



RODRIGO DE LIMA DOMINGOS

**USO DE ADITIVO FITOGÊNICO EM SISTEMA DE
PRODUÇÃO SEM O USO DE RACTOPAMINA PARA SUÍNOS**

**LAVRAS-MG
2019**

RODRIGO DE LIMA DOMINGOS

**USO DE ADITIVO FITOGÊNICO EM SISTEMA DE PRODUÇÃO SEM O
USO DE RACTOPAMINA PARA SUÍNOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Não Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Márcio Gilberto Zangeronimo
Orientador

Prof. Vinicius de Souza Cantarelli
Prof. Ana Paula Peconick
Coorientadores

**LAVRAS – MG
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Domingos, Rodrigo de Lima.

Uso de aditivo fitogênico em sistema de produção sem o uso de ractopamina para suínos / Rodrigo de Lima Domingos. - 2019.
48 p. : il.

Orientador(a): Márcio Gilberto Zangeronimo.

Coorientador(a): Vinicius de Souza Cantarelli, Ana Paula Peconick.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Beta adrenérgico. 2. Extratos de plantas. 3. Saúde intestinal.
I. Zangeronimo, Márcio Gilberto. II. Cantarelli, Vinicius de Souza.
III. Peconick, Ana Paula. I Título.

RODRIGO DE LIMA DOMINGOS

**USO DE ADITIVO FITOGÊNICO EM SISTEMA DE PRODUÇÃO SEM
O USO DE RACTOPAMINA PARA SUÍNOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Não Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovado em 11 de julho de 2019.

Prof. Dr. Vinicius de Souza Cantarelli

UFLA

Prof. Dr. Níkolás de Oliveira Amaral

IFSULDEMINAS

Prof. Márcio Gilberto Zangeronimo

Orientador

**LAVRAS-MG
2019**

*À Deus por ter me dado forças,
E me sustentado até aqui.
Aos meus pais por todo apoio e amor.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me sustentar e ter dado forças todos os dias para chegar até aqui.

Aos meus pais, Luiz Fernandes Domingos e Vilma Pereira de Lima Domingos, por todo amor e apoio durante essa fase.

Aos meus irmãos, André Luiz de Lima Domingos e Fernando Luiz de Lima Domingos, por toda experiência, paciência e ternura.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), por proporcionar todo conhecimento que pude obter nesses anos, sendo o Departamento de Zootecnia um dos responsáveis pelo excelente ensino.

Ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia por todo conhecimento, experiências e crescimento profissional que me proporcionou.

Ao meu orientador, Prof. Marcio Gilberto Zangeronimo, pela oportunidade do trabalho em conjunto, pelos ensinamentos que me proporcionou e pela constante paciência na orientação.

Ao meu Coorientador Prof. Vinicius de Souza Cantarelli por todo apoio, ensinamentos, oportunidades e sabedoria transmitidas.

Aos Profs. Rony Antônio Ferreira e Roberto Maciel de Oliveira, por todo apoio e orientação, tanto na graduação quanto no mestrado.

Ao Núcleo de Estudo em Suinocultura (NESUI), que me proporcionou grandes experiências e aprendizado.

À linha de pesquisa ASIH (*Animal Science and Intestinal Health*), onde pude refinar meus conhecimentos e todos amigos integrantes.

Aos meus amigos, Jorge Yair Peres Palencia, Luiz Felipe Leal de Melo, Sudário Roberto, Bethânia Souza e Charles Miller Ribeiro, por todo apoio e ternura durante esse período, e Lucas Misson Zerlotini e Tom Bastiaansen, pelo suporte durante os trabalhos do experimento e conhecimentos compartilhados.

Agradeço à toda minha família e amigos pelo apoio e incentivo durante essa jornada.

À minha mãe, Vilma Pereira de Lima Domingos por todo amor e suporte. Ao meu pai, Luiz Fernandes de Lima Domingos pelos ensinamentos. Aos meus irmãos, André Luiz de Lima Domingos e Fernando Luiz de Lima Domingos por toda experiência, ternura e paciência durante todo meu período de graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro e concessão da bolsa de estudo.

RESUMO

Objetivou-se com esse estudo comparar os efeitos da ractopamina e de um aditivo fitogênico comercial sobre o desempenho e características de carcaça, bem como as características microbiológicas e morfométricas intestinais de suínos em terminação. Sessenta fêmeas suínas com idade aproximada de 70 dias e peso inicial de $32,0 \text{ kg} \pm 2,6 \text{ kg}$ foram distribuídas em delineamento em blocos ao acaso (peso inicial) com três tratamentos e dez repetições de dois animais por baia. Os tratamentos consistiram em uma dieta controle (T1), uma dieta com 15 ppm de ractopamina fornecida nos 21 dias que antecederam o abate (T2) e uma dieta com 100 g/ton de aditivo fitogênico comercial a base de carvacrol, timol e cinemaldeído fornecida durante todo o período experimental, que foi de 100 dias. A RAC aumentou ($P < 0,02$) o peso final e ganho de peso dos animais, reduziu ($P < 0,01$) a conversão alimentar e proporcionou ($P < 0,05$) maiores pesos de carcaça quente e fria e maior área de olho de lombo. Comparado ao controle, o aditivo fitogênico não influenciou ($P > 0,05$) o desempenho e as características de carcaça dos animais. Não houve diferenças ($P > 0,05$) nas características microbiológicas e morfológicas do jejuno, nem na incidência de diarreia dos animais. Conclui-se que a RAC é capaz de melhorar o desempenho e as características de carcaça de suínos em terminação de maneira superior aos aditivos fitogênicos, sem influenciar a microbiota e a morfometria de mucosa intestinal. O aditivo fitogênico comercial utilizado não conferiu nenhum benefício à produção na fase de crescimento e terminação.

Palavras-chave: Beta adrenérgico, Extratos de plantas, Saúde intestinal, Suinocultura, Produção animal.

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the effects of ractopamine and a commercial phytogetic additive on the performance and carcass characteristics, as well as the microbiological and morphometric characteristics of finishing pigs. Sixty female pigs with an approximate age of 70 days and initial weight of $32.0 \text{ kg} \pm 2.6 \text{ kg}$ were distributed in a randomized complete block design with three treatments and ten replicates of two animals per pen. The treatments consisted of a control diet (T1), a diet of 15 ppm of ractopamine supplied in the 21 days before to slaughter (T2) and a diet with 100 g / ton of commercial phytogetic additive based on carvacrol, thymol and cinemaldehyde supplied throughout the experimental period, which was 100 days. RAC increased ($P < 0.02$) the final weight and weight gain of the animals, reduced ($P < 0.01$) the feed conversion ratio and provided higher ($P < 0.05$) weights of hot and cold carcass and larger area of loin eye. Compared to the control, the phytogetic additive did not influence the performance and carcass characteristics of the animals ($P > 0.05$). There were no differences ($P > 0.05$) in the microbiological and morphological characteristics of the jejunum nor in the incidence of diarrhea in the animals. It is concluded that the RAC is able to improve performance and carcass traits of pigs in termination in a superior way to the phytogetic additives, without influencing the microbiota and morphometry of intestinal mucosa. The commercial phytogetic additive used did not confer any production benefit in growing and finishing phase.

Keywords: Animal production, Beta adrenergic, Intestinal health, Plant extracts, Swine breeding.

USO DE ADITIVO FITOGÊNICO EM SISTEMA DE PRODUÇÃO SEM O USO DE RACTOPAMINA PARA SUÍNOS

Elaborado por Rodrigo de Lima Domingos e orientado por **Márcio Gilberto Zangeronimo**

Na produção animal, os aditivos são utilizados tanto para melhorar a sanidade quanto o desempenho dos animais. No entanto, dois dos aditivos mais estudados e utilizados na produção animal seguem uma tendência de restrição quanto ao seu uso, o cloridrato de ractopamina e os antibióticos utilizados como promotores de crescimento. A ractopamina é um aditivo o qual melhora o desempenho dos animais por meio de seu mecanismo de ação direcionando os nutrientes para rotas de deposição muscular em detrimento à gordura. Já os aditivos fitogênicos vêm sendo amplamente estudados como melhoradores da saúde intestinal que pode refletir no desempenho dos animais. Com a restrição na utilização da ractopamina e dos antibióticos, avaliamos a utilização de um aditivo fitogênico comercial em substituição ao cloridrato da ractopamina e seus efeitos no desempenho, qualidade de carcaça e saúde intestinal. Foi avaliado variáveis de desempenho, como o ganho de peso, consumo e a conversão alimentar, assim como variáveis de qualidade de carcaça, saúde intestinal e incidência de diarreia. De forma geral, os achados neste trabalho mostraram que a RAC é capaz de melhorar o desempenho e as características de carcaça de suínos em terminação de maneira superior aos aditivos fitogênicos, sem influenciar a microbiota e a morfometria de mucosa intestinal. O aditivo fitogênico comercial utilizado não conferiu nenhum benefício à produção na fase de crescimento e terminação

Dietas experimentais	➔	Ractopamina	Fitogênico
Ganho de peso		+	SA
Peso Final		+	SA
Conversão alimentar		+	SA
Características de carcaça		+	SA
Microbiologia e morfometria intestinal		SA	SA

SA – Sem alteração

Figura1. Efeito da utilização de cloridrato de ractopamina e aditivo fitogênico no desempenho, saúde intestinal e qualidade de carcaça de suínos em fase de crescimento e terminação.

