

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE SUA TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

FERNANDA MARIA DENCK

**ÁCIDO FUMÁRICO NA DIETA DE LEITÕES EM CRECHE:  
UM ESTUDO META-ANALÍTICO**

PONTA GROSSA  
2016

FERNANDA MARIA DENCK

**ÁCIDO FUMÁRICO NA DIETA DE LEITÕES EM CRECHE:  
UM ESTUDO META-ANALÍTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para aprovação na disciplina de Orientação de Trabalho de Conclusão de Curso na Universidade Estadual de Ponta Grossa, Área de Zootecnia.

Orientador (a): Prof. Dra. Cheila Roberta Lehen.

PONTA GROSSA  
2016

*Dedico este trabalho a minha família, em especial aos meus pais José Alberto e Elaine por todo incentivo, ensinamento e pelo apoio em todas as minhas decisões. Ensinaram a encarar as responsabilidades e se tornar hoje uma Profissional.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo Dom da vida, por me conceder a virtude e o mais puro e singelo o sentimento, o de: poder amar e ser amada por uma família. Por me ouvir nos momentos difíceis, os quais não foram poucos, por me dar forças para continuar e superar todas as dificuldades ao longo dessa caminhada.

Aos meus pais pelo amor incondicional, pelo exemplo de família, amor, respeito, cumplicidade e honestidade. Algo que aprendi com vocês, que define muito da pessoa que me tornei e que sou hoje, e que se descreve na seguinte frase: “Os filhos, não são somente, os que são gerados no ventre, mas também aqueles que, pelos nossos olhos, são gerados, também no coração”. (*kabral Araújo*) E digo que: Os pais, não são somente, os que nos geram, mas aqueles que pelos nossos olhos, são gerados, e escolhidos para nos amar. Obrigada por todo esse amor, amo muito vocês.

Agradeço aos meus irmãos, José Henrique, Gabriela Maria e Evelyn Maria, por todo amor, e por estarem sempre ao meu lado, seja me aguentando em dias estressantes, de provas, trabalhos ou nos momentos de alegrias e alívio. Ao meu namorado Nicolaas, meu parceiro, meu amigo, que esteve presente nesse momento, por todo o seu apoio, paciência, por estar sempre ao meu lado e me incentivando mesmo longe. Obrigada pelo seu amor.

Agradeço aos meus colegas de curso, de modo especial às “meninas” Thaís Cruz, Leticia e Melissa, obrigada por me ensinarem, cada uma com seu jeitinho, a amizade de vocês foram insubstituíveis principalmente nesses últimos anos de curso. Obrigada de coração, por todas as risadas, pelas parcerias, pelos conselhos, pelos dias de euforia antes das provas e trabalhos, por todas as noites de trabalhos até de madrugada e também pelas noites de comemoração das nossas “vitórias”, por todo apoio, amo cada uma de vocês. Agradeço também em especial ao meu amigo João Otávio, parceiro de pesquisa, de trabalhos e estágios, nossa amizade foi se moldando dia após dia, uma pessoa que não mediu esforços para me ajudar, me apoiou e incentivou muito ao longo do curso, desejo muito sucesso em sua vida e uma brilhante carreira como profissional. Obrigada.

Agradeço de coração a Prof. Dra. Cheila Roberta Lehnen, por tudo. Primeiramente pelo exemplo, de profissional e mulher. Sua determinação, dedicação, persistência e coragem são admiráveis. Sem dúvida, deixou explícito o seu amor à pesquisa, a sua profissão, realmente me ensinou como é bom amar e fazer o que se gosta, em especial a Zootecnia. É um dos ensinamentos mais valiosos que vou levar comigo. Obrigada, pelos conselhos e conversas,

pelas broncas, pela paciência, por me cobrar, e principalmente por me fazer acreditar em mim mesma, principalmente para elaboração desse trabalho sobre a sua orientação.

Agradeço à Universidade Estadual de Ponta Grossa, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e à Fundação Araucária pelas bolsas concedidas.

Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.

(Marthin Luther King)

## **RESUMO**

Uma meta-análise foi realizada com o objetivo de estudar as respostas de leitões nas fases pós desmame e em creche alimentados com dietas contendo ácido fumárico. A base de dados contemplou 30 artigos publicados entre 1984 a 2014, totalizando 5443 animais distribuídos em 102 tratamentos. O período experimental médio foi 28,51 dias, com variação de 7 a 62 dias. A idade média dos leitões ao início dos experimentos foi de 26,1 dias e 44,7 dias, respectivamente. A meta-análise foi realizada por análise gráfica e de variância-covariância. Correlações médias e negativas ocorreram entre nível de ácido fumárico (AF) e pH da dieta, estômago e duodeno. O uso de acidificante em dietas para leitões reduziu ( $P < 0,05$ ) o pH da dieta em 19%, do estômago em 4,8% e do jejuno em 5,6% em relação a leitões alimentados sem a adição de acidificantes. A adição de AF na dieta de leitões melhora em 6% a eficiência alimentar. A adição do ácido fumárico nas dietas de leitões nas fases pós-desmame e em creche atua na redução do pH da dieta, do estômago e do jejuno. O uso do ácido fumárico nas dietas proporciona efeitos benéficos em nível intestinal, com aumento da digestibilidade das dietas, e o melhor aproveitamento dos nutrientes ao animal e proporciona melhores índices zootécnicos nesta fase crítica de pós-desmame e em creche nos leitões. Entretanto, não altera a morfometria intestinal e a digestibilidade da proteína bruta em leitões em creche.

