

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Acidificantes como alternativas aos antimicrobianos melhoradores do
desempenho de leitões na fase de creche**

Débora Barbosa Braz

**Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em
Agronomia. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens**

**Piracicaba
2007**

Débora Barbosa Braz
Zootecnista

Acidificantes como alternativas aos antimicrobianos melhoradores do desempenho de leitões na fase de creche

Orientador:
Prof. Dr. **VALDOMIRO SHIGUERU MIYADA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2007

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Braz, Débora Barbosa

Acidificantes como alternativas aos antimicrobianos melhoradores do desempenho de leitões na fase de creche / Débora Barbosa Braz - - Piracicaba, 2007.
78 p.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Ácidos 2. Antibióticos 3. Diarréia 4. Fisiologia animal 5. Leitões 6. Nutrição animal
I. Título

CDD 636.4085

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Dedicatória

A Deus,

por me acompanhar e me iluminar sempre;

Aos meus pais Florisvaldo e Odete,

pelo exemplo de bondade e honestidade, pelo eterno amor e incentivo, permitindo que eu chegasse até aqui;

A minha irmã Dulcinéia e meu cunhado Leonardo,

pelo apoio e carinho mesmo á distância;

Ao meu tio Onório,

por me acompanhar em todas as idas e vindas da vida;

Aos meus sogros e cunhados, Damião e Vera, Gabriel e Camila,

por todo carinho, compreensão e apoio;

Aos meus familiares,

pelo amor e por estarem ao meu lado em todas as etapas da minha vida;

Aos meus amigos,

pela amizade e ajuda em todos os momentos.

Com carinho e gratidão,
DEDICO

Ao meu namorado Rodrigo,

pelo amor incondicional, companheirismo, ensinamentos, dedicação e por todos os momentos vividos

Com todo o meu amor,
OFEREÇO

Agradecimentos

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Prof. Dr. Valdomiro Shigueru Miyada, pelos ensinamentos, amizade, apoio e confiança em mim depositada;

Ao Prof. Dr. José F. M. Menten, pelos ensinamentos e sugestões;

Ao Prof. Dr. Irineu Humberto Packer, pela orientação durante a análise estatística;

À empresa Kemira Nutrientes, pelo apoio financeiro para realização do projeto e por toda atenção;

Aos Professores do Departamento de Zootecnia, pelo convívio e amizade durante o curso;

Aos amigos Marcos, Leandro, Bernardo, Alexandra, Vivian e Petra, pela amizade e grande ajuda na realização do experimento;

Às amigas Mariana Caetano e Pricila Vetrano Rizzo, pela amizade incondicional, convivência e ajuda em todos os momentos;

À amiga Luciana Franco, pela amizade tão recente e tão especial;

Aos colegas de departamento Aline, Álvaro, Ana Beatriz, Cynthia, Jony, Julieta, Karen, Mohamed, Patrícia e Ricardo, pelos bons momentos de convivência;

Aos funcionários do Setor de Suinocultura, Srs. Pires, Leonilço e Gilberto, pela grande ajuda na realização dos experimentos;

Aos colegas Maurício C. Dutra e Luís Fernando, pela grande colaboração no abate e na análise de morfometria dos órgãos;

Aos funcionários de campo, Augusto, Antônio Carlos, Paulinho, Alexandre e Ednézio, pela colaboração nos experimentos;

Aos funcionários e colegas do Departamento de Zootecnia, Henrique, Rose, Vera e Giovana, pelos momentos vividos e pela grande ajuda durante o curso;

Ao Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal da ESALQ/USP, pelo empréstimo do peagâmetro para realização das análises;

À amiga Adriana Figueiredo, pela orientação e apoio;

Aos amigos de Piracicaba, Tiago, Tibério e Rodrigo, pelos grandes momentos de descontração;

À amiga Denise S. dos Santos, pela eterna amizade;

A todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho tão especial, **MUITO OBRIGADA!**

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
LISTA DE TABELAS	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Modificações no sistema digestório dos leitões	13
2.1.1 Produção de ácido clorídrico e pH estomacal	13
2.1.2 Vilosidades intestinais e incidência de diarreia.....	14
2.2 Aditivos	16
2.3 Ácidos orgânicos.....	17
2.3.1 Modo de ação dos ácidos orgânicos.....	19
2.3.1.1 Redução do pH estomacal	19
2.3.1.2 Potencialização dos ganhos nutricionais das dietas.....	21
2.3.1.3 Inibição da proliferação de enterobactérias	22
2.3.1.4 Atuação na morfologia intestinal.....	24
2.3.2 Fatores que interferem na resposta aos ácidos orgânicos	25
2.3.3 Tipos de ácidos	26
2.3.4 Misturas (<i>blends</i>) de ácidos	30
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1 Instalações experimentais e animais.....	31
3.2 Acidificantes.....	32
3.3 Tratamentos e dietas basais	33
3.4 Experimento	36
3.4.1 Desempenho	36
3.4.2 Frequência de diarreia.....	37
3.4.3 Determinação do pH das dietas experimentais.....	37
3.4.4 Análise da morfologia intestinal.....	37
3.4.5 Verificação do pH do estômago e do ceco.....	38

3.4.6	Morfometria de órgãos.....	38
3.4.5	Delineamento experimental e análise de dados	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	Desempenho	39
4.2	Frequência de diarreia	43
4.1	Morfologia intestinal	46
4.2	Valores de pH do estômago e do ceco.....	48
4.2	Morfometria de órgãos	51
4.2	Análise econômica.....	52
5	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS	55
	APÊNDICES	65

