácidos graxos do dano oxidativo devido ao seu potencial antioxidante.

Outro ponto que pode contribuir para melhora na coloração e redução da oxidação está relacionada aos efeitos na redução da deposição lipídica relacionada ao uso de ractopamina.

As dietas não promoveram diferença significativa na perda de água por gotejamento e cocção, possivelmente porque não afetaram os processos bioquímicos envolvidos na transformação do músculo em carne, nem promoveu nenhum tipo de estresse ao animal na fase pré-abate.

Como Brustolini et al. (2019) que testaram 10 ppm de ractopamina em suínos castrados e imunocastrados, não observou diferença significativa para retenção hídrica e capacidade e perda de água durante o cozimento em ambos os tratamentos.

Da mesma forma, Li et al. (2016) avaliaram diferentes inclusões de um extrato fitogênico, composto de flavonóides, compostos fenólicos, alcalóides, tanino, terpeno e saponina, na capacidade de retenção de água no 3º e 6º dias após o abate, e não houve diferença entre os tratamentos.

O aumento da força de cisalhamento dos animais que consomem ractopamina pode ser explicado pelo aumento da expressão gênica da calpastatina (LEONARDO, 2008), o que reforça os resultados encontrados em nosso trabalho, onde os animais suplementados com ractopamina apresentaram maior força de cisalhamento.

### **3. 5. CONCLUSÕES**

Com base nos resultados, concluiu-se que os suínos suplementados com ractopamina tiveram o melhor desempenho do que com os outros tratamentos, pelo fato de melhorar o ganho de peso diário e conversão alimentar. No entanto, para os

---

mercados que recomendam a retirada de ractopamina da suinocultura, o composto fitogênico pode ser um substituto, pois melhora o ganho de peso diário em relação a uma dieta controle.

Além disso, o composto fitogênico não é um produto sintético, portanto, não há restrições relacionadas ao uso deste aditivo. Além disso, o composto fitogênico produz carne com características desejáveis, como melhora na maciez, importante característica sensorial para oferecer ao mercado. Nesse sentido, este produto tem potencial como aditivo amigável ao consumidor e pode ser preferível à ractopamina que apresenta uma carne com maior força de cisalhamento

## REFERÊNCIAS

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.; et al. **Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno**. Archivos de Zootecnia. 2011, 60, 659–670.

AMSA. **Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat**, 2nd ed.; American Meat Science Association Champaign: Kansas, IL, USA, 2015.

BRIDI, A.M. **Crescimento E Desenvolvimento Do Tecido Muscular**; Universidade Estadual de Londrina: Londrina, Paraná, Brasil, 2006; disponível online: <http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Carnesecarcacasarquivos/Crescimentodesenvolvementomuscular.pdf> (Acessado em 9 de junho 2008).

BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Avaliação da Carne Suína**; Midiofgraf: Londrina, Brazil, 2009.

CAMPOS, P.F.; SCOTTÁ, B.A.; DE OLIVERIA, B.L. **Influência da ractopamina na qualidade da carne de suínos**. Rev. Bras. Agropecuária Sustentável. 2013, 3, 164–172.

CHOI, S.; PARK, M.; KWAK, M.; LEE, J.; WHANG, K. **ValiMP, a mixture of phytogetic compounds with manganese, reduces abdominal fat in broilers**. Journal Animal Science. 2018, 96, 290–291

CHOI, S.W.; KIM, J.; JUNG, S.W.; WHANG, K.Y. **1002 A plant extract with manganese, Vali MP®, decreased adipogenesis in 3T3-L1 pre-adipocytes by modulating adipogenic gene expression and cellular energy level**. Journal Animal Science. 2016, 94, 480.

Codex Alimentarius. **Maximum Residue Limits (mrls) and Risk Management Recommendations (rmrs) for Residues of Veterinary Drugs in Foods**. Disponível online: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXM%2B2%252FMRL2e.pdf> (acessado em 6 de Fevereiro 2022).

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). **Colorimetry**, 2nd ed.; Publication no. 15.2; CIE: Vienna, Austria, 1986.

DÁVILA-RAMÍREZ, J.L.; MUNGUÍA-ACOSTA, L.L.; MORALES-CORONADO, J.G.; GARCÍA-SALINAS, A.D.; GONZÁLEZ-RÍOS, H.; CELAYA-MICHEL, H.; SOSA-COSTAÑEDA, J.; SÁNCHEZ-VILLALBA, E.; ANAYA-ISLAS, J.; BARRERA-SILVA, M.A.; et al. **Addition of a mixture of plant extracts to diets for growing-finishing pigs on growth performance, blood metabolites, carcass traits, organ weight as**

---

**a percentage of live weight, quality and sensorial analysis of meat.** *Animals*. 2020, 10, 1229.

de OLIVERIA, S.R. **Efeito da adição de ractopamina e da imunocastração na carne in natura de suínos.** Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2016.