**Palavras-chave:** Acidificantes. Ácido Fumárico. Nutrição. Sistematização de dados.

## **ABSTRACT**

A meta-analysis was performed in order to study the responses of piglets in post weaning phase and nursery diets containing fumaric acid. The database included 30 articles published between 1984-2014, totaling 5443 animals spread over 102 treatments. The average trial period was 28.51 days, range 7-62 days. The average age of piglets at the beginning of the experiments was 26.1 days and 44.7 days, respectively. The meta-analysis was performed by graphical analysis and variance-covariance. medium and negative correlations occurred between the level of fumaric acid (FA) and pH diet, stomach and duodenum. The use of acidifiers in diets for pigs decreased ( $P < 0.05$ ) the pH of the diet by 19%, the stomach at 4.8% and 5.6% in the jejunum compared to piglets fed without the addition of acidifying. The addition of AF in piglets diet 6% improvement in feed efficiency. Addition of fumaric acid in the diet of piglets in post-weaning stage and nursery acts to reduce the pH of the diet, stomach and jejunum. The use of fumaric acid in the diet provides beneficial effects on intestinal level, with increased digestibility of diets, and the best use of nutrients to the animal and provides better performance parameters in this critical phase of post-weaning and nursery in piglets. However, does not alter the intestinal morphology and the digestibility of crude protein in piglets in nursery

**Keywords:** acidifiers. Fumaric acid. Nutrition. Data systematization.



## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 - Ganho de peso observado e estimado para leitões alimentados com dietas contendo ácido fumárico.....	19
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados descritivos dos artigos presentes na base para meta-análise.....	15
Tabela 2 – Composição nutricional das dietas de leitões alimentados com dietas contendo ácido fumárico no pós-desmame e fase de creche.....	16
Tabela 3 – Desempenho dos leitões em creche alimentados com dietas contendo o ácido fumárico.....	18
Tabela 4 – Influência do pH da dieta e do uso de ácido fumárico em dietas para leitões em creche.....	20
Tabela 5 – Equações para estimar a influência do consumo do ácido fumárico sobre o desempenho dos leitões no pós-desmame e fase de creche.....	22

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>AF</b>	Ácido fumárico
<b>CDPB</b>	Coefficiente de digestibilidade da proteína bruta
<b>CDR</b>	Consumo diário de ração
<b>EF</b>	Eficiência alimentar
<b>EM</b>	Energia metabolizável
<b>GDP</b>	Ganho diário peso
<b>H<sup>+</sup></b>	Íons de hidrogênio
<b>pKa</b>	Constante de dissociação de íons de hidrogênio
<b>pH</b>	Potencial hidrogeniônico

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1 <i>Desmame precoce.....</i>	<i>12</i>
1.2 <i>Importância dos acidificantes na dieta.....</i>	<i>12</i>
1.3 <i>Ácido Fumárico.....</i>	<i>13</i>
1.4 <i>Meta-análise: abordagem sistêmica e analítica.....</i>	<i>13</i>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
2.1 <i>Codificação.....</i>	<i>17</i>
2.2 <i>Análise gráfica e de correlação.....</i>	<i>17</i>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>23</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A suinocultura industrial moderna vem gerando uma forte pressão sobre a idade de desmame dos leitões. Dentre as estratégias mais utilizadas no setor suinícola está a redução do período de aleitamento, visando máxima produtividade com o maior número de leitões desmamados/porca/ano (VILAS BOAS., 2014).

O processo de desmame precoce consiste em separar as leitegadas das mães cada vez mais cedo, visando acelerar o processo de produção, elevando o número de nascimentos, leitões desmamados e terminados por fêmea ao ano, diminuir os dias não produtivos e tornar a produção mais econômica ao suinocultor. Porém, o sistema digestivo dos leitões é imaturo fisiologicamente, tendo em vista que o leitão recém-nascido está naturalmente adaptado ao leite da porca, à base de proteínas do leite, e a transição de dietas, para dieta sólida, a base de produtos de origem vegetal, pode associar-se a distúrbios gastrointestinais, e à baixa atividade enzimática (FERREIRA et al.,2001).

### *1.1 Desmame precoce*

O desmame dentro do sistema de produção da suinocultura, é considerado uma das fases mais críticas para o desenvolvimento dos leitões. É o processo de separação dos leitões das mães que ocorre geralmente, com 21 a 28 dias, considerado precoce em relação ao desmame natural. A exposição ao novo alojamento, patógenos e alimento desencadeiam uma resposta imunológica que afeta os processos metabólicos dos leitões. Com isso o leitão fica predisposto a maior incidência de diarreias e infecções causadas por patógenos presentes no meio. Em resposta, os leitões reduzem a ingestão de alimento e água nos primeiros dias pós-desmame o que afeta diretamente o ganho de peso e posterior desenvolvimento desses animais (KUMMER et al.,2009). Com o aumento de substrato em nível intestinal, a maior atividade microbiana acelera a descamação no epitélio intestinal causando diarreias. Uma das formas de controlar esse quadro é através da adição de acidificantes à dieta.

### *1.2 Importância dos acidificantes na dieta*

Os acidificantes pertencem ao grupo de aditivos equilibradores da flora, podem ser ácidos orgânicos e seus sais ou ácidos inorgânicos. Os ácidos orgânicos são ácidos graxos de cadeia curta com um a sete carbonos, parcialmente dissociados no meio. A presença do grupo

carboxila  $\text{COOH}^-$  confere aos ácidos carboxílicos, entre outras propriedades, a de serem ácidos fracos e pouco corrosivos (BRAZ, 2007).

Na alimentação animal, são empregados como acidificantes em dietas, onde podem apresentar ação antimicrobiana após a ingestão, conferindo a ação como promotor de crescimento (PARTANEN; MROZ., 1999). Os acidificantes são capazes de reduzir o pH gástrico, promovendo um ambiente mais adequado para a ação das enzimas digestivas, reduzindo a proliferação de microrganismos patogênicos, com consequente melhora no aproveitamento dos nutrientes, e indiretamente, no desempenho dos animais (BRAZ., 2007).