RESUMO

Acidificantes como alternativas aos antimicrobianos melhoradores do desempenho de leitões na fase de creche

O objetivo deste trabalho foi avaliar misturas (*blends*) de acidificantes e seus sais como alternativas aos antimicrobianos melhoradores do desempenho de leitões na fase de creche. Foi realizado um experimento em blocos casualizados, com 34 dias de duração para testar cinco tratamentos. Para o período de 1 a 14 dias, os tratamentos foram: Am (antimicrobiano) - dieta pré-inicial com 0,004% de sulfato de colistina (40 ppm); A1 (acidificante 1) - pré-inicial com 0,5% do *blend* 1 (contendo ácido fórmico, 145.000 ppm; ácido fosfórico, 85.000 ppm); A2 (acidificante 2) - pré-inicial com 0,15% do *blend* 2 (butirato de sódio, 64.000 ppm) e 0,4% do *blend* 3 (ácido láctico, 620.000 ppm; ácido fórmico, 40.000 ppm); A3 (acidificante 3) - pré-inicial com 0,8% do *blend* 4 (ácido propiônico, 198.000 ppm; ácido acético, 196.000 ppm; ácido fórmico, 196.000 ppm; ácido fosfórico, 21.000 ppm; ácido cítrico, 8.500 ppm); A4 (acidificante 4) - dieta basal com 0,6% do *blend* 4 e 0,15% do *blend* 5 (ácido benzóico, 590.000 ppm; ácido fórmico, 70.000 ppm; ácido fosfórico, 50.000 ppm; ácido cítrico, 40.000 ppm). Para o período de 14 a 34 dias, os tratamentos foram: Am - dieta inicial com 0,004% de sulfato de colistina; A1 - inicial com 0,3% do *blend* 1; A2 - inicial com 0,1% do *blend* 2 e 0,3% do *blend* 3; A3 - inicial com 0,6% do *blend* 4; A4 - inicial com 0,5% do *blend* 4 e 0,1% do *blend* 5. Foram utilizados 160 leitões Topigs recém-desmamados, com idade média em torno de 24 dias e peso inicial de $6,69 \pm 1,82$ kg. Foram alocados quatro leitões (dois machos castrados e duas fêmeas) em cada baia (unidade experimental). Para os dados de desempenho e frequência de diarreia, foram utilizadas 8 repetições (blocos) por tratamento. Ao final do experimento, um animal de cada baia, dos 4 primeiros blocos, foi abatido para análise da morfologia intestinal, pH estomacal e cecal e morfometria de órgãos. Durante a fase pré-inicial, o tratamento A2 (combinação dos *blends* 2 e 3) proporcionou melhor peso aos 14 dias (P14) ($P=0,03$) e ganho diário de peso (GDP) ($P=0,04$) que o tratamento A3 (*blend* 4), e melhor conversão alimentar (CA) ($P=0,004$) que o tratamento Am (antimicrobiano). Para o período total, o tratamento A4 (*blends* 4 e 5) apresentou melhor CA ($P=0,0006$) que o tratamento Am (antimicrobiano). Os tratamentos não afetaram ($P>0,05$) a frequência de diarreia e o pH estomacal. O tratamento A4 (*blends* 4 e 5) apresentou menor valor de pH cecal ($P=0,015$) que o tratamento Am e menor valor de peso relativo do pâncreas ($P=0,013$), comparado aos tratamentos Am e A2. Para morfologia intestinal, o tratamento A2 proporcionou menores valores de profundidade de cripta (PC) ($P=0,03$) do jejuno que os tratamentos A3 e Am e maior relação altura de vilosidade:profundidade de cripta ($P=0,04$) do jejuno que os tratamentos A1 e A3. A análise econômica, no período de 1 a 14 dias, mostrou que os acidificantes propiciaram custos por kg de GDP, no mínimo, 4,09% inferiores ao antimicrobiano (Am). No período de 1 a 34 dias, os tratamentos A1 e A4 apresentaram custos por kg de GDP até 1,08% menores que o Am. Assim, o presente estudo mostrou que misturas de ácidos orgânicos, inorgânicos e seus sais podem ser uma alternativa viável aos antimicrobianos melhoradores do desempenho de leitões na fase de creche.