Dissertação de mestrado em Zootecnia na UFLA, defendida em 11 de julho, 2019.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Estrutura química da ractopamina..... 15
- Figura 2 - Mecanismos de transformação do sinal do agonista β -adrenérgico ao receptor de membrana acoplado à proteína G. Gs=Proteína; AC=Adenilato ciclase; ATP = adenosina trifosfato; AMPc =Adenosina monofosfato cíclica; PKA=Proteína quinase A. Adaptado de Moody et al. (2000)17
- Figura 3 - Estrutura química do timol (a) e carvacrol (b).....21

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Efeito da utilização de cloridrato de ractopamina em relação ao tratamento controle sobre o ganho de peso diário (GPD) e a conversão alimentar (CA) de suínos em fase de terminação.....18
- Tabela 2 - Composição calculada na matéria natural, das dietas experimentais.....46
- Tabela 3 - Desempenho dos 70 aos 170 dias de idade e características de carcaça de suínos que receberam dietas com ractopamina ou com aditivo fitogênico.....47
- Tabela 4 - Características microbiológicas e morfológicas do jejuno e incidência e diarreia de suínos em crescimento e terminação, recebendo dietas com ractopamina ou com aditivo fitogênico.....48

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	14
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 Ractopamina.....	15
2.1.1 Mecanismo de ação	15
2.1.2 Efeitos da ractopamina na suinocultura.....	17
2.1.3 Restrição do uso da ractopamina.....	19
2.2 Aditivos fitogênicos.....	20
3. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	23
REFERÊNCIAS	24
SEGUNDA PARTE - ARTIGO CIENTÍFICO - Uso de aditivo fitogênico em sistema de produção sem o uso de ractopamina para suínos.....	31
1. INTRODUÇÃO.....	32
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3. RESULTADOS	38
4. DISCUSSÃO.....	38
5. CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS	42

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO

A busca por soluções para aumentar a eficiência de produção e qualidade de carcaça de suínos e, ao mesmo tempo, que visem a sustentabilidade, é uma realidade que vem sendo estudada para atender as necessidades de consumidores. Dentre as diferentes possibilidades de melhorar o aproveitamento dos nutrientes da dieta, está a utilização da ractopamina (RAC).

A RAC é uma substância partidora de nutrientes, atuando no redirecionamento dos mesmos para a síntese proteica e reduzindo a síntese de lipídeos, melhorando as características da carcaça dos animais. Inúmeros trabalhos mostram a influência da RAC sobre o desempenho de suínos em fase de terminação em sistemas de produção intensiva de suínos (PULS et al., 2015; RICKARD et al., 2017; SUN et al., 2018). Embora grande parte dos países que importam carne suína permitam a utilização do cloridrato de ractopamina na dieta dos animais, alguns países como a Rússia, China e países do bloco europeu exigem animais provenientes de dietas ausentes de ractopamina. Sendo assim, o uso de outros aditivos capazes de conferir efeitos benéficos à suinocultura também tem sido largamente estudados, tais como os aditivos fitogênicos.

O objetivo principal dos aditivos fitogênicos é melhorar a saúde intestinal dos animais, principalmente em situações onde o uso de antibióticos como promotores de crescimento foi banido. Os aditivos fitogênicos são compostos derivados de plantas que possuem potencial de controlar o desenvolvimento microbiano no trato gastrintestinal e melhorar o desempenho dos animais. Seus mecanismos de ação ainda não estão completamente compreendidos, porém, já foi demonstrado que podem melhorar a palatabilidade e aumentar secreções enzimáticas, além de possuírem atividades antioxidante e antimicrobiana.

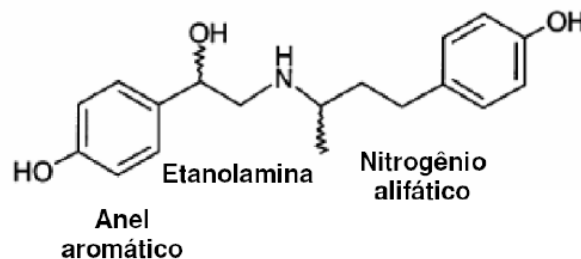
Devido às características dos diferentes aditivos utilizados na suinocultura, a comparação dos efeitos proporcionados por cada um deles é necessária para a tomada de decisão. Dessa forma, objetiva-se com esse estudo comparar os efeitos da ractopamina e de um aditivo fitogênico comercial sobre o desempenho e características de carcaça, bem como as características microbiológicas e morfométricas intestinais de suínos em terminação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ractopamina

A RAC é uma feniletanolamina (Figura 1) agonista beta adrenérgico repartidor de nutrientes. Atua no redirecionamento da energia ingerida para maiores taxas de síntese proteica, o que pode ser traduzido em maior crescimento do tecido muscular (AGOSTINI, 2011).

Figura 1. Estrutura química da ractopamina



Fonte: Adaptado de SMITH (1998).

O cloridrato de ractopamina foi aprovado pela *U.S Food and Drug Administration* (FDA) em 2000 (FDA, 2000). Desde então, essa substância tem sido empregada em dietas de suínos como aditivo, principalmente na fase de terminação, tanto para melhorar as características de desempenho dos animais, como as características de carcaça (MERSMANN et al., 2002; RATHMANN et al., 2009, 2012; CENTNER, 2014). Normalmente, é utilizada durante um período que pode variar de três a cinco semanas (MARQUES, 2018). Os efeitos da ractopamina podem ser influenciados por diferentes fatores, dentre eles, o nível de inclusão na dieta, a genética dos animais suplementados, o período de utilização e as características da dieta (SILVEIRA et al., 2015).

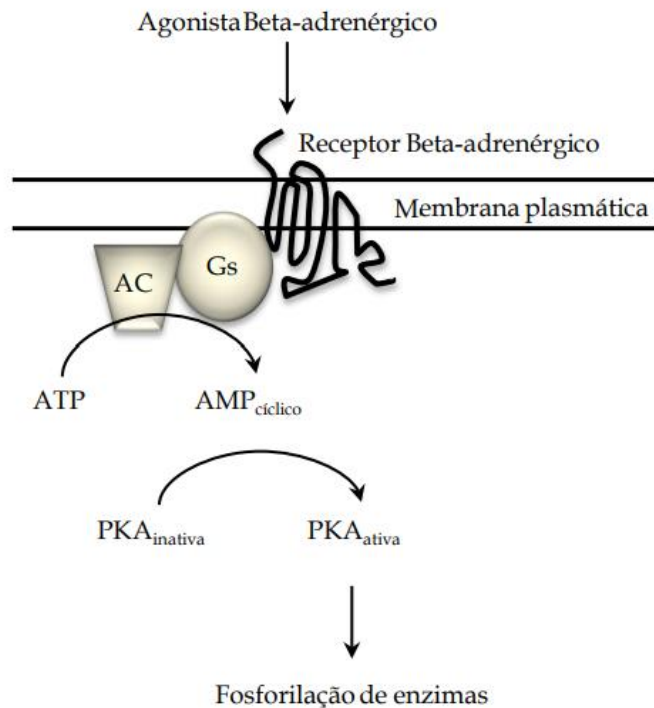
2.1.1 Mecanismo de ação

Na produção industrial de suínos, a ractopamina é utilizada principalmente pela sua ação como partidor de nutrientes, ou seja, como modificador do metabolismo animal. Sua

ação se resume no desvio de nutrientes para vias que favorecem a deposição de tecido de interesse zootécnico, como o muscular, e redução da deposição de gordura na carcaça.

Para que a ractopamina atue a nível tecidual, é necessário que ela se ligue aos receptores adrenérgicos que estão localizados na superfície da membrana das células (MILLS et al., 2003). Ao se ligar no receptor, a ractopamina forma um complexo agonista/receptor, o qual dá início a funções catalíticas e anabólicas, influenciando especialmente nas células musculares e adiposas. Os rearranjos conformacionais nas extremidades citoplasmáticas dos segmentos transmembrana dos receptores adrenérgicos ativados pelos agonistas permitem a ligação desses receptores com a proteína Gs localizada no interior da célula (Figura 2). No decorrer da formação do complexo agonista-receptor-proteína, a guanosina difosfato (GDP) é liberada da subunidade α da proteína Gs. Ocorre então uma alteração conformacional na molécula da proteína G que resulta na dissociação do complexo α GTP da subunidade $\beta\gamma$. O complexo α GTP induz uma modificação na fluidez da membrana celular que permite o seu deslocamento lateral. Ao entrar em contato com a enzima adenilato ciclase (AC), o α GTP altera a estrutura terciária dessa enzima, ativando-a (BARISIONE et al., 2010; MOURA; VIDAL, 2011; RASMUSSEN et al., 2011 ARAÚJO, 2012). Essa reação em cascata é responsável pela ativação do AMPc, que levará à fosforilação de enzimas que culminarão nos resultados seguintes. Ao serem fosforiladas, essas enzimas participam de respostas a nível celular, as quais incluem o aumento da gliconeogênese glicogenólise (MOODY, 2000; SZTALRYD et al., 2003; GRANNEMAN et al., 2007; DA SILVA, 2014).

Figura 2. Mecanismos de transformação do sinal do agonista β -adrenérgico ao receptor de membrana acoplado à proteína G. Gs=Proteína; AC=Adenilato ciclase; ATP = adenosina trifosfato; AMPc =Adenosina monofosfato cíclica; PKA=Proteína quinase A. Adaptado de Moody et al. (2000).



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

2.1.2 Efeitos da ractopamina na suinocultura

Diante dos mecanismos de ação da ractopamina mostrados anteriormente, diversos estudos têm avaliado a inclusão dessa substância em rações para suínos (PETERSON et al., 2015; RITTER et al., 2017). Os resultados mostram efeitos significativos em variáveis relacionadas com o desempenho e qualidade de carcaça de suínos na fase de terminação. Devido a exigência dos consumidores em relação a uma carcaça com menor teor de gordura, o peso de abate dos suínos não poderia ser superior a 100 kg de peso vivo. No entanto, a utilização do RAC foi uma das ferramentas utilizadas na tentativa de amenizar esse problema, refletindo no abate de animais mais pesados com melhores características de carcaça (CANTARELLI, 2014).

Diversos são os protocolos de inclusão da RAC. Esses podem variar de 21 a 28 dias antes do abate, podendo ser utilizada nas concentrações variando de 5 a 20 ppm. Esses níveis de inclusão na dieta, além de afetarem o desempenho, podem também afetar a quantidade de carne na carcaça (CORASSA et al., 2010; SILVEIRA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2013; ALMEIDA et al., 2013). Outro fator que pode influenciar no desempenho quando se é utilizado a ractopamina são os níveis nutricionais da dieta (MARINHO et al., 2007). De acordo com Lowe et al. (2014), a utilização de 5 ppm de RAC pode melhorar o desempenho e as características de carcaça reduzindo a quantidade de gordura, aumentando a musculatura e também o peso da carcaça.