### *1.3 Ácido Fumárico*

O ácido fumárico é um ácido dicarboxílico ( $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ ), podendo ser encontrado naturalmente em plantas e fungos, apresenta-se de forma sólida, como forma de pequenos cristais brancos, considerado não volátil, inodoro, com sabor azedo e pouco solúvel em água. No organismo animal, o ácido fumárico é produzido através da degradação da fenilalanina e tirosina, participando do metabolismo intermediário do ciclo da ureia e da síntese de bases púricas (PARTANEN & MROZ., 1999). Pelo seu alto poder de dissociação (pKa), é um ácido considerado antimicrobiano ativo que pode reduzir bactérias indesejáveis no trato gastrointestinal como a *Escherichia coli* e melhorar a taxa de crescimento com inclusões de até 4% nas dietas para suínos e aves (GOMES et al., 2007). Além disso, a utilização do ácido fumárico colabora na acidez estomacal juntamente com a produção natural do ácido clorídrico (LAWLOR et al., 2005). Entretanto, diversos estudos abordam diferentes resultados quanto ao uso do ácido fumárico em dietas para leitões. Uma forma de integrar essas respostas é através do uso da meta-análise que permite gerar uma conclusão sistêmica sobre o tema.

### *1.4 Meta-análise: abordagem sistêmica e analítica*

Um grande número de trabalhos publicados sobre o um mesmo tema, pode não refletir avanços qualitativos, pois muitos estudos possuem resultados pouco conclusivos, geralmente devido ao pequeno número de observações. Assim, a diversidade de informações existentes pode não atender a determinadas expectativas dos pesquisadores. Neste contexto, as revisões tornaram-se ferramentas essenciais para acompanhar evidências que se acumulam em um determinado campo de interesse (ST-PIERRE., 2007). Para tanto, a utilização da meta-análise como forma de gerar novos resultados ajustados à diversidade experimental, a partir de resultados já publicados, surge com uma alternativa viável. Devido a suas propriedades

analíticas, a meta-análise permite aumentar o número de observações (n) detectando diferenças que não seriam notadas em populações menores (LOVATTO et al., 2007).

Existe uma grande variabilidade de estudos envolvendo as diferentes formas de uso e níveis aplicáveis do ácido fumárico em ensaios *in vivo* em leitões pós desmame e em creche. Estes estudos, apesar de completar um grande volume de informação, são variáveis e até contraditórios. Além disso, os custos para a realização dos experimentos e as dificuldades práticas impedem a caracterização e a quantificação de diversos fatores. Diante dessa problemática, este estudo tem o objetivo de avaliar o uso e o nível do ácido fumárico na alimentação de leitões sobre desempenho, morfometria e digestibilidade de nutrientes na fase de creche, por meio da meta-análise.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido a partir das informações obtidas das seções de material e métodos e resultados dos artigos selecionados, realizado pelo Grupo BioModel no Departamento de Zootecnia na Universidade Estadual de Ponta Grossa. Os critérios para seleção das publicações indexadas foram: apresentar resultados zootécnicos e de morfometria de experimentos com leitões em creche alimentados com dietas contendo diferentes níveis do ácido fumárico. As principais bases indexadoras foram: Scielo, ScienceDirect, Elsevier, PubMed e Periódicos Capes. A base de dados completou 30 artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais (Tabela 1). O espaço temporal da base de dados foi de 1984 a 2014 (moda: 1991). Os experimentos foram realizados em instituições da América do Norte (40%), da América do Sul (30%), da Europa (26%) e da Ásia (4%), totalizando 5001 animais distribuídos em 102 tratamentos. O período experimental foi 28,51 dias, com variação de 7 a 62 dias. A idade dos leitões ao início dos experimentos foi de, em média, 26,1 dias e de final de experimento foi de 44,7 dias. A base de dados foi composta por estudos com macho castrado e fêmea (75%), somente machos castrados (14,25%), somente fêmeas (1,50%), e os 9% não informaram o sexo utilizado nos tratamentos. Os delineamentos experimentais utilizados foram em blocos ao acaso (95%) e os demais artigos não informavam o delineamento experimental (5%).

Tabela 1 - Dados descritivos dos artigos utilizados na base de dados da meta-análise

Autores	Nº de animais	Nível de ácido fumárico %	pH da dieta	Peso inicial, kg	Peso final, kg
Bergstrom et al., 1994	120	1,5	–	–	–
Bosi et al., 1999	56	0,5	5,3	4,58	12,25
Edmonds., 1985	40	1,5	–	9,60	13,55
Falkowski et al., 1984	128	1,0 , 2,0	–	8,70	20,50
Giesting et al., 1985	692	1,0 , 2,0 , 3,0 , 4,0	4,68	8,29	15,84
Giesting et al., 1991	450	2,0 , 2,75, 3,0	4,76	7,52	12,52
Giesting et al., 1991	64	2,0	–	6,21	15,59
Gheler et al., 2009	128	1,5 , 2,0	–	7,51	12,10
Gomes et al., 2007	270	0,5 , 1,0	–	3,99	9,00
Grecco, 2014	108	0,2, 0,4, 0,8	5,9	7,39	11,24
Hanczakowska et al., 2011	129	1,5	–	7,85	11,28
Henry et al., 1985	110	1,5	–	3,00	7,49
Kil et al., 2006	48	0,2	–	9,49	19,86
Krause et al., 1994	495	2,5	5,16	7,16	13,31
Lawlor et al, 2006	40	2,0	–	6,05	15,50
Lawlor et al, 2005	560	2,0 , 3,0	5,3	6,89	13,10
Miguel et al, 2011	96	1,0	5,6	5,95	24,86
Owusu-Asiedu et al., 2003	15	2,0	–	4,24	5,34
Radecki et al., 1988	144	1,5 , 3,0	–	7,27	9,90
Ribeiro et al., 2002	150	0,5, 1,0 , 1,5, 2,0	–	6,60	17,86
Risley et al., 1991	96	1,5	5,66	6,30	19,10
Risley et al., 1993	32	1,5	5,56	5,49	7,78
Rodas et al, 1998	96	2,0	–	16,0	19,11
Sbartella et al., 2012	50	–	–	6,0	31,35
Silva , 2004	96	1,0, 1,2, 1,5	–	6,17	16,00
Tracker et al., 1991	80	2,0	–	8,1	15,51
Tsiloyiannis et al., 2001	192	1,5	–	6,72	13,60
Tierzo et al., 2012	336	1,0	–	–	–
Tokach et al., 1992	132	1,5	–	11,90	16,09
Zentek et al., 2013	48	1,5	4,55	6,84	17,80