Palavras-chave: Acidificantes; Antimicrobianos; Desempenho; Diarreia; Leitões

ABSTRACT

Acidifiers as alternatives to antimicrobial growth promoter of weanling pigs

The purpose of this work was to evaluate several acidifier blends as alternatives to antimicrobial growth promoters of weanling pigs. A 34-d randomized complete block design experiment was carried out to compare five treatments. For 1-14 d experimental period, the treatments were: Am (antimicrobial) – pre-starter diet with 0.004% of colistin sulfate (40 ppm); A1 (acidifier 1) – pre-starter diet with 0.5% of blend 1 (containing formic acid, 145,000 ppm; phosphoric acid, 85,000 ppm); A2 (acidifier 2) – pre-starter diet with 0.15% of blend 2 (butyric acid, 64,000 ppm) and 0.4% of blend 3 (lactic acid, 620,000 ppm; formic acid, 40,000 ppm); A3 (acidifier 3) – pre-starter diet with 0.8% of blend 4 (propionic acid, 198,000 ppm; acetic acid, 196,000 ppm; formic acid, 196,000 ppm; phosphoric acid, 21,000 ppm; citric acid, 8,500 ppm); and A4 (acidifier 4) – pre-starter diet with 0.6% of blend 4 and 0.15% of blend 5 (benzoic acid, 590,000 ppm; formic acid, 70,000 ppm; phosphoric acid, 50,000 ppm; citric acid, 40,000 ppm). For 14-34 d experimental period, the treatments were: Am – starter diet with 0.004% of colistin sulfate; A1 – starter diet with 0.3% of blend 1; A2 – starter diet with 0.1% of blend 2 and 0.3% of blend 3; A3 – starter diet with 0.6% of blend 4; and A4 – starter diet with 0.5% of blend 4 and 0.1% of blend 5. One hundred and sixty Topigs 24-d-weaned pigs, with 6.69 ± 1.82 kg live weight were allotted to 20 suspended pens, with four pigs (two castrated male and two female) per pen (experimental unit). For performance and diarrhea incidence data, 8 replications per treatment were used. On 34th day of experimental period, an animal of each pen of first 4 blocks was slaughtered for small intestine morphology, stomach and caecum pH and organs morphometry. For 1-14 d experimental period, treatment A2 (combination of blends 2 and 3) gave better body weight at 14th day (BW14) ($P=.03$) and average daily gain (ADG) ($P=.04$) than treatment A3 (blend 4), and better feed conversion (FC) ($P=.004$) than treatment Am (antimicrobial). For total experimental period (1-34 d), treatment A4 (blends 4 and 5) gave better FC ($P=.0006$) than treatment Am (antimicrobial). Treatments did not affect ($P>.05$) diarrhea frequency and stomach pH. Treatment A4 (blends 4 and 5) gave lower pH value ($P=.015$) than treatment Am and smaller relative pancreas weight ($P=.013$) than treatments Am and A2. For intestinal morphology, treatment A2 provided smaller ($P=.003$) jejunum crypt depth (CD) than treatments A3 and Am, and bigger ($P=.04$) ratio of jejunum villus height: crypt depth than treatments A1 and A3. Economical analysis showed, for 1-14 d experimental period, that the acidifiers provided cost per kg of ADG at least 4.09% lower than antimicrobial (Am). For 1-34 d experimental period, treatments A1 and A4 showed cost per kg of ADG until 1.08% lower than Am. Therefore, this study showed that blends of organic and inorganic acids and their salts can be viable alternatives to antimicrobial growth promoters of weanling pigs.

Keywords: Acidifiers, Antimicrobial, Diarrhea, Performance, Weanling pigs

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição das misturas (<i>blends</i>) de acidificantes utilizadas no experimento.....	32
Tabela 2 – Composição percentual das dietas basais pré-iniciais	34
Tabela 3 – Composição percentual das dietas basais iniciais	35
Tabela 4 – Valores nutricionais calculados das dietas basais.....	36
Tabela 5 – Valores médios de pH das dietas pré-inicial e inicial.....	39
Tabela 6 – Médias de peso vivo inicial (Pi), peso vivo aos 14 dias (P14), ganho diário de peso (GDP), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA) para o período de 1 a 14 dias de experimentação.....	40
Tabela 7 – Médias de peso vivo inicial (Pi), peso vivo aos 34 dias (P34), ganho diário de peso (GDP), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA), para o período de 1 a 34 dias de experimentação.....	42
Tabela 8 – Médias de frequência de diarreia (MFD, %) e média transformada (MT) para os períodos de 1 a 14 dias e 1 a 34 dias de experimentação.....	44
Tabela 9 – Médias dos valores de altura de vilosidade do duodeno (AVd) e do jejuno (AVj), profundidade de cripta do duodeno (PCd) e do jejuno (PCj) e relação altura de vilosidade e profundidade de cripta do duodeno (AV:PCd) e do jejuno (AV:PCj).....	46
Tabela 10 – Valores do pH do estômago e do ceco de leitões aos 34 dias de experimentação.....	49
Tabela 11 – Médias dos pesos relativos (porcentagem do peso vivo) dos órgãos digestórios, assim como do comprimento (m) do intestino delgado (ID), do comprimento relativo (m/kg PV) do ID e da relação peso e comprimento (kg/m) do ID, em função dos tratamentos.....	51
Tabela 12 – Custo por quilograma de ração (R\$/kg ração) e custo de ração por quilograma de ganho diário de peso (R\$/kg GDP) nos períodos de 1 a 14 e de 1 a 34 dias de experimentação ¹	53

1 INTRODUÇÃO

Com a intensificação da produção de suínos, visando melhorar a produtividade na suinocultura, a idade ao desmame dos leitões reduziu sensivelmente nas últimas décadas. Entretanto, o desmame precoce utilizado atualmente representa a prática de manejo mais crítica dessa atividade, devido ao estresse sofrido pelo animal.

No trato digestório dos animais, alguns microrganismos toleram ambientes ácidos, enquanto outros são tolerantes a ambientes alcalinos. Geralmente, um elevado pH no estômago favorece microrganismos patogênicos, como a *Escherichia coli* e a *Salmonella* spp., a se multiplicarem de forma mais rápida (VIOLA; VIEIRA, 2004), propiciando a incidência de diarreia nos leitões. Em condições normais, a secreção ácida, produzida no estômago, inibe o crescimento dessas bactérias patogênicas, favorecendo o desempenho dos animais (GEARY et al., 1999). Porém, o período pós-desmame precoce é caracterizado por baixa secreção de ácido clorídrico e conseqüente desenvolvimento de patógenos, além da redução da atividade proteolítica do estômago.

A insuficiente secreção ácida, juntamente com os fatores estressantes do desmame, propicia, além da incidência de diarreia, má absorção de nutrientes (ETHERIDGE; SEERLEY; WYATT, 1984), podendo ocasionar desequilíbrio na proporção da microbiota intestinal e baixo desempenho (RAVINDRAN; KORNEGAY, 1993). Por essa razão, a redução do período lactacional, associada à imaturidade digestiva dos leitões, induz o uso de controladores sintéticos da população de microrganismos no trato digestório dos animais (LOVATTO et al., 2005), como os aditivos melhoradores de desempenho.