Outros estudos também mostraram efeitos positivos da RAC no peso vivo, ganho de peso diário e melhor conversão alimentar sem apresentar efeitos sobre o consumo de ração diário (HERR et al., 2001; ARMSTRONG et al., 2004, SEE et al. 2005; APPLE et al., 2007; PATIENCE et al., 2009). Outros trabalhos mostraram melhorias no ganho de peso diário e conversão alimentar como mostrado na Tabela 1.

Tabela 2: Efeito da utilização de cloridrato de ractopamina em relação ao tratamento controle sobre o ganho de peso diário (GPD) e a conversão alimentar (CA) de suínos em fase de terminação.

Autor/ Ano	Níveis de inclusão	Melhoria (%)	
		GPD	CA
Watkins et al. (1990)	15 ppm	11,6	15,0
Stites et al. (1991)	10 ppm	7,7	8,9
Armstrong et al. (2005)	5 ppm	8,6	8,0
Patience et al. (2009)	5 ppm	12,9	12,5
Hinson et al. (2012)	5 ppm	25,0	22,3

Um trabalho conduzido por Park et al. (2018) mostrou que um programa de utilização de 10 ppm de ractopamina tem efeitos sobre o consumo de ração diário e conversão alimentar acumulada de suínos inteiros em fase de crescimento e terminação. Nesse mesmo estudo, os autores avaliaram o efeito da utilização da ractopamina em machos inteiros sobre a qualidade

de carcaça e observaram que a ractopamina afetou o peso de carcaça quente, a espessura de toucinho, o rendimento de carne magra e também a área de olho de lombo (*Longissimus dorsi*).

Um estudo meta-analítico mostrou que, independentemente da condição animal ou categoria sexual, a suplementação de até 20 ppm de ractopamina foi capaz de melhorar linearmente a maioria das características de crescimento (Pompeu et al., 2017). De acordo com Cantarelli et al. (2010), o impacto da utilização de ractopamina pode aumentar em 12% o ganho de peso diário e reduzir na mesma proporção a conversão alimentar na última fase de criação de suínos.

A análise econômica realizada por Holzback et al. (2018) mostrou uma tendência para maior lucro por unidade de peso quando suínos foram suplementados com cloridrato de ractopamina. Dessa forma, além dos resultados observados no desempenho dos animais, pode-se observar também o efeito econômico da utilização do cloridrato de ractopamina sobre a cadeia produtiva de suínos.

2.1.3 Restrição do uso da ractopamina

Grande parte dos países que importam carne suína brasileira permitem a utilização do cloridrato de ractopamina na dieta dos animais, porém, alguns países como a Rússia e países do bloco europeu exigem animais oriundos de dietas ausentes de ractopamina (MARQUES 2018). Em estudo realizado por Centner et al. (2014) e, de acordo com a FAO (2012), o JECFA (comitê misto de peritos em aditivos alimentares - OMS/FAO) definiu a ractopamina como uma substância utilizada como um medicamento veterinário para aumentar o desempenho de animais.

Apesar da ractopamina já ser aprovada pela FDA, há ainda a preocupação de que os agonistas β possam gerar algum tipo de risco à saúde humana. Essa preocupação se deve à falta de informações suficientes relacionadas à importação de animais que obtiveram acesso a ractopamina (BORIES et al., 2009). Em 1996, a ractopamina foi banida pela União Europeia antes mesmo de ser utilizada como promotor de crescimento na pecuária. Porém, não tinham sido realizados quaisquer estudos antes de colocá-la na lista de medicamentos veterinários proibidos (EU COUNCIL DIRECTIVE, 1996; BORIES et al., 2009).

Em 2010 o JECFA reavaliou dados fornecidos pela China em órgãos de suínos, visto que o país tem alto consumo dessa carne. Com o estudo, o comitê concluiu que os limites máximos de resíduos de medicamentos veterinários em alimentos (LMR) para músculo, fígado e gordura ainda estavam abaixo do limite superior da dose diária admissível (FAO, 2006, 2010b). Desde então, o Codex (Comissão do Códex Alimentarius) levou a ractopamina em discussão em diversas ocasiões, porém, sem levar o LMR definido pelo JECFA. No ano de 2012 esse limite foi adotado pela comissão para bovinos e suínos. Assim, o processo de votos da comissão resultou em uma maioria de 69 a 67 a favor da adoção do LMR (CODEX ALIMENTARIUS COMISSÃO, 2012). Mesmo diante do resultado, a União Europeia e alguns outros países se mostraram preocupados com o resultado diante da existência do risco da utilização da ractopamina na produção animal em relação à saúde humana (CODEX ALIMENTARIUS COMISSÃO, 2012). Dessa forma, o uso de outros aditivos também capazes de conferir efeitos benéficos à suinocultura tem sido largamente estudado.

2.2 Aditivos fitogênicos

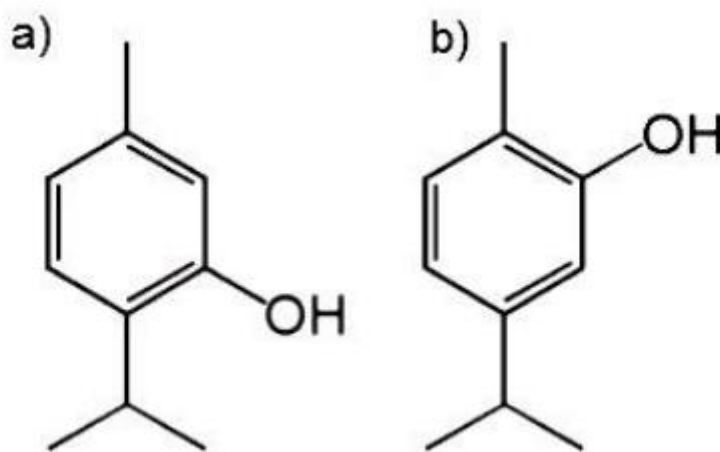
Na procura de substâncias com intuito de melhorar o desempenho e a saúde dos animais de produção, novas estratégias vêm sendo avaliadas em diversos estudos (YANG et al., 2015; NIKOLAS et al., 2018). Os óleos essenciais podem apresentar melhorias no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de leitões em fase de creche (FRANZ, BASER E WINDISCH, 2010). Além disso, com a tendência na redução dos aditivos antimicrobianos utilizados como promotor de crescimento na nutrição animal, a utilização de suplementos que atuem na saúde intestinal e com reflexos no desempenho cada vez mais vem sendo analisados. Li et al. (2012) observaram melhorias na consistência fecal de leitões, conseguindo equiparar ao uso de antibióticos.

Os aditivos fitogênicos são compostos derivados de plantas incorporadas à ração com a finalidade de melhorar a saúde e o desempenho dos animais (WINDISCH et al., 2008; SOTO et al., 2018). De acordo com Puvača et al. (2013), a utilização de compostos fitogênicos pode exercer efeitos positivos na digestibilidade e funções gastrointestinais em estudos realizados com frangos. O principal efeito dos óleos essenciais é sua atividade antimicrobiana, atuando sobre a membrana celular das bactérias, causando danos à membrana

citoplasmática, vazamento de conteúdo intracelular e apoptose celular (BEUCHAT CONNER, 1984; COX et al., 1998; HELANDER et al., 1998). Além disso, a estrutura dos óleos lipofílicos permite atravessar a membrana plasmática das bactérias e os íons de liberação despolarizam a célula levando à apoptose, agindo assim, como um controlador da microbiota intestinal.

Dos constituintes predominantes dos óleos essenciais do orégano (*Origanum acutidens*), o timol e o carvacrol são conhecidos pelas suas atividades antimicrobianas (KARATZAS ET AL., 2001; VALERO E FRANCÊS, 2006). Esses óleos essenciais são provenientes de metabolitos secundários dos vegetais e podem ser encontrados em diversas partes da planta como as folhas, raízes e caules. Para isolar esses compostos é comumente utilizado o processo de destilação a vapor, sendo esses compostos lipofílicos e altamente voláteis (ADORJAN; BUCHEBAURER, 2010).

Figura 3. Estrutura química do timol (a) e carvacrol (b)



Fonte: Peixoto-Neves et al. (2010)

Alguns legumes como o hípico, o alho, a manjerona, o orégano, a menta, o alecrim, o tomilho, o zimbão, o pimentão e a cebola despertaram o interesse de pesquisadores em nutrição animal por possuírem substâncias ativas que podem trazer benefícios aos animais. Os principais compostos ativos nesses aditivos são o carvacrol, o timol e o cinemaldeído, que demonstraram efeitos positivos da microbiota intestinal (DIAO et al., 2015, PATHAK et al., 2017).

Os óleos essenciais possuem princípios ativos que correspondem ao composto presente em maior quantidade. Um exemplo, o orégano (*Origanum acutidens*) tem efeitos antioxidantes e antimicrobianos atribuídos ao carvacrol e ao timol, que são os dois principais fenóis que constituem cerca de 78-82% do seu óleo essencial (YANISHLIEVA et al., 1999). Outro óleo é o de tomilho (*Thymus vulgaris*) com uma grande quantidade de timol, carvacrol, p-cimeno e γ -terpeno, conferindo-lhe excelente atividade antioxidante (DANDLEN et al., 2010), prevenindo a peroxidação lipídica. Já a canela possui o cinamaldeído (KAMEL et al., 2000). Embora o principal efeito dos óleos essenciais seja de responsabilidade de seu principal ingrediente ativo, acredita-se que os princípios secundários atuam como seus propulsores, ocorrendo um efeito sinérgico (KAMEL et al., 2000). Assim, o uso de misturas de óleos essenciais pode ser uma ótima maneira de controlar a microbiologia refletindo em efeitos na saúde intestinal dos suínos.