O peso médio inicial e final dos animais nos estudos foram  $6,9 \pm 1,23$ kg (variação de 3,0 a 17,7kg) e  $13,4 \pm 3,32$ kg (variação de 4,68 a 39,9kg). O valor médio de pH da dieta foi 5,09 sendo verificados os valores mínimo de 3,30 e máximo de 6,90. O valor médio do nível de ácido fumárico na dieta foi de 1,00% sendo verificados os valores mínimo de 0,0 e máximo 4,0 %. O valor médio do ácido fumárico ingerido foi de 0,124 g/d, sendo os valores mínimo de 0,0 e máximo 0,640 g/d. O pH da dieta foi distribuído de acordo com as fases das dietas, sendo que, as que apresentaram resultados passíveis de análise foram: Inicial 1 (22-35 dias creche) com pH da dieta de 5,18 (variação de 3,30 a 6,90); e Inicial 2 (36-42 dias creche) com pH da dieta de 5,03 (variação de 3,30 a 6,90). As idades dos leitões foram distribuídas em fases Inicial 1 e 2 conforme as tabelas propostas por ROSTAGNO et al. (2011).

Todas as 30 dietas utilizadas foram compostas pelo binômio milho/farelo de soja. Os principais ingredientes utilizados nas dietas como fonte energética foram, exclusivamente o milho (100% das dietas) considerando que neste (10%) com milho processado termicamente, trigo (26%), cevada (2,57%) e a aveia (3,83%) e como fonte proteica, o farelo de soja (97,4% das dietas) (Tabela 2). Algumas das dietas utilizaram como ingredientes tamponante os subprodutos do leite (46,52%).

Tabela 2. Composição nutricional das rações de leitões alimentados com dietas contendo ácido fumárico no pós-desmame e fase de creche.

Nutrientes	N	Media	Mínimo	Máximo	dpr <sup>2</sup>
Energia Metabolizável, kcal/kg	151	3371	3127	3776	112
Proteína Bruta, %	221	19,87	15,57	27,40	1,66
Lisina digestível, %	174	1,23	0,56	1,64	0,20
Metionina digestível, %	64	0,331	0,10	1,00	0,30
Cálcio, %	159	0,817	0,57	1,57	0,15
Fósforo disponível, %	61	0,574	0,40	0,80	1,33
Ingredientes	Composição da ração, %				
	N	Media	Mínimo	Máximo	
Milho <sup>1</sup>	271	20,00	10,14	27,43	
Trigo	65	39,82	14,0	45,9	
Farelo de soja	226	22,50	18,05	26,97	
Leite em pó	18	16,21	6,9	25,0	
Soro de leite <sup>2</sup>	70	9,53	7,4	11,7	

<sup>1</sup> Milho cozido, milho gelatinizado, milho em flocos. <sup>2</sup> Soro de leite, soro de leite seco, soro de leite desnatado, soro de leite doce, soro de leite em pó, N: número de tratamentos; <sup>2</sup>dpr: desvio padrão residual;

## 2.1 Codificação

Uma codificação para o ácido fumárico foi utilizada na base de dados para considerar a variabilidade dos mesmos. Além disso, os dados foram analisados separadamente e os grupos controles foram relativos aos níveis do ácido fumárico. Os níveis de ácido fumárico utilizados na base de dados estão apresentados na Tabela 1. Além desta codificação categórica, foram utilizadas outras três codificações moderadoras: a) codificação geral (efeito de estudo), onde cada artigo recebeu um número sequencial; b) codificação inter, onde cada tratamento recebeu um número composto por codificação geral mais outro número de forma sequencial (artigo 1, tratamento 01= 1+01 = 101); c) codificação intra, código semelhante ao inter utilizado quando haviam medidas repetidas (no tempo ou doses). A definição das variáveis dependentes e independentes e a codificação dos dados, de maneira a permitir a análise dos efeitos inter e intraexperimentos, foram realizadas segundo (LOVATTO et al., 2007) e (SAUVANT et al., 2008).

As variáveis avaliadas para desempenho foram: consumo de ração diário (kg/d), ganho médio diário (kg/d), e eficiência alimentar. As variáveis estimadas foram: EM (kcal/d), Lisina (g/d), consumo de ácido fumárico (AF, g/d). Já as variáveis observadas, como coeficiente de digestibilidade de proteína bruta, pH da dieta e morfometria intestinal, foram tabulados, a fim de permitir uma análise descritiva dos estudos incluídos na base de dados.