O uso de antibióticos melhoradores de desempenho na alimentação de suínos recém-desmamados tem sido utilizado por várias décadas com o intuito de diminuir a incidência de diarreia pós-desmame, de promover uma melhora na performance dos animais (PARTANEN, 2002) e, até mesmo, redução de doenças subclínicas e mortalidade dos leitões. Entretanto, a crescente pressão por parte dos consumidores e do mercado mundial por um produto de origem animal mais saudável impõe a necessidade de pesquisar e desenvolver novas formas de controle dessas desordens digestivas. Essa necessidade é conseqüência de os antibióticos melhoradores de desempenho terem sido banidos na União Européia, sendo permitido o uso apenas com finalidade curativa.

Nesse contexto, devem-se avaliar as opções que existem como alternativas aos antimicrobianos, que podem, por exemplo, atuar na redução da carga bacteriana no trato digestório (acidificantes) e na melhora da vitalidade dos enterócitos e vilos (acidificantes e vitaminas). As alternativas devem considerar também que os produtos substitutivos precisam ser seguros, eficazes, baratos e fáceis de usar (RICKE, 2003).

Os acidificantes possuem efeito antibacteriano semelhante ao dos antibióticos, principalmente os ácidos de cadeia curta, que atuam especificamente contra *Escherichia coli* e *Salmonella* (RICKE, 2003). Assim, os acidificantes têm merecido atenção por parte dos pesquisadores como possíveis substitutos dos antimicrobianos melhoradores de desempenho (NAMKUNG et al., 2004; PARTANEN, 2002). Dentre os acidificantes testados como melhoradores de desempenho podem ser citados os ácidos orgânicos, inorgânicos e seus sais correspondentes.

Ácidos orgânicos são substâncias que contêm uma ou mais carboxilas em sua molécula, sendo largamente distribuídos na natureza como constituintes normais dos tecidos de plantas e animais e, também, produzidos na fermentação microbiana de carboidratos no intestino grosso dos animais (PARTANEN; MROZ, 1999).

A adição de acidificantes à dieta de suínos tem, em diversas situações, proporcionado redução no pH gástrico, promovendo um ambiente mais adequado para a ação das enzimas digestivas e redução da proliferação de microrganismos patogênicos, com conseqüente melhora no aproveitamento dos nutrientes da ração, na conversão alimentar e no desempenho dos animais (VIOLA; VIEIRA, 2004). Dessa maneira, o objetivo do presente trabalho foi avaliar diferentes misturas de acidificantes e seus sais, como alternativas aos antimicrobianos melhoradores do desempenho de leitões na fase de creche, por meio do desempenho dos animais, frequência de diarréia, morfologia do epitélio intestinal, pH da dieta, do estômago e do ceco, morfometria de órgãos e análise econômica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Modificações no sistema digestório dos leitões

Entre as categorias de suínos, a do leitão jovem é aquela que apresenta as maiores dificuldades em atender as demandas em nutrientes, quando comparada a dos animais em crescimento, terminação e reprodução (FERREIRA et al., 1988). A interrupção do fornecimento da dieta líquida, altamente digestível, e o início do consumo de uma dieta seca, ainda de baixa digestibilidade para o leitão, proporcionam distúrbios gastrintestinais com conseqüente aumento do risco de ocorrência de diarreias, que provocam retardamento do crescimento dos leitões (VIOLA; VIEIRA, 2004) e morte (CANIBE et al., 2001). Nessa fase, o sistema digestório do leitão precisa se adaptar a uma nova condição alimentar com pH, secreção enzimática, motilidade e absorção intestinal provenientes de um novo regime alimentar, adotado logo após o desmame (CERA; MAHAN; REINHART, 1990; HANSEN, et al., 1993), até estar apto para o aproveitamento dos ingredientes da nova dieta.

2.1.1 Produção de ácido clorídrico e pH estomacal

O estômago é o primeiro local de digestão protéica, devendo apresentar pH baixo (de 2,0 a 3,5) para ativação da pepsina, iniciando a digestão da proteína e diminuindo, assim, a passagem de substrato para o intestino delgado. A presença do alimento no estômago aumenta o pH e, através de estímulos nervosos e hormonais, induz a secreção de ácido clorídrico (HCl) pela mucosa estomacal (ROSTAGNO; PUPA, 1998). A produção de HCl provoca uma gradativa redução do pH, promovendo a eliminação de microrganismos patogênicos, protegendo esses animais contra infecções entéricas, além de estimular a ação de enzimas para hidrólise de proteínas e disponibilização de minerais.

Durante o aleitamento, a presença de ácido láctico formado pela ação dos *Lactobacillus* sobre a lactose também é responsável pela acidificação no estômago dos leitões. Após o desmame, porém, a atividade da lactase reduz e outras enzimas apresentam atividade em função da dieta seca (ROSTAGNO; PUPA, 1998), sendo que as diferentes enzimas apresentam diferentes condições para desempenho ótimo.

Os animais adultos ajustam o pH gástrico por intermédio da secreção do HCl 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. Nos leitões lactentes, já aos oito dias de idade, existe produção de HCl no estômago, mas o pH é relativamente alto devido à pequena quantidade produzida (XU, 1996). Portanto, presume-se que a insuficiência digestiva e desordens intestinais de leitões desmamados podem estar parcialmente relacionadas à condição de não manterem o pH gástrico baixo, resultando em baixa ativação da pepsina e proliferação de microrganismos patogênicos (ROSTAGNO; PUPA, 1998), que influenciam de maneira negativa o desenvolvimento dos animais.