DONZELE, J.L.; ABREU, M.L.T.; ORLANDO, U.A.D. **Exigências Nutricionais e Qualidade de Carcaça de Suínos de Diferentes Sexos.** Anais...II Conferência Internacional Virtual Sobre Qualidade de Carne Suína, Concórdia, Brazil, 5 Novembro– 6 Dezembro de 2001.

ELMES, C.A.; BUSTAMANTE, O.H.; GONZÁLEZ, F.; LARRAÍN, R.E.; GANDARILLAS, M. **Effects of ractopamine plus amino acids on growth performance, carcass characteristics, meat quality, and ractopamine residues of finishing pigs.** *Ciencia e Investigación Agraria*. 2014, 41, 97–308.

FÁVERO, J.A.; BELLAVÉ, C. **Produção de carne de suínos.** Anais... Congresso Brasileiro de Ciência E Tecnologia de Carnes, Campinas, Brasil, 23–25 outubro de 2001.

HANCZAKOWSKA, E.; ŚWIATKIEWICZ, M.; GRELA, E.R. **Effect of dietary supplement of herbal extract from hop (*Humulus lupulus*) on pig performance and meat quality.** *Czech J. Anim. Sci.* 2017, 62, 287–295.  
Honikel, K.O. Reference Methods for the Assessment of Physical Characteristics of Meat. *Meat Science*. 1998, 49, 447–457.

KORNIEWICZ, D.; RÓZANSKI, H.; USYDUS, Z.; DOBRZANSKI, Z.; KORNIEWICZ, A.; KACZMAREK, P.; FRANKIEWICZ, A.; SZULC, K. **Efficiency of plant extracts [Herbiplant CS] in pigs fattening.** *Polish Journal Food Nutrition Science*. 2007, 57, 309–315.

LEONARDO, E.F. **A Expressão Da Isoforma de Calpastatina Responsiva à Ractopamina Altera a Maciez Da Carne, Com Implicações na Eficiência de Crescimento de Suínos.** Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2008.

LI, H.L.; ZHAO, P.Y.; LEI, Y.; HOSSAIN, M.; KANG, J.; KIM, I.H. **Dietary phytoncide supplementation improved growth performance and meat quality of finishing pigs.** *Asian-Australas. Journal Animal Science*. 2016, 29, 1314.

LUO, Q.; LI, N.; ZHENG, Z.; CHEN, L.; MU, S.; CHEN, L.; LIU, Z.; YAN, J.; SUN, C. **Dietary cinnamaldehyde supplementation improves the growth performance, oxidative stability, immune function, and meat quality in finishing pigs.** *Livestock Science*. 2020, 240, 104–221.

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

---

MOODY, D.E.; HANCOCK, D.L.; ANDERSON, D.B. **Phenethanolamine repartitioning agents**. *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. 2000, 2000, 65–96.

MORAES, E.; KIEFER, C.; SILVA, I.S. **Ractopamina em dietas para suínos machos imunocastrados, castrados e fêmeas**. *Ciência Rural*. 2010, 40, 379–384.

ONISHCHENKO, G.G.; POPOVA, A.Y.; TUTEL'YAN, V.A.; ZAITSEVA, N.V.; KHOTIMCHENKO, S.A.; GMOSHINSKII, I.V.; Sheveleva, S.A.; Rakitskii, V.N.; Shur, P.Z.; Lisitsyn, A.B.; et al. **About the human health safety estimation of ractopamine intake together with the food**. *Ann. Russian Academy Medical Sciences*. 2013, 68, 4–8.

PACELLE, W. **Banned in 160 Nations, why is ractopamine in US Pork?** LiveScience. 2014.

PARK, M.Y.; CHOI, S.W.; JUNG, S.W.; WHANG, K.Y. **353 A plant extract with manganese, Vali MP, promotes myotube hypertrophy in mouse C2C12 skeletal muscle cells**. *Journal Animal Science*. 2017, 95, 175.

RITTER, M.J.; JOHNSON, A.K.; BENJAMIN, M.E.; CARR, S.N.; ELLIS, M.; FAUCITANO, L.; CALVO-LORENZO, M.S. **Effects of Ractopamine Hydrochloride (Paylean) on welfare indicators for market weight pigs**. *Transl. Animal Science*. 2017, 1, 533–558.

SCHINCKEL, A.P.; RICHERT, B.T.; KENDALL, D.C. **Modeling the Response to Paylean and Dietary Lysine Requirements**. *Purdue University, Swine Day*. 2000, Volume 19, p. 8. Available online: <http://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday00/14.pdf> (acessado em 21 de maio de 2022). *Animals*. 2022, 12, 2311 11 of 12

SØRENSEN, G.; JØRGENSEN, S.S. **A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products**. *Zeitschrift Lebensm. Unters. Forsch.* 1996, 202, 205–210.

TONIETTI, A.P. **Avaliações Do Desempenho Zootécnico, Qualidade Da Carcaça E Carne Em Suíno Macho Inteiro Imunocastrado**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2009; p. 083809.

VYNCKE, W. **Evaluation of direct thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in mackerel**. *Fette Seifen Anstrichm.* 1975, 77, 239–240.