## 2.2 Análise gráfica e de correlação

A análise gráfica foi utilizada para observar a distribuição dos dados de modo a formar uma visão global sobre a coerência e heterogeneidade dos dados. Através dessa análise puderam ser formadas hipóteses de correlação para definição do modelo estatístico (LOVATTO et al., 2007). Em seguida foi realizada análise de correlação, a qual permitiu observar a interação de algumas variáveis sobre os resultados. Foram posteriormente incluídas na análise de variância-covariância utilizando o ajuste por covariável. As comparações entre os dados foram feitas ao nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas através do programa MINITAB 16 (MINITAB INC., STATE COLLEGE, USA).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desempenho dos leitões nos primeiros dias pós-desmame é influenciado pelo baixo consumo de alimento. Na tabela 3 são apresentados os resultados para o desempenho de

leitões alimentados com dietas contendo ácido fumárico ou não. A fase Inicial 1 compreende o período logo após o desmame dos leitões com idades de 22 aos 35 dias. Já a fase Inicial 2 compreende o período dos 35 dias aos 63 dias de idade (ROSTAGNO et al., 2011). O peso vivo, a quantidade e o tempo de exposição ao acidificante na dieta interferem no consumo de ração, e conseqüentemente no ganho de peso dos leitões. A eficiência alimentar diferiu ( $P < 0,001$ ) nas fases Inicial 1 e Inicial 2. O consumo contínuo de acidificante durante o período de creche possibilita ao leitão uma melhor digestão proteica associada a melhora na saúde intestinal. Este sinergismo pode contribuir para os melhores resultados na eficiência alimentar.

O consumo de ração e ganho de peso médio diário não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os leitões alimentados com dietas contendo ou não o ácido fumárico. Para a fase total do experimento (Pós desmame e Creche (22 a 63 dias) não houve alteração ( $P > 0,05$ ) no desempenho dos leitões. Isso ocorre devido ao efeito sinérgico sobre o aproveitamento dos nutrientes e menor ação de micro-organismos patogênicos em nível intestinal que podem comprometer o desempenho dos leitões, principalmente logo após o desmame quando estes são mais suscetíveis a desordens fisiológicas e nutricionais.

Tabela 3. Desempenho dos leitões em creche alimentados com dietas contendo o ácido fumárico.

Fase	CDR, kg/d <sup>0,60</sup>		GMD, kg/d <sup>0,60</sup>		EF	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
N	66	50	66	50	50	33
Inicial 1	0,097	0,098	0,066	0,065	0,666	0,629
Dpr	0,031		0,222		0,062	
P	ns		ns		***	
N	68	48	70	50	58	38
Inicial 2	0,134	0,133	0,086	0,086	0,628	0,631
dpr	0,031		0,222		0,062	
P	ns		ns		***	

$P < 0,001$ \*\*\*;  $P < 0,01$ \*\*;  $P < 0,05$ \* e  $P > 0,05$  ns. CDR, kg/d<sup>0,60</sup>: Consumo diário de ração ajustado para peso metabólico; GMD, kg/d<sup>0,60</sup>: Ganho médio diário ajustado para peso metabólico; EF: Eficiência Alimentar; dpr: desvio padrão residual.

O peso vivo é o principal fator que interfere no consumo de ração. Para leitões em creche, as exigências nutricionais dependem diretamente do peso vivo e podem ser atendidas pelo consumo adequado de nutrientes. Entretanto, os fatores estressantes após o desmame, de ambiência, nutrição e sanidade que desencadeiam reações adversas na resposta imunológica que afeta os processos metabólicos dos leitões, podendo comprometer o consumo e o aproveitamento dos nutrientes. Assim, o consumo de dietas com ácido fumárico pode

estimular o consumo de ração, e indiretamente o ganho de peso dos leitões através dos efeitos benéficos em nível intestinal.

Com o uso da dieta acidificada com ácido fumárico ocorre um aumento no consumo de ração pelos leitões em vista do maior ganho de peso, reflexo do sinergismo de efeitos benéficos do ácido fumárico em nível digestivo e metabólico. Por conta disso, o ácido fumárico aumenta a digestibilidade e a palatabilidade da dieta, favorecendo melhor utilização dos nutrientes pelos leitões, estimulando assim o consumo e conseqüentemente o ganho de peso diário, e posteriormente proporcionando melhores índices zootécnicos, na Figura 1.