2.1.2 Vilosidades intestinais e incidência de diarreia

A integridade do trato gastrintestinal é fundamental para que os processos digestivos possam ocorrer normalmente. As vilosidades intestinais são responsáveis pela digestão e absorção dos nutrientes, de maneira que vilosidades longas conferem maior capacidade digestiva e absorptiva. No intestino, à medida que as células das criptas se multiplicam, elas migram para a base da vilosidade e, quando atingem o topo das vilosidades, elas se perdem por causa da idade e da exposição à digesta. Dessa forma, o que determina o tamanho das vilosidades é a velocidade com que as células se perdem no ápice delas, comparada com a velocidade com que elas são substituídas pelas células da cripta (CUNNINGHAM, 1992).

A interrupção da ingestão de leite ocasiona mudanças morfológicas no intestino dos leitões, como o encurtamento dessas vilosidades que são decorrentes, principalmente, do processo estressante do desmame e a exposição do órgão às novas dietas (CERA et al., 1988). Vilosidades curtas provocam menores digestão e absorção de nutrientes, devido à perda absoluta de superfície intestinal e porque as células que se perdem são as células maduras das regiões apicais das vilosidades, principais responsáveis pelas atividades do intestino delgado, tanto de secreção como de absorção (CUNNINGHAM, 1992).

No período pós-desmame, ocorrem perdas na atividade de algumas enzimas (isomaltase, sacarase, lactase e peptidases) secretadas pela borda em escova dos enterócitos, principalmente na porção anterior do intestino delgado, onde a atrofia é mais intensa. Na porção posterior do intestino, onde o encurtamento dos vilos é menos observado, a redução da atividade

das peptidases pode ser causada pela queda no consumo, verificado em leitões no período subsequente ao desmame (HERMANN et al., 2003). Dentro de uma a duas semanas após o desmame, as vilosidades adaptam-se aos novos alimentos e nova microbiota se estabelece no intestino (MAHAN, 1991).

A baixa produção de enzimas digestivas e a redução da área absorptiva do trato digestório, em função do estresse provocado pelo desmame, podem propiciar a incidência de diarreia, consequência de desequilíbrio fisiológico ou de causa bacteriana. Esse distúrbio ocorre porque os nutrientes não digeridos e não absorvidos pelos leitões servem como substrato para fermentação microbiana, com a consequente produção de ácido láctico e de ácidos graxos voláteis. Estes produtos, juntamente com os nutrientes, incluindo minerais, aumentam a osmolaridade do conteúdo intestinal. Isso dificulta o processo de reabsorção de água e resulta num afluxo de água para a luz intestinal, desencadeando a diarreia (ETHERIDGE; SEERLEY; WYATT, 1984), que tem influência negativa sobre o desempenho do animal.

A diarreia por má absorção, em geral, se deve à perda do epitélio gastrintestinal, que acontece devido à maior perda celular em relação à velocidade de reposição dessas células. Outro fator que prejudica a área de absorção é a presença de microrganismos e de componentes antigênicos de origem alimentar (CUNNINGHAM, 1992).

A diarreia secretora ocorre quando a velocidade de secreção intestinal aumenta e ultrapassa a capacidade absorptiva, principalmente por secreção inadequada das células da cripta, onde seu epitélio é estimulado anormalmente, na maioria das vezes por enterotoxinas de origem bacteriana. Tais toxinas ligam-se aos enterócitos, estimulam a abertura das comportas de cloreto e a secreção de água e eletrólitos pelo epitélio da cripta e, se a secreção excede a capacidade do intestino de aumentar a absorção, resulta em diarreia. Em vista disso, o sistema imune digestivo constitui-se num componente importante dos mecanismos controladores de problemas entéricos, uma vez que previne o ataque e a penetração de microrganismos e componentes antigênicos de origem alimentar no epitélio intestinal (CUNNINGHAM, 1992), reforçando a importância da integridade do epitélio.

Por essa razão, visando prevenir os problemas sanitários associados às mudanças de ambiente no pós-desmame e assegurar o bom desempenho nessa fase, são comumente adicionados melhoradores do desempenho às dietas de leitões.

2.2 Aditivos

Aditivos destinados à alimentação animal são substâncias ou microrganismos acidificados intencionalmente às dietas, que afetam ou melhoram as características do alimento ou dos produtos animais (BRASIL, 2004). A utilização desses aditivos tem permitido reduzir os custos de produção, tornando o alimento mais econômico para o consumidor, em função da diminuição de distúrbios metabólicos e maior resistência dos animais a desafios (BUTULO, 1999).

Os agentes antimicrobianos, antibióticos e quimioterápicos, são os aditivos de uso mais generalizado na produção animal (MENTEN, 2001), uma vez que melhoram a utilização dos nutrientes dietéticos pelos animais e proporcionam melhor desempenho. Porém, após vários anos de utilização desses aditivos antimicrobianos, eles passaram a ser vistos como um fator de risco à saúde humana, principalmente pela possibilidade da presença de seus resíduos na carne, ovos e leite, e pela indução de resistência cruzada para bactérias que são patógenas para humanos (MENTEN, 2001).