Tem sido relatado que o cinamaldeído inibe o crescimento de *Clostridium botulinum*, *Staphylococcus aureus*, *E. coli* O157: H7 e *Salmonella enterica* sorovar Typhimurium. O cinamaldeído é de interesse para desenvolver agentes antimicrobianos alimentares devido à sua atividade demonstrada contra bactérias gram-positivas e negativas, incluindo organismos que são importantes para a segurança alimentar (GILL et al., 2004).

Em estudo realizado por Zou et al. (2016), dietas suplementadas com óleo essencial de orégano mostraram efeitos positivos no desempenho em suínos na fase de terminação. Os autores ressaltaram também que a utilização do óleo refletiu em maior peso de carcaça quente e menor perda por gotejamento quando comparado à dieta controle. Dessa forma, pode-se observar bons resultados frente a utilização desse aditivo na melhoria da carcaça o que pode refletir no aumento do retorno econômico do produtor. Segundo Yan et al. (2012) a ingestão de aditivos fitogênicos pode estimular secreção de enzimas digestivas e aumentar a motilidade gastrointestinal.

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Na procura por alternativas capazes de melhorar o desempenho e a qualidade de carcaça de suínos, a RAC é amplamente utilizada e mostra importantes resultados por meio da interferência no metabolismo e deposição tecidual em suínos na fase final de vida. Entretanto, em muitos países sua utilização é proibida. Sendo assim a comparação dos efeitos da RAC com outros aditivos se faz necessária.

Os aditivos fitogênicos vêm sendo há muito tempo utilizados na cadeia produtiva com intuito de melhorar a saúde intestinal. Seus resultados, de maneira semelhante à RAC, se refletem na melhora do desempenho, porém, por diferente mecanismo de ação.

Dessa forma, e tendo em mente ainda o banimento da utilização dos antibióticos como forma de melhorar o desempenho, há a necessidade de melhor compreender os efeitos de diferentes aditivos utilizados para suínos em fase de terminação.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, P.S., SILVA, C. A., BRIDI, A.M. et al. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. **Archivos de zootecnia**, v. 60, n. 231, p. 659-670, 2011.
- ALMEIDA, V.V., NUÑEZ, A.J.C, SCHINCKEL, A.P. et al. Time-respond relationship of ractopamine feeding on growth performance, plasma urea nitrogen concentration, and carcass traits of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 2, p. 811-818, 2013.
- APPLE, J.K., P.J. RINCKER, F.K. MCKEITH, S.N. et al. Review: Meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. **The Professional Animal Scientist**, v. 23, n. 3, p. 179-196, 2007
- ARAUJO, T.S. Efeito da ractopamina sobre o metabolismo de suínos em fase de terminação. **UFLA**, v. 76 p. :il., 2012.
- ARMSTRONG, T.A., KREMER, B.T., MARSTELLAR, T.A. et al. Effects of ractopamine step-up use programs on finishing pigs fed under commercial conditions. **Journal of Swine Health and Production**, v. 13, n. 2, p. 66-71, 2005.
- ARMSTRONG, T.A., IVERS, D.J., WAGNER, J.R. et al. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 11, p. 3245-3253, 2004.
- BARISIONE, G. et al. Beta-adrenergic agonists. **Pharmaceuticals**, v. 3, n. 4, p. 1016-1044, 2010.
- BORIES, G., BRANTOM, P., DE BARBERÀ, J.B. et al. Safety evaluation of ractopamine: ESFA panel on additives and products or substances used in animal feed (FEEDAP). **EFSA J**, v. 1041, p. 1-52, 2009.
- BUCHBAUER, G., ADORJAN, B. Biological properties of essential oils: an updated review. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 25, n. 6, p. 407 – 426, 2010.
- CANTARELLI, V.S. Ractopamina: Uma discussão sobre o futuro da tecnologia. **Revista V&Z**, Minas Gerais, v.120,p.13-15, 2014.
- CANTARELLI, V.S., GARBOSA, C.A.P., SILVEIRA, H. Atualização sobre o uso de ractopamina em suínos interações entre níveis energéticos, linhagens genéticas e categoria sexual. In: **Congresso Latino-americano de Nutrição Animal**, Águas de São Pedro, 2010.

CENTNER, T.J., ALVEY, J.C., STELZLENI, A.M. Beta agonists in livestock feed: Status, health concerns, and international trade. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 9, p. 4234-4240, 2014.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Joint FAO/WHO Standards Program Codex Alimentarius Commission**, Thirty-fifth Session FAO Headquarters. Rome, Italy. 2–7 July 2012 Report. REP12/ CAC, Rome. FAO/WHO, Rome, Italy, 2012.

CONNER, D.E., e BEUCHAT, L.R. Effects of essential oils from plants on growth of food spoilage yeasts. **Journal of Food Science**, v. 49, n. 2, p. 429-434, 1984.

CORASSA, A., LOPES, D.C; TEIXEIRA, A.O. Desempenho, características de carcaça e composição óssea de suínos alimentados com diferentes níveis de ractopamina e fitase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1740-47, 2010.

COX, S.D., GUSTAFSON, J.E., MANN, C.M. et al. Tea tree oil causes K⁺ leakage and inhibits respiration in *Escherichia coli*. **Letters in Applied Microbiology**, v. 26, n. 5, p. 355-358, 1998

DA SILVA, C.A. Aditivos, promotores de crescimento e repartidores de nutrientes. **Produção de suínos: teoria e prática**. Brasília, DF: Associação Brasileira de Criadores de Suínos, cap. 16, p. 707-726, 2014.

DANDLEN, S.A., LIMA, A.S., MENDES, M.D. et al. Antioxidant activity of six Portuguese Thyme species essential oils. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 25, n. 3, p. 150-155, 2010.

DIAO, H., ZHENG, P., YU, B. et al. Effects of benzoic acid and thymol on growth performance and gut characteristics of weaned piglets. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 28, n. 6, p. 827, 2015.

EU COUNCIL DIRECTIVE 96/22/EC. EU Council Directive 96/22/ EC of 29 April 1996. **Official Journal of the European Union**, No. L 125/3 to 8, 1996.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Information sheet – Discussion on ractopamine in codex and in the Joint FAO/WHO **Expert Committee on Food Additives** (JECFA). FAO, Rome, Italy, 26 April 2012, p. 1–2, 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Sixty-sixth meeting (residues of**

veterinary drugs). FAO, Rome, Italy. p. 1–18. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Residue evaluation of certain veterinary drugs. **Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives Meeting 2010** – Evaluation of data on ractopamine residues in pig tissues. FAO, Rome, Italy. p. 1–51, 2010b.

FRANS, C., BASER, K., WINDSCH, W. Essential oils and aromatic plants in animal feeding-a European perspective. A review. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 25, n. 5, p. 327-340, 2010.

GILL, A.O., HOLLEY, R.A. Mechanisms of bactericidal action of cinnamaldehyde against *Listeria monocytogenes* and of eugenol against *L. monocytogenes* and *Lactobacillus sakei*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 70, n. 10, p. 5750-5755, 2004.

GRANNEMAN, J.G., MOORE, H. P.H., GRANNEMAN, R.L. et al. Analysis of lipolytic protein trafficking and interactions in adipocytes. **Journal of Biological Chemistry**, v. 282, n. 8, p. 5726-5735, 2007

HELANDER, I.M., ALAKOMI, H.L., LATVA-KALA, K. et al. Characterization of the action of selected essential oil components on Gram-negative bacteria. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, n. 9, p. 3590-3595, 1998.

HERR, C. T., HANKINS, S.L., SCHINKEL, A.P. et al. Evaluation of three genetic populations of pigs for response to increasing levels of ractopamine. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. Suppl 2, p. 73, 2001.

HINSON, R.B. GALLOWAY, D. BOLER, M.J. et al. Effects of feeding ractopamine (Paylean) on growth and carcass traits in finishing pigs marketed at equal slaughter weights. **The Professional Animal Scientist**, v. 28, n. 6, p. 657-663, 2012.

HOLZBACK, T.L., CORASSA, A., KIEFER, C. et al. A step-up ractopamine feeding program for finishing pigs. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 31, n. 4, p. 276-284, 2018.

KAMEL, C. A novel look at a classic approach of plant extracts The focus on herbs and spices in modern animal feeding is too often forgotten. Since the prohibition of most of the anti-microbial growth promoters, plant extracts have gained interest in alternative feed strategies. **Feed Mix**, v. 8, n. 4; SPI/1, p. 19-23, 2000.

KARATZAS, A.K.; KETS, E.P.W., SMID, E.J. et al. The combined action of carvacrol and high hydrostatic pressure on *Listeria monocytogenes* Scott A. **Journal of Applied Microbiology**, v. 90, n. 3, p. 463-469, 2001.

LI, S., RU, Y. J., LIU, M. et al. The effect of essential oils on performance, immunity and gut microbial populations in weaner pigs. **Livestock Science**, v. 145, n. 1-3, p. 119-123, 2012.

LOWE, B.K., GERLEMANN, G.D., CARR, S.N. et al. Effects of feeding ractopamine hydrochloride (Paylean) to physical and immunological castrates (Improvest) in a commercial setting on growth performance and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 8, p. 3715-3726, 2014.

MARINHO P.C, FONTES D.O, SILVA F.C.O, et al. Efeito dos níveis de lisina digestível e da ractopamina sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1791-1798, 2007.

MARQUES, G.A.F. Meta-análise da relação da ractopamina com variáveis de desempenho e carcaça em suínos. **UFRGS**, 2018.

MERSMANN, H.J. Beta-adrenergic receptor modulation of adipocyte metabolism and growth. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. E-suppl_1, p. E24-E29, 2002.

MILLS, S.E., SPURLOCK, M.E., e SMITH, D. J. β -Adrenergic receptor subtypes that mediate ractopaminestimulation of lipolysis. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 3, p. 662-668, 2003.

MOODY, D.E., HANCOCK, D.L., ANDERSON, D.B. Phenethanolamine repartitioning agents. In: MELLO, J. P. F. D. (Ed.). **Farm Animal Metabolism and Nutrition**, p. 65-96, 2000.