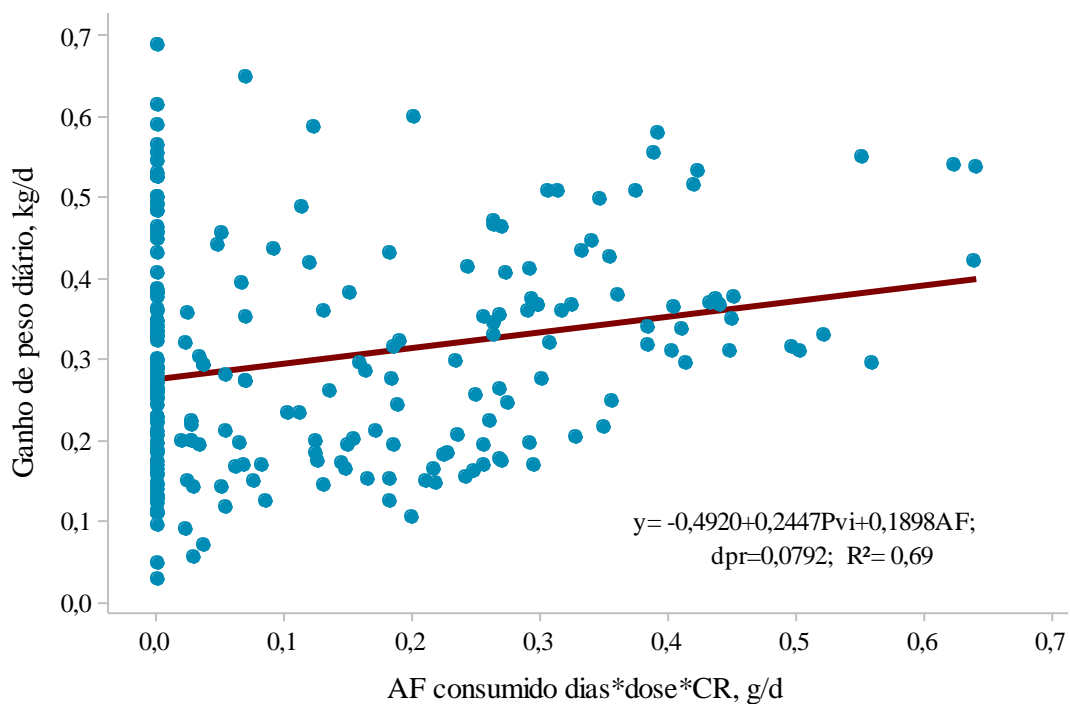


Figura 1. Ganho de peso observado para leitões alimentados com dietas contendo ácido fumárico.

O nível de ácido fumárico (%AF) apresentou correlação positiva, (0,836) com o consumo de acidificante pelos leitões ( $P < 0,001$ ) (Tabela 4). As correlações entre o pH da dieta, % de AF adicionado e ingerido pelos leitões foram significativas e médias. A correlação negativa entre o pH do estômago e jejuno com o % de AF indica que houve acidificação em nível gástrico a medida que o nível de AF aumentou nas dietas. Para os leitões desmamados e em creche, a redução do pH do estômago e o poder de tamponamento da dieta tem influência no trato gastrointestinal. Isso se torna relevante a medida em que os leitões passam de uma dieta exclusivamente líquida para sólida. Além disso, os leitões antes e após o desmame apresentam um sistema digestório imaturo e uma limitada capacidade de produzir ácido

clorídrico (SURYANARAYANA et al., 2015). Assim, a redução do pH da dieta com a adição do ácido fumárico pode melhorar o aproveitamento dos nutrientes por estes animais.

O pH do estômago e do íleo apresentaram correlação negativa (-0,137 e -0,042, respectivamente), porém os resultados não foram significativos ( $P > 0,05$ ) com a adição do ácido fumárico na dieta. É provável que esteja relacionado às pequenas doses do ácido, juntamente com um baixo pH gástrico, o qual é parcialmente absorvido no estômago tendo, portanto, um efeito limitado ou residual na redução do pH nos conteúdos das porções do intestino delgado e grosso (TONEL, 2009). A liberação de prótons  $H^+$  por um período prolongado pode ser melhorada pelo processo de micro encapsulamento ou proteção dos compostos ativos em uma matriz que se pode dissolver a medida que passa ao longo do intestino. A proteção dos ácidos torna-se vantajosa, pois a acidificação do meio será gradativa e prolongada no trato gastrointestinal (PIVA et al., 2007).

O uso de ácido fumárico em dietas para leitões reduziu ( $P < 0,05$ ) o pH da dieta em 19%, do estômago em 4,8% e do jejuno em 5,6% em relação a leitões alimentados sem a adição de AF (Tabela 4). A acidificação do conteúdo gastrointestinal pode aumentar a digestão de proteínas, pela atividade da pepsina, melhorando a digestibilidade proteica, a secreção de bicarbonato e enzimas pancreáticas que auxiliam no esvaziamento gástrico e na absorção de nutrientes no intestino (VILAS BOAS, 2014). Com o consumo de nutrientes e a redução do pH nos compartimentos intestinais, o desenvolvimento de patógenos é limitado, pois age na microbiota e na seleção de microrganismos benéficos a saúde intestinal.

Tabela 4. Influência do pH da dieta e do uso de ácido fumárico em dietas para leitões em creche.

Variável	Correlações			N	Acidificante			
	%AF dieta <sup>1</sup>	g/d AF ing <sup>2</sup>	pH dieta		Com	Sem	Dpr	P
pH		0,836 <sup>***</sup>						
Dieta	-0,512 <sup>***</sup>	-0,418 <sup>***</sup>	1,000	42	4,67	5,76	0,79	***
Estômago	-0,137 <sup>ns</sup>	-0,252 <sup>ns</sup>	-	8	3,96	4,16	0,10	**
Jejuno	-0,585 <sup>*</sup>	-0,504 <sup>ns</sup>	-	6	5,76	6,10	0,07	***
Íleo	0,021 <sup>ns</sup>	-0,042 <sup>ns</sup>	-	6	6,92	6,89	0,07	ns
Vilosidades, $\mu$ m								
Altura	0,275 <sup>ns</sup>	-0,035 <sup>ns</sup>	-	11	432	401	48,2	ns
Espessura	0,101 <sup>ns</sup>	-	-	8	942	929	-	-
Profundidade	0,114 <sup>ns</sup>	-0,117 <sup>ns</sup>	-	11	262	246	56,8	ns
C Nutrientes, g/d								
Proteína	-0,024 <sup>ns</sup>	0,287 <sup>*</sup>	0,049 <sup>ns</sup>	102	90,4	89,3	30,4	ns
Lisina	-0,108 <sup>ns</sup>	0,201 <sup>*</sup>	0,119 <sup>ns</sup>	101	5,62	5,63	1,78	ns

<sup>1</sup>% de adição de ácido fumárico na dieta; <sup>2</sup>consumo de ração\*período\*nível de AF dieta; P:  $P < 0,001$ \*\*\*;  $P < 0,01$ \*\*;  $P < 0,05$ \* e  $P > 0,05$ <sup>ns</sup>; dpr: desvio padrão residual.