O início da proibição de antibióticos melhoradores de desempenho ocorreu em 1986, na Suécia, onde as maiores dificuldades pós-proibição foram observadas nas Unidades Produtoras de Leitões (WALGRENN et al., 2006 apud PENZ JR.; KOLLER, 2007). Com o exemplo da Suécia, outros países como a Dinamarca e a Finlândia também se engajaram na jornada de restrição e proibição do uso de antibióticos, antecipando os prazos que haviam sido estipulados pela União Européia (UE). Esta postura reflete a preocupação de especialistas locais quanto à possibilidade de resistência bacteriana e também de que princípios ativos específicos possam ser carcinogênicos. O Brasil vem seguindo a seqüência dos procedimentos ocorridos na Europa, principalmente, porque alguns mercados importadores exigem que o procedimento de produção siga as normas internacionais e, de preferência, as normas exigidas pela UE (PENZ Jr.; KOLLER, 2007). Daí, a necessidade de realização de estudos com produtos alternativos a esses aditivos antimicrobianos.

Assim, os acidificantes, como os ácidos orgânicos, vêm produzindo respostas consistentes como promotores do crescimento na produção animal (VIOLA; VIEIRA, 2004), podendo representar uma alternativa eficiente e segura ao uso de antibióticos (MROZ, 2005).

2.3 Ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos são também denominados de ácidos carboxílicos, os quais contêm uma ou mais carboxilas em sua molécula, classificação na qual podem ser incluídos os aminoácidos e os ácidos graxos. Em geral, quando o termo ácido orgânico é empregado na produção animal, refere-se aos ácidos fracos de cadeia curta, com um a sete átomos de carbono na molécula (BELLAYER; SCHEUERMANN, 2004), que produzem menor quantidade de prótons por molécula ao se dissociarem.

Esses ácidos são comumente encontrados na natureza como constituintes normais de plantas ou tecidos animais. Muitos deles são disponíveis como sais de sódio, potássio e cálcio. Como vantagens dos sais em relação aos ácidos livres pode-se citar que eles normalmente são inodoros, pouco voláteis e fáceis de manusear nos processos de manufatura dos alimentos (PARTANEN; MROZ, 1999), facilitando sua inclusão nas dietas.

Eles têm sido empregados em dietas de leitões há mais de uma década (BELLAYER; SCHEUERMANN, 2004), preservando os grãos de cereais contendo alta umidade e agindo como preventivo de fungos nos alimentos. Como exemplo, podem-se citar os estudos realizados por Dixon e Hamilton (1981), com a finalidade de impedir a atividade fúngica no milho ou na ração com graus de umidade de 20 a 35%, através da utilização dos ácidos acético, benzóico, propiônico e sórbico em concentrações de 0,125 a 0,2%. Os autores observaram que, independente do teor de umidade do substrato ou do nível de inclusão do acidificante, todos os ácidos foram capazes de inibir a atividade fúngica no milho ou na ração, apesar de apresentarem variação na intensidade inibitória em função dos níveis de inclusão e grau de umidade do substrato.

A utilização de ácidos orgânicos em dietas para suínos não apresenta, porém, apenas a função de preservar os grãos. A acidificação de dietas de leitões desmamados com ácidos orgânicos como cítrico, fórmico, fumárico, láctico e propiônico tem ajudado contornar os problemas de baixo desempenho que caracterizam a fase imediatamente após o desmame (GIESTING; ROOS; EASTER, 1991; RADCLIFFE; ZHANG, KORNEGAY, 1998). Desta forma, os ácidos orgânicos têm sido utilizados como aditivos melhoradores do desempenho de suínos no período pós-desmame (MORES et al., 1990). É importante ressaltar que as concentrações ótimas para higienizar os alimentos são menores do que a necessária para

acidificar o trato digestório dos animais (EIDELSBURGER, 2001, apud BELLAVER; SCHEUERMANN, 2004).

Como exemplo da utilização de ácidos orgânicos em dietas para suínos, pode-se citar os experimentos com leitões desmamados em que inclusões de 1,0 e 2,0% de ácido fumárico (FALKOWSKY; AHERNE, 1984), de 3,0% do mesmo ácido (GIESTING; EASTER, 1985) ou de 3,0 % de ácido cítrico (RADCLIFFE; ZHANG; KORNEGAY, 1998) proporcionaram, respectivamente, melhoras significativas de 5,0% e 7,4% na conversão alimentar (FALKOWSKY; AHERNE, 1984), melhora de 13,0% (GIESTING; EASTER, 1985) e de 7,9% (RADCLIFFE; ZHANG; KORNEGAY, 1998) no ganho de peso, e melhora de 15,0% (GIESTING; EASTER, 1985) e de 9,5% (RADCLIFFE; ZHANG; KORNEGAY, 1998) na eficiência alimentar dos leitões. Tais resultados são demonstrativos do efeito positivo dos ácidos orgânicos no desempenho desses animais.

Apesar de muitos estudos mostrarem a eficácia dos ácidos orgânicos em melhorar o desempenho de leitões desmamados, algumas pesquisas demonstram resultados contraditórios. Assim, suplementações de 1,5% de ácido cítrico ou fumárico em dietas de leitões desafiados com *Escherichia coli* (RISLEY et al., 1993) e 2,0% de ácido propiônico (GIESTING; EASTER, 1985) não apresentaram efeito sobre o ganho diário de peso e eficiência alimentar (RISLEY et al., 1993; GIESTING; EASTER, 1985) e sobre o consumo diário de ração (RISLEY et al., 1993). Em outro estudo, foi observado melhora no ganho de peso e na eficiência alimentar dos animais apenas quando a dieta foi suplementada com ácido fumárico (1,5 e 3,0%), não sendo verificado tais efeitos quando da adição de ácido cítrico (1,5% e 3,0%) (RADECKI; JUHL; MILLER, 1988).