MOURA, P.R., VIDAL, F.A.P. Transdução de sinais: uma revisão sobre proteína G. **Scientia Medica (Porto Alegre)**, v. 21, n. 1, p. 31-36, 2011.

NIKOLA, D., VLADIMIR, D., JEVROSIMA, S. et al. The Efficacy of Two Phytogenic Feed Additives in the Control of Swine Dysentery. **Acta Veterinaria**, v. 68, n. 2, p. 178-189, 2018.

OLIVEIRA B.F, KIEFER C, SANTOS T.M.B. et al. Período de suplementação de ractopamina em dietas para suínos machos castrados em terminação. **Ciência Rural**, v. 43, n. 2, p. 355-360, 2013.

PARK, J., CAMPBELL, C.P., SQUIRES, E.J. et al. Effects of pig genotype, immunological castration, and use of ractopamine on growth performance, carcass traits, and pork quality for entire male pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 99, n. 1, p. 82-106, 2018.

PATHAK, M., MANDAL, G.P., PATRA, A.K. et al. Effects of dietary supplementation of cinnamaldehyde and formic acid on growth performance, intestinal microbiota and immune response in broiler chickens. **Animal Production Science**, v. 57, n. 5, p. 821-827, 2017.

PATIENCE, J.F., SHAND, Z. PIETRASIK, J. et al. The effect of ractopamine supplementation at 5 ppm of swine finishing diets on growth performance, carcass composition and ultimate pork quality. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 89, n. 1, p. 53-66, 2009.

PEIXOTO N.D., SILVA A.K.S., GOMES, M.D. et al. Vasorelaxant effects of the monoterpenic phenol isomers, carvacrol and thymol, on rat isolated aorta. **Fundamental & Clinical Pharmacology**, v. 24, n. 3, p. 341-350, 2010.

PETERSON, C.M., PILCHER, C.M., ROTHE, H.M. et al. Effect of feeding ractopamine hydrochloride on growth performance and responses to handling and transport in heavy-weight pigs. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 3, p. 1239-1249, 2015.

POMPEU, M.A., RODRIGUES, L.A., CAVALCANTI, L.F.L. et al. A multivariate approach to determine the factors affecting response level of growth, carcass, and meat quality traits in finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. 4, p. 1644-1659, 2017.

PULS, C.L., TROUT, W.E., RITTER, M.J. et al. Impact of ractopamine hydrochloride on growth performance, carcass and pork quality characteristics, and responses to handling and transport in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 3, p. 1229-1238, 2015.

PUVAČA, N., STANAČEV, V., GLAMOČIĆ, D. et al. Beneficial effects of phytoadditives in broiler nutrition. **World's Poultry Science Journal**, v. 69, n. 1, p. 27-34, 2013.

RASMUSSEN, S.G., DEVREE, B.T., ZOU, Y. et al. Crystal structure of the β 2 adrenergic receptor-Gs protein complex. **Nature**, v. 477, n. 7366, p. 549, 2011.

RATHMANN, R.J., MEHAFFEY, J.M., BAXA, T.J. et al. Effects of duration of zilpaterol hydrochloride and days on the finishing diet on carcass cutability, composition, tenderness, and skeletal muscle gene expression in feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 11, p. 3686-3701, 2009.

RICKARD, J.W., ALLEE, G.L., RINCKER, P.J. et al. Effects of ractopamine hydrochloride on the growth performance and carcass characteristics of heavy-weight finishing pigs sent for slaughter using a 3-phase marketing strategy. **Translational Animal Science**, v. 1, n. 3, p. 406-411, 2017.

RITTER, M.J., JOHNSON, A.K., BENJAMIN, M.E. et al. Effects of Ractopamine Hydrochloride (Paylean) on welfare indicators for market weight pigs. **Translational Animal Science**, v. 1, n. 4, p. 533-558, 2017.

SEE, M.T., ARMSTRONG, T.A., MATZAT, P.D. et al. Effect of ractopamine feeding level on growth performance and carcass composition. **Journal of Animal Science**. 1111 NORTH DUNLAP AVE, SAVOY, IL 61874 USA: AMER SOC ANIMAL SCIENCE, 2005. p. 57-58.

SILVEIRA, C.O. et al. Utilização de ractopamina na dieta de suínos. **ANAIS SIMPAC**, v. 5, n. 1, 2015.

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

SOTO, J.A., TOKACH, M.D., DRITZ, S.S., WOODWORTH, J.C. et al. Evaluation of Dietary Phylogenics on Growth Performance and Carcass Characteristics of Pigs during the Growing-Finishing Phase. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. suppl_2, p. 125-126, 2018.

STITES, C.R., F.K. MCKEITH, S.D. SINGH, P.J. et al. The effect of ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 8, p. 3094-3101, 1991.

SUN, H. Y., LEE, D. J., SHI, H. et al. Effect of Dietary Ractopamine Supplementation on Growth Performance, Meat Quality, Carcass Characteristics and Fecal Score in Finishing Pigs. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. suppl_2, p. 43-44, 2018..

SZTALRYD, C., XU, G., DORWARD, H. et al. Perilipin A is essential for the translocation of hormone-sensitive lipase during lipolytic activation. **The Journal of Cell Biology**, v. 161, n. 6, p. 1093-1103, 2003.

U.S. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). New animal drugs for use in animal feeds; Ractopamine hydrochloride. **Fed. Regist**, v. 65, p. 4111-4112, 2000.

VALERO, M., FRANCÉS, E. Synergistic bactericidal effect of carvacrol, cinnamaldehyde or thymol and refrigeration to inhibit *Bacillus cereus* in carrot broth. **Food Microbiology**, v. 23, n. 1, p. 68-73, 2006.

WATKINS, L.E., JONES, D.J., MOWREY, D.H. et al. The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 11, p. 3588-3595, 1990.

WINDISCH, W., SCHEDULE, K., PLITZNER, C., et al. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry1. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. suppl_14, p. E140-E148, 2008.

YAN, L., MENG, Q.W., KIM, I.H. Effect of an herb extract mixture on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, and fecal microbial shedding in weanling pigs. **Livestock Science**, v. 145, n. 1-3, p. 189-195, 2012.

YANG, C., CHOWDHURY, M.A., HUO, Y. et al. Phytogetic compounds as alternatives to in-feed antibiotics: potentials and challenges in application. **Pathogens**, v. 4, n. 1, p. 137-156, 2015.

YANISHLIEVA, N. V., MARINOVA, E. M., GORDON, M. H., et al. Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. **Food Chemistry**, v. 64, n. 1, p. 59-66, 1999.

ZOU, Y., XIANG, Q., WANG, J. et al. Effects of oregano essential oil or quercetin supplementation on body weight loss, carcass characteristics, meat quality and antioxidant status in finishing pigs under transport stress. **Livestock Science**, v. 192, p. 33-38, 2016.

SEGUNDA PARTE

1

2

3

4

5

6

7 **Uso de aditivo fitogênico e ractopamina para suínos em crescimento e terminação**

8

9 **(Artigo formatado segundo as normas da Revista Brasileira de Zootecnia)**

10

11 **1. INTRODUÇÃO**

12 Atualmente, a carne suína é a mais produzida e consumida no mundo (FAO,
13 2013). O intenso melhoramento genético associado à eficientes técnicas de manejo são
14 responsáveis pelo constante aumento da produtividade. No entanto, a busca por
15 estratégias para aumentar a eficiência produtiva e a qualidade de carcaça e, ao mesmo
16 tempo, visando a sustentabilidade, é uma realidade que vem sendo estudada para
17 atender as necessidades de consumidores.

18 Uma das formas de melhorar o aproveitamento de nutrientes contidos nas dietas
19 pelos animais é a utilização de aditivos às rações. A ractopamina (RAC) vem sendo
20 estudada há muitos anos (Dalidowicz et al., 1986), sendo normalmente usada na
21 alimentação de suínos em fase de terminação com intuito de melhorar o desempenho e a
22 qualidade da carcaça (Apple et al., 2007). A RAC é um agonista beta-adrenérgico que
23 atua na partição de nutrientes, favorecendo a deposição proteica em detrimento de
24 lipídeos (Cantarelli et al., 2009). Sua utilização na dieta resulta em maiores taxas de
25 síntese de proteínas, intensificando o crescimento do tecido muscular (Agostini et al.,
26 2011). Inúmeros estudos têm comprovado os benefícios do uso da RAC, tanto no
27 desempenho (Almeida et al. 2010; Rickard et al., 2017) quanto nas características de
28 carcaça (Rickard et al., 2017; Sun et al., 2018). Entretanto, em vários países europeus e
29 alguns asiáticos, o uso da ractopamina é proibido, em função de possíveis problemas,
30 até então não comprovados, causados na saúde humana (Centner et al., 2014). Além
31 disso, restrições na importação realizadas por esses países àqueles que permitem a
32 utilização da RAC têm causado sérios prejuízos econômicos ao sistema produtivo.
33 Dessa forma, o estudo de outros aditivos capazes de conferir efeitos benéficos ao
34 sistema de produção é necessário.