O uso do ácido fumárico não promoveu diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) na morfologia e morfometria intestinal de leitões. Nesta fase de pós-desmame há uma ingestão limitada de alimentos, uma digestão incompleta, que favorece a diminuição na capacidade de absorção desses nutrientes, servindo principalmente como substrato para os micro-organismos patogênicos, pois diminui a área de absorção no trato gastrointestinal. O consumo de proteína e lisina apresentaram uma correlação positiva (0,287 e 0,201, respectivamente,  $P < 0,05$ ) com a ingestão diária de ácido fumárico. Indiretamente, na estimativa de consumo de nutrientes é considerado o consumo de ração observado o que pode indicar a correlação positiva entre as variáveis.

As equações apresentadas na Tabela 5 indicam a influência do consumo do ácido fumárico sobre o desempenho dos leitões.

Tabela 5 - Equações para estimar a influência do consumo do ácido fumárico sobre o desempenho dos leitões no pós-desmame e fase de creche.

Variável	Equação	RSD	R <sup>2</sup>
<i>Consumo de ácido fumárico (g/d)</i>			
Consumo diário de ração, kg/d	0,4296+0,347AF	0,1456	50,2
Ganho médio diário, kg/d	0,2860+0,258AF	0,0946	55,7
Eficiência alimentar	0,7055+ 0,089AF	5,847	46,6
Idade inicial, dias	24,257+7,625AF	5,8479	46,6
pH estomago	4,2966-2,2241AF	0,1092	99,7
pH jejuno	6,2607-2,9320AF	0,1329	86,1
pH Inicial 1	6,1275-3,8141AF	0,1380	88,7

AF g/d: %AF consumido dias\* dose\*consumo de ração; RSD: desvio padrão residual.

A cada grama de ácido fumárico consumido há um aumento no consumo diário de ração de 0,347 kg/d e um ganho médio diário de 0,258 kg/d. Além disso, esse impacto é refletido em uma melhor eficiência alimentar com aumento de 0,089. O peso inicial e final influencia diretamente no desempenho dos leitões ao longo desta fase pós desmame, onde o consumo é limitado, devido aos diversos fatores estressores que são expostos. Quanto a acidificação na dieta, ocorre a redução de 2,224 pontos de pH do estômago e 2,366 pontos de pH para os demais compartimentos intestinais a cada grama de ácido fumárico consumido pelos leitões. Os animais adultos ajustam o pH gástrico por intermédio da secreção do ácido clorídrico pelas células parietais. Entretanto, em leitões recém-desmamados, a situação é diferente, pois esses

animais apresentam o pH gástrico mais elevado e mais variável em relação aos animais adultos (BRAZ, 2007).

O consumo do ácido fumárico é influenciado pela redução no pH da dieta. Com isso, provoca melhor aproveitamento de nutrientes, melhora a digestibilidade das proteínas, e favorece maior liberação de secreções gástricas. Já a redução no pH do estômago, promove menor taxa de esvaziamento estomacal, limita a proliferação de patógenos, e propicia melhora a nível intestinal sobre a saúde desses leitões nesta fase pós desmame e em creche.

#### **4. CONCLUSÕES**

Através dessa meta-análise conclui-se que a adição do ácido fumárico nas dietas de leitões nas fases pós-desmame e em creche atua na redução do pH da dieta, do estômago e do jejuno. O uso de ácido fumárico na dieta de leitões proporciona efeitos benéficos em nível intestinal, com aumento da digestibilidade das dietas, e o melhor aproveitamento dos nutrientes pelo animal, melhorando os índices zootécnicos.

A duração do experimento, idade e peso vivo inicial dos leitões interferem no uso de acidificantes para leitões em creche. Entretanto, não altera a morfometria intestinal em leitões na fase de creche.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERGSTROM, J. R. et al. Influence of buffered propionic and fumaric acids on starter pig performance. **Swineday**, p. 118–121, 1994.

BRAZ, D. B. **Acidificantes como alternativas aos antimicrobianos melhoradores do desempenho de leitões na fase de creche**. Piracicaba: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, 15 fev. 2007.

BOSI, P. et al. Effects of Dietary Buffering Characteristics and Protected or Unprotected Acid on Piglet Growth, Digestibility and Characteristics of Gut Content. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 12, n. 7, p. 1104–1110, 1 nov. 1999.

EDMONDS, M. S.; IZQUIERDO, O. A.; BAKER, D. H. Feed additive studies with newly weaned pigs: efficacy of supplemental copper, antibiotics and organic acids. **Journal of animal science**, v. 60, n. 2, p. 462–9, fev. 1985.

FALKOWSKI, J. F.; AHERNE, F. X. Fumaric and Citric Acid as Feed Additives in Starter Pig Nutrition. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 4, p. 935, 1984.

FERREIRA, V. P. DE A. et al. Dietas para leitões em aleitamento e pós-desmame. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 753–760, jun. 2001.

GIESTING, D. W.; EASTER, R. A. Response of starter pigs to supplementation of corn-soybean meal diets with organic acids. **Journal of animal science**, v. 60, n. 5, p. 1288–94, maio 1985.

GIESTING, D. W.; EASTER, R. A. Effect of protein source and fumaric acid supplementation on apparent ileal digestibility of nutrients by young pigs. **Journal of animal science**, v. 69, n. 6, p. 2497–503, jun. 1991.

GIESTING, D. W.; ROOS, M. A.; EASTER, R. A. Evaluation of the effect of fumaric acid and sodium bicarbonate addition on performance of starter pigs fed diets of different types. **Journal of animal science**, v. 69, n. 6, p. 2489–96, jun. 1991.

GOMES, F. E. et al. Ácido fumárico e sua combinação com os ácidos butírico ou fórmico em dietas de leitões recém desmamados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 5, p. 1270–1277, out. 2007.

GHELER, T. R. et al. Uso de ácido benzoico na dieta de leitões. **Revista Brasileira de**



**Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2182–2187, nov. 2009.

GRECCO, H. A. T. [UNESP]. Acidificantes em dietas de leitões desmamados: desempenho, peso de órgãos, pH, morfometria e microbiota intestinal. **Aleph**, p. 65. 2014.