Com relação ao consumo das rações acidificadas, nas décadas de 60 a 80 acreditava-se que o aumento da ingestão dessas rações era causado pela melhora na sua palatabilidade (PARTENEN; MROZ, 1999), como verificado em um estudo com seis ácidos orgânicos usados isoladamente, em que a inclusão de todos eles melhorou o consumo das rações (TSILOYIANNIS et al., 2001a).

Em outras pesquisas, porém, a utilização de ácidos orgânicos nas dietas proporcionou redução no consumo de ração dos leitões. Na verdade, o tipo de ácido e o nível de inclusão podem interferir no consumo de ração. Em geral, o ácido fórmico tem efeito positivo, o ácido fumárico não afeta o consumo e o ácido cítrico possui efeito negativo (PARTANEN; MROZ, 1999). Diferentes resultados foram obtidos com pesquisas em que os animais tiveram livre acesso

a rações com adição de ácido cítrico, de ácido fumárico e sem ácido. Em um primeiro estudo, foi observada uma redução significativa no consumo das rações acidificadas (HENRY; PICKARD; HUGHES, 1985). Em outros, porém, o consumo de ração permaneceu inalterado com a inclusão de ácidos nas dietas para leitões (GIESTING; EASTER, 1985; GIESTING; ROSS; EASTER, 1991; SILVA, 2002). Adicionalmente, tem-se observado, também, que o consumo de ração contendo ácido fumárico é, normalmente, maior do que o das rações com ácido cítrico (KRAUSE; HARRISON; EASTER, 1994).

Estudos destacam a eficácia dos ácidos orgânicos como substitutos aos antibióticos melhoradores de desempenho (NAMKUNG et al., 2004; PARTANEN, 2002). Porém, a utilização de ácidos orgânicos juntamente com antibióticos não tem demonstrado resultados positivos. Esse fato pôde ser observado em pesquisas com leitões na fase de creche alimentados com dietas suplementadas com ácidos orgânicos e virginiamicina (LIMA et al., 1992) e com mistura acidificante e colistina (ANDRETTA et al., 2007).

2.3.1 Modo de ação dos ácidos orgânicos

O modo de ação pelo qual os ácidos orgânicos proporcionam melhor desempenho dos animais ainda não foi elucidado. Algumas hipóteses são sugeridas como a redução do pH do estômago e parte superior do intestino delgado, a potencialização dos ganhos nutricionais das dietas, promovido pelo aumento da disponibilidade dos nutrientes, e a inibição da proliferação de enterobactérias (*Salmonella* e *Escherichia coli*) no intestino (GIESTING; ROOS; EASTER, 1991; RAVINDRAN; KORNEGAY, 1993; PARTANEN; MROZ, 1999; TSILOYIANNIS, et al., 2001a), além da ação positiva sobre a morfologia intestinal (RISLEY et al., 1992).

2.3.1.1 Redução do pH estomacal

Baixo pH estomacal é essencial para a eficiente digestão de proteínas, uma vez que a acidificação do conteúdo gástrico acarreta aumento na atividade da pepsina, melhorando a digestibilidade protéica (BURNELL; CROMWELL; STAHLY, 1988). Os produtos finais da digestão pela pepsina e a digesta com pH baixo entram no duodeno e estão envolvidos na estimulação da secreção de bicarbonato e de enzimas pancreáticas, que também podem exercer

um papel na regulação do esvaziamento gástrico (CUNNINGHAM, 1992) e na absorção dos nutrientes no intestino.

Em função da reduzida capacidade de secreção ácida dos leitões, um fator determinante do pH do conteúdo gástrico é o poder tamponante da dieta (VIOLA; VIEIRA, 2004). Tampões são sistemas que apresentam capacidade de resistir a alterações de pH, quando pequenas quantidades de ácido ou base são adicionadas. Essa capacidade tamponante é influenciada pela fonte e pela quantidade de proteína e de minerais existentes nas rações. Dietas com alta capacidade tamponante (alta proteína) resistem à acidificação estomacal, acarretando reduzida digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e dos aminoácidos da dieta (BLANK et al., 1999). Nesta situação, para melhor aproveitamento dos nutrientes, uma alternativa é reduzir o pH da dieta com o uso de ácidos orgânicos (STRAW et al., 1991). Como consequência, estes ácidos podem contribuir para a redução do pH gástrico, resultando em melhor ativação das enzimas e maior digestibilidade da fração protéica (PARTANEN et al., 2002), promovendo assim uma digestão eficiente do alimento.

Nos últimos anos, vários estudos têm sido realizados para avaliar a capacidade de certos ácidos orgânicos proporcionarem redução do pH gástrico dos animais. Exemplos são os ácidos fumárico e láctico que se mostraram eficientes na redução do pH estomacal de leitões (THOMLINSON; LAWRENCE, 1981; BOLDUAN et al., 1988 apud SILVEIRA, 2003). Evidências de tais benefícios fisiológicos foram relatadas por diversos autores (RADECKI; JUHL; MILLER, 1988; RADCLIFFE; ZHANG; KORNEGAY, 1998; SILVA, 2002), que obtiveram melhor desempenho de leitões recebendo dietas suplementadas com ácidos orgânicos.

Por outro lado, alguns estudos têm mostrado que certos ácidos como o fumárico a 1,5 ou 3,0% (GABERT; SAUER, 1995; RISLEY et al., 1993), o propiônico a 1,0% (BOLDUAN et al., 1988 apud SILVEIRA, 2003), ou misturas ácidas (CORASSA et al., 2004) podem não alterar o pH do estômago ou ceco (RISLEY et al., 1993; BOLDUAN et al., 1988 apud SILVEIRA, 2003), ou do estômago, duodeno e íleo dos leitões (CORASSA et al., 2004; GABERT; SAUER, 1995), no período de 21 aos 49 dias de idade.