35 Os aditivos fitogênicos representados pelos óleos essenciais são compostos
36 derivados de plantas incorporados à ração com a finalidade de melhorar a saúde
37 intestinal com potencial para refletir no desempenho dos animais (Mendoza et al.,
38 2018). Pesquisados há vários anos, representam, como principal estratégia, alternativas
39 ao uso de antibióticos como promotores de crescimento (Marai et al., 1994). Alguns
40 vegetais como o alho, a manjerona, o orégano, a menta, o alecrim, o tomilho, o
41 pimentão e a cebola despertaram o interesse de pesquisadores em nutrição animal por
42 possuírem substâncias ativas que podem trazer benefícios aos animais. Os principais
43 compostos ativos nessas plantas são o carvacrol, o timol e o cinemaldeído, que
44 demonstraram efeitos positivos na microbiota intestinal (Diao et al., 2015, Pathak et al.,
45 2017). Embora os mecanismos de ação ainda não estejam completamente
46 compreendidos, alguns estudos têm mostrado benefícios do uso de substâncias
47 fitogênicas no desempenho e características de carcaça de suínos em terminação
48 (Mendoza et al., 2018; Soto et al., 2017). Já foi demonstrado que os óleos essenciais são
49 capazes de regular a população microbiana intestinal (Namkung et al., 2004). Acredita-
50 se que os óleos lipofílicos sejam capazes de controlar a microbiota intestinal por alterar
51 a estrutura da membrana plasmática das bactérias patogênicas, alterando as trocas
52 iônicas e causando um desgaste energético da célula (Oussalah et al., 2007). Estudos
53 mostram também efeito palatabilizante (Zeng et al., 2015) e aumento da quantidade de
54 secreções enzimáticas (Mellor, 2000), além de atividade antioxidante (Yanishlieva et
55 al., 1999).

56 Devido às características dos diferentes aditivos utilizados na suinocultura, a
57 comparação dos efeitos proporcionados por cada um deles é necessária para a tomada
58 de decisão. Dessa forma, objetiva-se com esse estudo comparar os efeitos da RAC e de

59 um aditivo fitogênico comercial sobre o desempenho e características de carcaça, bem
60 como as características microbiológicas e morfométricas intestinais de suínos em
61 terminação.

62

63 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

64 Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética
65 em Uso Animal da Universidade Federal de Lavras (UFLA) sob o protocolo 067/18. O
66 experimento foi realizado no Centro Experimental de Suínos do Departamento de
67 Zootecnia da UFLA, em Lavras, MG, Brasil.

68 Um total de 60 fêmeas suínas (DB90 × PIC337) com idade aproximada de 70
69 dias e peso de $32,4 \text{ kg} \pm 2,6 \text{ kg}$ foram distribuídas em delineamento experimental
70 em blocos ao acaso em três tratamentos e dez repetições de dois animais por baia. Os
71 animais foram alojados em um galpão aberto de crescimento e terminação, em baias de
72 alvenaria ($2,60 \times 1,10\text{m}$) com piso de concreto parcialmente ripado e dotadas de
73 bebedouro tipo *nipple* ajustável e comedouro semi-automático. Toda a instalação foi
74 adequadamente limpa e desinfetada antes da chegada dos animais.

75 Os tratamentos se basearam em dietas comerciais utilizadas em uma cooperativa
76 agroindustrial local a base de milho e farelo de soja (T1), uma dieta formulada com 15
77 ppm de ractopamina (Ractosuin[®], Ouro Fino Saúde Animal, Cravinhos, Brasil),
78 contendo 9% mais proteína bruta e 22% de lisina, fornecida durante os 21 dias que
79 antecederam o abate (T2) e uma dieta com 100 g/ton de aditivo fitogênico comercial a
80 base de menta, orégano, tomilho, cominho, canela, casca de carvalho e sementes de uva,
81 fornecida durante todo o experimento, seguindo as recomendações do fabricante. O
82 período experimental foi de 100 dias.

83 As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais nas fases de
84 crescimento 1 (70 a 85 dias de idade) e 2 (85 a 106 dias), terminação 1 (106 a 121 dias)
85 e 2 (121 a 149 dias) e final (149 a 170 dias), seguindo as recomendações de Rostagno et
86 al. (2017) (Tabela 1). Água e a ração foram *ad libitum* até o final do experimento.

87 Os animais foram pesados no primeiro e no último dia do experimento para o
88 cálculo do ganho de peso diário (GPD). A ração fornecida e as sobras foram
89 mensuradas diariamente para o cálculo do consumo diário de ração (CRD). A conversão
90 alimentar (CA) foi obtida pela relação consumo de ração:ganho de peso.

91 Diariamente a presença de diarreia foi monitorada, sempre pela mesma pessoa,
92 seguindo a metodologia de Casey et al. (2007). A ausência de diarreia foi determinada
93 pela observação de fezes normais e a presença foi determinada pela observação de fezes
94 líquidas e pastosas. A incidência de diarreia (%) foi calculada como a soma do número
95 total de baias onde houve presença de fezes líquidas e pastosas sobre o número total de
96 baias para cada período.

97 Ao final do experimento todos os animais foram submetidos a jejum de 12
98 horas, encaminhados para um frigorífico comercial e abatidos para a avaliação de
99 carcaça. O tempo de carregamento e abate dos animais não ultrapassou quatro horas.
100 Após a evisceração, amostras de aproximadamente 2,0 cm do jejuno, localizado a
101 aproximadamente 2,0 m antes da junção íleo-cecal, foram coletados para a realização da
102 análise histológica de mucosa. Após remoção cuidadosa do conteúdo luminal e lavagem
103 com solução salina, as amostras intestinais foram fixadas em formaldeído a 10% por 48
104 h e transferidas para solução de álcool a 70% até posterior análise. O ceco também foi
105 removido para análise microbiológica. As amostras cecais foram imediatamente

106 diluídas em proporção de 10% em solução de glicerol (20%) e congeladas até posterior
107 análise.

108 A carcaça foi pesada imediatamente após a evisceração e após 24 horas para a
109 mensuração do peso de carcaça quente (PCQ) e fria (PCF), respectivamente e para o
110 cálculo da perda por gotejamento (peso da carcaça quente / peso da carcaça fria). O
111 rendimento de carcaça foi calculado pela relação peso da carcaça quente e peso vivo
112 final após o jejum por 12 horas. O comprimento de carcaça, profundidade de lombo
113 (PL), área de olho de lombo, espessura de toucinho (ET) e área de gordura foram
114 avaliados na carcaça fria. A espessura de toucinho e a profundidade de lombo foram
115 obtidos na altura da última costela, na região de inserção da última vértebra torácica
116 com a primeira lombar a seis centímetros da linha média de corte da carcaça (ponto P2).
117 A profundidade de lombo foi determinada pela mensuração do músculo *Longissimus*
118 *dorsi*, posicionando perpendicularmente o paquímetro entre o ponto P2 até o limite
119 extremo oposto do músculo (Bridi & Silva, 2009). A área de gordura e a área de olho de
120 lombo (AOL) foi obtida através da mensuração da área do musculo *Longissimus dorsi* e
121 da gordura presente na altura da última costela, também na inserção da última vertebra
122 torácica, com auxílio de papel vegetal milimetrado. Após a coleta dos dados, a área foi
123 obtida por meio do *software* ImageJ[®] para obtenção dos valores em centímetros. A
124 relação carne gordura na carcaça foi obtida através da relação entre a área de olho de
125 lombo e a área de gordura ou toucinho (Bridi & Silva, 2009). A quantidade de carne na
126 carcaça foi calculada pela fórmula descrita por Guidoni (2000):

127

128 Quantidade de carne (Kg) = $7,38 - (0,48 \times ET \text{ mm}) + (0,059 \times PL \text{ mm}) + (0,525 \times PCQ \text{ kg})$

129

130 As amostras intestinais foram desidratadas e incluídas em blocos de parafina,
131 seccionadas em micrótomo na espessura de 4 μ m e coradas por hematoxilina e eosina,
132 seguindo procedimentos de rotina (Luna et al., 1968). As lâminas foram fotografadas
133 através do microscópio trinocular (CX31, Olympus Optical do Brasil Ltda., São Paulo,
134 SP, Brasil) e câmera digital de captura de imagens (SC30, Olympus Optical do Brasil
135 Ltda., São Paulo, SP, Brasil). A altura das vilosidades e a profundidade da cripta foram
136 medidas através do *software* ImageJ® 1.41, usando dez vilosidades bem orientadas e 10
137 criptas em cada tecido para obter a média por animal. A relação vilosidade: cripta foi
138 calculada e todas as análises foram realizadas por um único avaliador.

139 Para análise de *Lactobacillus spp.*, *Escherichia coli* e *Bifidobacterium* no ceco,
140 amostras do conteúdo cecal foram coletadas para comparar o perfil microbiológico.
141 Foram utilizadas as análises pelo método de cultivo em meio seletivo para cada gênero
142 de bactéria. As contagens (UFC/g) foram transformadas em logaritmo (\log_{10}) para a
143 análise estatística (Huang et al., 2004).

144 Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro Wilk),
145 homocedasticidade (Breusch-Pagan) e independência dos erros (Durbin-Watson). Em
146 seguida análise de variância (ANAVA) foi realizada e as médias comparadas pelo teste
147 Tukey a 5%. Quando as premissas da ANAVA não foram atendidas ($P < 0,05$) e a
148 transformação de dados não foram efetivas na tentativa de normalizar os dados, os
149 mesmos foram submetidos à análise não paramétrica e as médias comparadas pelo teste
150 de Friedman. Toda análise estatística foi realizada no software Action versão 3.6.

151

152 3. RESULTADOS

153 A RAC proporcionou ($P<0,01$) maior peso final e ganho de peso e menor
154 conversão alimentar. A RAC também proporcionou ($P<0,05$) maiores pesos de carcaça
155 quente e fria, maior área de olho de lombo refletindo assim na melhor relação
156 carne:gordura. Não houve diferenças ($P>0,05$) nas demais características avaliadas.
157 Comparado ao controle, o aditivo fitogênico não influenciou o desempenho e as
158 características de carcaça dos animais.

159 Tanto a RAC quando o aditivo fitogênico não influenciaram ($P>0,05$) as
160 características microbiológicas e morfológicas do jejuno, nem a incidência e diarreia
161 dos animais.

162

163 4. DISCUSSÃO

164 No presente estudo verificou-se que a RAC melhorou o desempenho e as
165 características de carcaça. O mesmo não foi observado com o aditivo fitogênico
166 comercial utilizado, o qual não influenciou no desempenho e pode ter influenciado na
167 qualidade de carcaça, a qual também não foi observada alteração. Mendoza et al. (2018)
168 avaliaram a utilização de um aditivo fitogênico comercial comparado com um
169 tratamento controle e ractopamina e também mostraram que a ractopamina foi superior
170 ao tratamento controle. No entanto, o aditivo fitogênico se mostrou intermediário, não
171 se diferenciando entre eles sendo necessário mais trabalhos para comprovar seus efeitos.