HANCZAKOWSKA, E.; AGATA, S.; KRZYSZTOF, O. Caprylic, capric and/or fumaric acids as antibiotic replacements in piglet feed. v. 11, n. 1, p. 115–124, 2011.

HENRY, R. W. et al. Citric acid and fumaric acid as food additives for early-weaned piglets. **Animal Production**, v. 40, n. 3, p. 505–509, 2 jun. 1985.

KIL, D. Y. et al. Effects of Organic or Inorganic Acid Supplementation on Growth Performance, Nutrient Digestibility and White Blood Cell Counts in Weanling Pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 19, n. 2, p. 252–261, 7 dez. 2005.

KRAUSE, D. O.; HARRISON, P. C.; EASTER, R. A. Characterization of the nutritional interactions between organic acids and inorganic bases in the pig and chick. **Journal of animal science**, v. 72, n. 5, p. 1257–62, maio 1994.

KUMMER, R. et al. Fatores que influenciam o desempenho dos leitões na fase de creche. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 37, p. 195–209, 2009.

LAWLOR, P. G.; LYNCH, P. B.; CAFFREY, P. J. Effect of creep feeding, dietary fumaric acid and level of dairy product in the diet on post-weaning pig performance. **Irish J Agric Food Res**, 45-55, 2005.

LOVATTO, P. A. et al. Meta-análise em pesquisas científicas: enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 285–294, jul. 2007.

MIGUEL, W. C. et al. Suplementação de acidificantes em rações de leitões desmamados: desempenho e digestibilidade. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 48, n. 2, p. 141, 1 abr. 2011.

MINITAB. **Minitab Inc.** Versão 15. 15.1. 2007.

OWUSU-ASIEDU, A.; NYACHOTI, C. M.; MARQUARDT, R. R. Response of early-weaned pigs to an enterotoxigenic *Escherichia coli* (K88) challenge when fed diets containing spray-dried porcine plasma or pea protein isolate plus egg yolk antibody, zinc oxide, fumaric acid, or antibiotic. **Journal of animal science**, v. 81, n. 7, p. 1790–8, jul. 2003.

PARTANEN, K. H.; MROZ, Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. **Nutrition research reviews**, v. 12, n. 1, p. 117–45, jun. 1999.

PIVA, A. et al. Free versus microencapsulated organic acids in medicated or not medicated diet for piglets. **Livestock Science**, v. 108, n. 1, p. 214–217, 2007.

RADECKI, S. V; JUHL, M. R.; MILLER, E. R. Fumaric and citric acids as feed additives in starter pig diets: effect on performance and nutrient balance. **Journal of Animal Science**, v. 66, n. 10, p. 2598–605, out. 1988.

RIBEIRO, P. R et al. Adição de ácido fumárico em rações de suínos e seus efeitos nas fases inicial e crescimento/ terminação. **Ars Veterinaria**, v. 18, p. 70–77, 2002.

RISLEY, C. R. et al. Effects of organic acids with and without a microbial culture on performance and gastrointestinal tract measurements of weanling pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 35, n. 3, p. 259–270, 1991.

RISLEY, C. R. et al. Effect of feeding organic acids on gastrointestinal digesta measurements at various times postweaning in pigs challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli*. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 73, n. 4, p. 931–940, dez. 1993.

RODAS B.Z DE. et al. Diet acidification effects on performance of early-weaned pigs. **Swine Herdsman**, p.1-7. 1995.

SAUVANT, D. et al. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. **Animal : an international journal of animal bioscience**, v. 2, n. 8, p. 1203–14, ago. 2008.

SBARDELLA, M et al. Ácidos orgânicos em dietas de leitões submetidos ou não a condições de estresse na fase de creche. **Pork Expo**. 2012.

SILVA, G. F. DA. Digestibilidade ileal de aminoácidos de soja micronizada e de farelo de soja para suínos e avaliação de acidificantes em dietas para leitões, 2004. f 96. Dissertação (Tese). Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. 2004

ST-PIERRE, N. R. Meta-analyses of experimental data in the animal sciences. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 343–358, jul. 2007.

SUIRYANRAYNA, M. V. A. N.; RAMANA, J. V. A review of the effects of dietary organic acids fed to swine. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 6, p. 45, 2015.

THACKER, P. A. et al. The effect of organic acids and enzyme supplementation on the performance of pigs fed barley-based diets. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 72, n. 2, p. 395–402, jun. 1992.

TIERZO, V. LO et al. Ácido fumárico e quelato de cálcio e fósforo na ração de leitões

desmamados. **Boletim de Indústria Animal**, v. 69, n. 2, p. 99–107, 2012.

TSILOYIANNIS, V. K. et al. The effect of organic acids on the control of porcine post-weaning diarrhoea. **Research in veterinary science**, v. 70, n. 3, p. 287–93, jun. 2001.

TOKACH, M. S. et al. Influence of fumaric acid and calcium formate on starter pig performance. **Swine Day** p. 78–81, 1992.

TONEL, I. S. P. A. Efeito da utilização de butirato de sódio na digestibilidade, actividade fermentativa e morfologia intestinal de leitões desmamados. 2009. 58 f. Dissertação (Mestrado). Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2009.

VILAS BOAS, A.D.C. Suplementação de ácidos orgânicos em dietas para leitões na fase de creche. *Produção Animal Sustentável*. 2014. 70 f. Dissertação (Mestrado). Instituto de Zootecnia, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. Nova Odessa. 2014.

ZENTEK, J. et al. Effects of dietary combinations of organic acids and medium chain fatty acids on the gastrointestinal microbial ecology and bacterial metabolites in the digestive tract of weaning piglets. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 7, p. 3200–10, jul. 2013.