172 Cullen et al. (2005) não encontraram efeitos de uma dieta suplementada com
173 alho e alecrim sobre as características de carcaça em suínos em terminação. Korniewicz
174 et al. (2007), avaliando diferentes misturas contendo timol, capsaicina carvacrol,

175 cinemaldeído, eugenol e flavonoides, também não observaram diferenças nas
176 características de carcaça.

177 Aditivos fitogênicos derivados de especiarias são promissores para aumentar a
178 palatabilidade e o consumo de ração (Zeng et al., 2015). No presente estudo, esse efeito
179 não foi observado. Schöne et al. (2006), por outro lado, observaram que leitões que
180 receberam dietas com 100ppm de óleo de cominho consumiram 9% menos ração e
181 perderam 7% do peso em comparação com o controle. Esses resultados mostram que
182 mais estudos devem ser conduzidos com aditivos fitogênicos nas diferentes fases da
183 produção.

184 Cheng et al., (2018), ao avaliar o conteúdo ileal, mostraram que a utilização de
185 óleo essencial de orégano em uma dieta com proteína reduzida pode aumentar a
186 contagem de *Lactobacillus* e reduzir a quantidade de *E.coli* quando comparado com um
187 tratamento reduzido em proteína e suplementado com aminoácidos em suínos em
188 terminação. No presente estudo esses resultados não foram observados quando
189 adicionado os óleos essenciais, semelhantemente aos resultados observados por outros
190 autores (Wang et al., 2017; Muhl & Libert, 2007). Resultados estes que justifica a
191 ausência de efeito do aditivo fitogênico sobre o desempenho e características de
192 carcaça, morfometria intestinal e incidência de diarreia dos animais. No presente estudo,
193 os animais alojados permaneceram em uma instalação aparentemente limpa, o que pode
194 ter diminuído os efeitos dos aditivos sobre a microbiologia intestinal.

195 Skoufos et al. (2016) sugeriram também que o uso de óleos essenciais contendo
196 carvacrol, timol e outros constituintes pode aumentar a altura das vilosidades em
197 frangos no estágio final de produção. Resultados que vão contra os encontrados neste

198 trabalho, a inclusão do aditivo fitogênico não afetou as características morfológicas do
199 jejuno dos suínos em fase de terminação.

200 As diferenças observadas entre os diferentes estudos podem estar relacionadas às
201 condições a que os animais foram mantidos.

202 Com relação à RAC, como já mostrado em diversos estudos, tem seu potencial
203 já consolidado por meio do seu mecanismo de ação atuando sobre o metabolismo
204 (Bergen et al., 1989; Mills, 2002). Mendoza et al. (2018) mostraram que a ractopamina
205 pode aumentar o peso de carcaça quente, o rendimento de carcaça, a quantidade de
206 carne magra e a profundidade de lombo, já o aditivo fitogênico pode aumentar apenas o
207 peso de carcaça quente quando comparado com um tratamento controle.

208 Há pouca evidência que a RAC possa influenciar a microbiota intestinal em
209 suínos. Em bovinos, Edrington et al. (2006) demonstraram que a esse aditivo pode
210 influenciar a contagem bacteriana presente nas fezes. Com base nas semelhanças com as
211 catecolaminas, a RAC pode ter efeitos sobre a *E. coli* O157: H7. Pesquisa realizada com
212 gado confinado naturalmente colonizado com *E. coli* O157: H7 demonstrou que a
213 suplementação de RAC reduziu a eliminação fecal de *E. coli* O157: H7 (Edrington et
214 al., 2005).

215 Os resultados obtidos no presente trabalho e também na literatura sugerem que
216 os aditivos fitogênicos, dependendo das condições de criação, têm pouca influência
217 sobre o desempenho e característica de carcaça de suínos em terminação e que a RAC é
218 um aditivo eficiente. Dessa forma, faz-se necessário mais estudos para melhor
219 compreender os mecanismos de ação dos aditivos fitogênicos na saúde intestinal dos
220 animais.

221

222 **5. CONCLUSÃO**

223 A RAC é capaz de melhorar o desempenho e as características de carcaça de
224 suínos em terminação de maneira superior aos aditivos fitogênicos, sem influenciar a
225 microbiota e a morfometria de mucosa intestinal. O aditivo fitogênico comercial
226 utilizado não conferiu nenhum benefício à produção para suínos em fase de crescimento
227 e terminação.

228

229 **REFERÊNCIAS**

230

231 AGOSTINI, P.S.; SILVA, C.A.; BRIDI, A.M. et al. Efeito da ractopamina na
232 performance e na fisiologia do suíno. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 231, p. 659-
233 670, 2011.

234

235

236 APPLE, J.K.; RINCKER, P.J.; MCKEITH, F.K. et al. Review: Meta-analysis of the
237 ractopamine response in finishing swine. **The Professional Animal Scientist**. v.
238 23, n. 3, p. 179-196, 2007.

239

240 ALMEIDA, E.C.D.; FIALHO, E.T.; RODRIGUES, P.B et al. (2010). Ractopamine and
241 lysine levels on performance and carcass characteristics of finishing pigs. **Revista**
242 **Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 9, p. 1961-1968, 2010.

243

244 BERGEN, W.G. et al. Muscle protein metabolism in finishing pigs fed
245 ractopamine. **Journal of Animal Science**, v. 67, n. 9, p. 2255-2262, 1989.

246

247 BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. Avaliação da carne suína. Londrina: **Midiograf**, p. 1-9,
248 2009.

249

250 CANTARELLI, V.S.; FIALHO, E.T.; ALMEIDA, E.C.; et al. Características da
251 carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em
252 terminação com alimentação à vontade ou restrita. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.844-
253 851, 2009.

254

255 CASEY, P.G.; GARDINER, G.E.; CASEY, G. et al. A five-strain probiotic
256 combination reduces pathogen shedding and alleviates disease signs in pigs
257 challenged with *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. **Applied and**
258 **Environmental Microbiology**, v. 73, n. 6, p. 1858-1863, 2007.

259

260 CENTNER, T.J.; ALVEY, J.C.; STELZLENI, A.M. Beta agonists in livestock feed:
261 Status, health concerns, and international trade. **Journal of Animal Science**, v. 92,
262 n. 9, p. 4234-4240, 2014.

263

264 CHENG, C.; XIA, M.; ZHANG, X. et al. Supplementing Oregano Essential Oil in a
265 Reduced-Protein Diet Improves Growth Performance and Nutrient Digestibility by
266 Modulating Intestinal Bacteria, Intestinal Morphology, and Antioxidative Capacity
267 of Growing-Finishing Pigs. **Animals**, v. 8, n. 9, p. 159, 2018.

268

269 CULLEN, S.P.; MONAHAN, F.J.; CALLAN, J.J. et al. The effect of dietary garlic and
270 rosemary on grower-finisher pig performance and sensory characteristics of pork.
271 **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v.44, p. 57–67, 2005.

272

- 273 DALIDOWICZ, J.E.; BABBITT, M.S. Characterization of ¹⁴C-residues in tissues and
274 excreta from swine fed ¹⁴C-ractopamine HCl. **Unpublished report on study No.**
275 **ABC-0355 Agricultural Biochemistry, Lilly Research Laboratories, Division of**
276 **Eli Lilly and Company, Greenfield, IN, USA. Submitted to WHO by Elanco**
277 **Animal Health, Division of Eli Lilly and Company, Indianapolis, IN, USA,**
278 1986.
279
- 280 DIAO, H.; ZHENG, P.; YU, B. et al. Effects of benzoic acid and thymol on growth
281 performance and gut characteristics of weaned piglets. **Asian-Australasian Journal**
282 **of Animal Sciences**, v. 28, n. 6, p. 827, 2015.
283
- 284 EDRINGTON, T.S.; CALLAWAY, T.R.; GENOVESE, K.J. et al. Ractopamine
285 supplementation decreased fecal shedding of E. coli O157: H7 in naturally-infected
286 beef cattle. In: **Proceedings of the 2005 Conference on Gastrointestinal Function,**
287 **Chicago, IL. 2005.**
288
- 289 EDRINGTON, T.S.; CALLAWAY, T.R.; IVES, S.E. et al. Effect of Ractopamine HCl
290 Supplementation on Fecal Shedding of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella in
291 Feedlot Cattle. **Current Microbiology**, v. 53, n. 4, p. 340-345, 2006.
292
- 293 FAO. Sandia: Food Supply. **Food and Agriculture Organization of the United**
294 **States. 2013.** Disponível em <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/CL>> Acesso em:
295 06 Jul. 2019.
296
- 297 GUIDONI, A.L. Melhoria de processos para a tipificação e valorização de carcaças
298 suínas no Brasil. In **Conferência Internacional Virtual Sobre Qualidade de**
299 **Carne Suína.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p. 221-234, 2000.
300
- 301 HUANG, C.; QIAO, S.; LI, D. et al. Effects of *lactobacilli* on the performance, diarrhea
302 incidence, VFA concentration and gastrointestinal microbial flora of weaning pigs.
303 **Asian Australian Journal Animal Science**, v. 17, p. 401-409, 2004.
304
- 305 KORNIWICZ, D.; RÓŻAŃSKI, H.; USYDUS, Z. et al. Efficiency of plant extracts
306 (herbiplant cs) in pigs fattening. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v.
307 57, n. 4 [B], 2007.
308
- 309 LUNA, L.G. Manual of histologic staining methods of the armed forces institute of
310 pathology. 3rd ed. **McGraw-Hill Press**, 1968.
311
- 312 MARAI, G.; MOJZES, L.; SZABO, I. Phytogetic feed additives: Practical application.
313 In: **13. International Pig Veterinary Society Congress**, p. 26-30 Jun 1994. 1994.
314
- 315 MELLOR, S. Alternatives to antibiotic. **Pig Progress**, v. 16, p. 18-21, 2000.
316
- 317 MENDOZA, S.; GOURLEY, G.; HENDEL, E. et al. Evaluation of a Phytogetic blend
318 and Ractopamine HCl on growth and carcass traits in pigs housed under commercial
319 conditions. **Journal of Animal Science**, v. 96, p. 307-307, 2018.

- 320
321 MILLS, S.E. Biological basis of the ractopamine response. **Journal of Animal Science**,
322 v. 80, n. E-suppl_2, p. E28-E32, 2002.
323
- 324 MUHL, A. & LIEBERT, F. Growth and parameters of microflora in intestinal and
325 faecal samples of piglets due to application of a phytogetic feed additive. **J. Journal**
326 **of Animal Physiology and Animal Nutrition**. v. 91, n. 9-10, p. 411-418, 2007.
327
- 328 NAMKUNG, H.; LI J.; GONG, M. et al. Impact of feeding blends of organic acids and
329 herbal extracts on growth performande, gut microbiota and digestive function in
330 newly weaned pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 48, p. 697-704, 2004.
331
- 332 OUSSALAH, M.; CAILLET, S.; SAUCIER, L. et al. Inhibitory effects of selected plant
333 essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: E. coli O157: H7,
334 Salmonella typhimurium, Staphylococcus aureus and Listeria monocytogenes. **Food**
335 **Control**, v. 18, n. 5, p. 414-420, 2007.
336
- 337 PATHAK, M.; MANDAL, G.P.; PATRA, A.K. et al. Effects of dietary supplementation
338 of cinnamaldehyde and formic acid on growth performance, intestinal microbiota
339 and immune response in broiler chickens. **Animal Production Science**, v. 57, n. 5,
340 p. 821-827, 2017.
341
- 342 RICKARD, J.W.; ALLEE, G.L.; RINCKER, P.J. et al. Effects of ractopamine
343 hydrochloride on the growth performance and carcass characteristics of heavy-
344 weight finishing pigs sent for slaughter using a 3-phase marketing
345 strategy. **Translational Animal Science**, v. 1, n. 3, p. 406-411, 2017.
346
- 347 SCHÖNE, F.; VETTER, A.; HARTUNG, H. et al. Effects of essential oils from fennel
348 (Foeniculi aetheroleum) and caraway (Carvi aetheroleum) in pigs. **Journal of**
349 **Animal Physiology and Animal Nutrition**. v. 90, n. 11-12, p. 500-510, 2006.
350
- 351 SKOUFOS, I.; GIANNENAS, I.; TONTIS, D. et al. Effects of oregano essential oil and
352 attapulгите on growth performance, intestinal microbiota and morphometry in
353 broilers. **South African Journal of Animal Science**, v. 46, n. 1, p. 77-88, 2016.
354
- 355 SOTO, J.A.; TOKACH, M.D.; MURUGESAN, G.R. et al. Evaluation of dietary
356 phytogenics on growth performance, carcass characteristics, and economics of
357 grow-finish pigs housed under commercial conditions. **Journal of Animal Science**,
358 v. 96, p. 83-83, 2017.
359
- 360 SUN, H.Y.; LEE, D.J.; SHI, H. et al. Effect of Dietary Ractopamine Supplementation
361 on Growth Performance, Meat Quality, Carcass Characteristics and Fecal Score in
362 Finishing Pigs. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. suppl_2, p. 43-44, 2018.
363
- 364 WANG, Y.; CHIBA, L.I.; HUANG, C. et al. Effect of diet complexity, multi-enzyme
365 complexes, essential oils, and benzoic acid on weanling pigs. **Livestock Science**, v.
366 209, p. 32-38, 2018.

- 367
368 YANISHLIEVA, N.V.; MARINOVA, E.M.; GORDON, M.H. et al. Antioxidant
369 activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid
370 systems. **Food Chemistry**, v. 64, n. 1, p. 59-66, 1999.
371
- 372 ZENG, Z.; ZHANG, S.; WANG, H. et al. Essential oil and aromatic plants as feed
373 additives in nonruminant nutrition: a review. **Journal of Animal Science and**
374 **Biotechnology**, v. 6, p. 1-10, 2015
375

376 Tabela 1. Composição calculada na matéria natural, das dietas experimentais*.

Ingredientes (kg)	Crescimento		Terminação		Final	
	1	2	1	2	com RAC	sem RAC
Milho (7,9% de proteína bruta)	62,7	64,5	66,0	75,0	70,6	74,7
Farelo de soja 45%	28,4	27,7	26,6	20,1	24,0	20,5
Farinha de carne e ossos 44%	4,50	4,00	3,50	2,50	2,50	2,50
Óleo de soja	2,43	2,11	2,14	0,79	1,21	1,15
C-5 ¹	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sal	0,379	0,362	0,345	0,343	0,343	0,343
Lisina-HCL	0,342	0,294	0,273	0,302	0,339	0,124
DL-metionina	0,144	0,212	0,112	0,088	0,121	0,000
Treonina	0,108	0,089	0,066	0,195	0,131	0,010
Adsorvente ²	0,200	0,200	0,200	0,100	0,100	0,100
Tiamulina 10%	0,180	0,000	0,180	0,000	0,000	0,000
Calcário calcítico	0,000	0,000	0,000	0,056	0,086	0,105
Ivermectina	0,025	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000
Colistina 50%	0,024	0,000	0,024	0,000	0,000	0,000
Caulim	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Valores calculados						
Energia metabolizável (kcal / kg)	3350	3350	3350	3325	3334	3334
Proteína bruta (%)	19,8	19,4	18,8	16,7	18,1	16,5
Lisina digestível (%)	1,31	1,25	1,19	1,05	1,17	0,91
Metionina digestível (%)	0,44	0,50	0,40	0,45	0,40	0,27
Metionina + cistina (%)	0,76	0,82	0,71	0,73	0,70	0,55
Treonina digestível (%)	0,88	0,85	0,80	0,73	0,82	0,65
Triptofano digestível (%)	0,23	0,22	0,22	0,18	0,20	0,18
Calcio total (%)	0,85	0,79	0,72	0,57	0,59	0,59
Fósforo disponível (%)	0,47	0,44	0,41	0,33	0,33	0,33
Sódio (%)	0,20	0,19	0,18	0,17	0,17	0,17

377 * Os tratamentos diferem pela inclusão dos aditivos em substituição do caulim.

378 ¹ Núcleo Cooperoeste; cada quilo de produto contém: 180 mg de ácido fólico, 3.300 mg de ácido
379 pantotênico, 4.500 mg de ácido nicotínico, 60.000 mg de colina, 22.000 mg de biotina, 1.650.000 UI de
380 vitamina A, 300 mg de vitamina B1, 800 mg de vitamina B2, 550 mg de vitamina B6, 4.500 mg
381 vitamina B12, 500.000 UI de vitamina D3, 6.500 UI de vitamina E, 550 mg de vitamina K3, 176 / 187 g
382 de cálcio, 19 mg de cobre, 18.000 mg de ferro, 248 mg de iodo, 90 mg de selênio, 9.500 mg de
383 manganês, 21.500 mg de zinco.

384 ² Mycofix[®] Plus 3.0, aditivo inibidor de micotoxina: 460g de bentonita, diatomita 130g, *Eubacterium sp.*
385 2,5x10⁷ CFU/g.

Tabela 2. Desempenho dos 70 aos 170 dias de idade e características de carcaça de suínos que receberam dietas com ractopamina ou com aditivo fitogênico.

Variável	Dieta experimental			CV (%)	P =
	Controle	Ractopamina	Fitogênico		
Desempenho					
Ganho de peso (g/dia)	1,04 b	1,11 a	1,05 b	6,26	0,01
Conversão alimentar	2,56 b	2,37 a	2,57 b	4,37	<0,01
Consumo de ração (kg/dia)	2,67	2,65	2,70	2,79	0,80
Peso vivo (kg)	134,3 b	142,1 a	135,1 b	4,59	0,02
Características de carcaça					
Comprimento de carcaça (cm)	112	111	112	1,95	0,35
Peso de carcaça quente (kg)	109 b	118 a	111 b	4,68	<0,01
Peso de carcaça fria (kg)	108 b	115 a	109 b	4,60	0,01
Rendimento de carcaça, (kg)	81,5	83,2	82,1	2,04	0,08
Perda por gotejamento (%)*	1,81	2,51	2,26	13,3*	0,44
Profundidade de lombo (cm)	7,67	8,01	7,62	7,22	0,11
Área de olho de lombo (cm ²)	58,0 b	64,5 a	57,8 b	9,12	0,02
Espessura de toucinho (cm)	13,0	13,1	13,6	15,2	0,85
Área de gordura (mm ²)	22,2	20,0	23,1	13,6	0,07
Relação carne gordura	2,73 b	3,33 a	2,56 b	16,39	0,01
Quantidade de carne (kg)	58,1 b	62,0 a	58,5 b	4,50	<0,01

^{a,b} Médias seguidas por diferentes letras diferem pelo teste Tukey (P<0,05)

* Variável transformada (opção de transformação: raiz quadrada)

Tabela 3. Características microbiológicas e morfológicas do jejuno e incidência e diarreia de suínos em crescimento e terminação, recebendo dietas com ractopamina ou com aditivo fitogênico.

Variável	Dieta experimental			CV (%)	P =
	Controle	Ractopamina	Fitogênico		
Características microbiológicas					
<i>Escherichia coli</i> (log UFC/g)	7,537	6,723	7,040	13,6*	0,43
<i>Lactobacillus</i> (log UFC/g)	4,033	5,373	4,886	-	0,82
<i>Bifidobacterium</i> (log UFC/g)	5,659	5,637	5,694	18,8*	0,96
Características morfológicas					
Altura de vilosidade (µm)	509	462	539	19,7	0,24
Profundidade de cripta (µm)	373	468	408	-	0,12
Relação vilosidade:cripta	1,46	1,05	1,47	31,5*	0,59
Incidência de diarreia	8,6	9,4	8,9	-	0,92

* Variável transformada (opção de transformação: transformação de Johnson)