Divergência nos resultados podem ser devido ao tempo entre a última refeição e o momento da coleta da digesta para medição do pH, uma vez que, as digestas para análise de pH são tomadas de animais já abatidos depois de certo tempo após a última refeição. Outro fator que pode interferir nos resultados é o local onde é feita a medição, como verificado em um

experimento com leitões com 7 semanas de idade, em que os valores de pH obtidos através do tubo estomacal foram maiores do que aqueles obtidos na região fúndica do estômago (MANER, et al., 1962). Isso sugere que as amostras colhidas deveriam ser padronizadas em função do tempo da última refeição e talvez de locais do estômago de onde são colhidas (PARTANEN; MROZ, 1999).

2.3.1.2 Potencialização dos ganhos nutricionais das dietas

Existem algumas evidências de que os ácidos orgânicos estimulam a secreção pancreática. Em estudos realizados por Thaela et al. (1998 apud Silva, 2002), verificou-se que a suplementação de 2,5% de ácido láctico em dietas de leitões desmamados aumentou significativamente o volume e a quantidade de suco pancreático, bem como a secreção de tripsina e quimotripsina.

Tem-se observado que os ácidos monocarboxílicos, como o acético, fórmico, láctico e butírico, têm efeito estimulatório sobre a secreção exócrina do pâncreas (HARADA; NIIYAMA; SYUTO, 1986), assim como aumento das secreções pancreática exócrina e biliar, quando da liberação de secretina proporcionada pela acidificação intestinal (HARADA et al, 1988).

O aumento da secreção enzimática pelo pâncreas em resposta à acidificação do trato gastrintestinal pode resultar no aumento da digestibilidade das dietas, particularmente das mais simples, assim como da digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos (PARTANEN, 2001). Portanto, o efeito dos ácidos orgânicos sobre a digestibilidade dos nutrientes pode estar relacionado à acidificação tanto do estômago como do intestino delgado. Assim, suplementação de dietas complexas com 0,6 a 2,4% de ácido fórmico promoveu aumento significativo de 2,6 a 4,0% na digestibilidade aparente da proteína bruta, assim como na digestibilidade da energia, quando os animais receberam rações com 1,8 e 2,4% desse ácido (ECKEL; KIRCHGESSENER; ROTH, 1992 apud PARTANEN, 2002).

Por outro lado, os efeitos da adição dos ácidos nem sempre são benéficos, conforme mostram os estudos em que a suplementação de 1,0 a 3,0% de ácido cítrico ou fumárico às rações para leitões desmamados não promoveu melhora na digestibilidade aparente da proteína e da

matéria seca (FALKOWSKI; AHERNE, 1984), assim como a adição de 2,0% de ácido fumárico à dieta não afetou a digestibilidade dos nutrientes (GIESTING; EASTER, 1991).

Com relação ao aproveitamento de minerais, a inclusão de ácidos orgânicos nas dietas não promoveu efeito sobre o balanço e a retenção de cálcio, fósforo e zinco por leitões desmamados (RADECKI; JUHL; MILLER, 1988). Em outro experimento, porém, a adição de 1,5 a 3,0% de ácido cítrico à dieta promoveu um aumento na digestibilidade do cálcio pelos leitões. Tal efeito pode, possivelmente, ser explicado pela queda no pH estomacal, que proporcionou provável redução na taxa de esvaziamento do órgão e pela menor formação de sais insolúveis de cálcio, permitindo que maior quantidade de cálcio fosse absorvida (RADCLIFFE; ZHANG; KORNEGAY, 1998).

2.3.1.3 Inibição da proliferação de enterobactérias

Um aspecto importante sobre a atuação dos ácidos orgânicos está relacionado à inibição da proliferação de bactérias patogênicas no intestino dos animais. O ácido láctico é produzido por bactérias lácticas que utilizam a lactose do leite da porca como substrato. No entanto, após o desmame e com o consumo de ração, há proliferação de outros microrganismos, como bactérias e fungos, com resultados negativos sobre o desempenho do leitão.

De acordo com Blanchard (2000), na faixa de pH de 3,5 a 4,0, a atividade dos microrganismos benéficos, como os *Lactobacillus*, é maximizada, enquanto a proliferação de bactérias patogênicas é minimizada. Dessa forma, um dos mecanismos pelos quais os ácidos orgânicos atuam sobre a microbiota é a seleção de bactérias benéficas, propiciada pela redução do pH gástrico (WALSH; PEDDIREDDI; RADCLIFFE, 2004).

O uso de ácidos orgânicos reduz a população de coliformes ao longo do trato gastrintestinal (BOLDUAN et al., 1988b apud RIBEIRO, 1996), assim como a diarreia e a mortalidade em leitões, conforme verificado em estudo em que a adição de 1,6% de ácido láctico na dieta melhorou o desempenho e reduziu a incidência e a severidade de diarreias (TSILOYANNIS et al., 2001b). Em outro estudo, foi verificada, no quarto dia após o desmame, a redução na contagem de coliformes fecais, mas não no número de *Lactobacillus*, com a suplementação de duas misturas de ácidos orgânicos às rações, sugerindo que os ácidos orgânicos e, em especial, a combinação do ácido láctico com outros ácidos constituem-se em alternativas

aos antibióticos e exercem seu efeito primeiramente sobre a microbiota intestinal (NAMKUNG et al., 2004). A suplementação com ácidos orgânicos e a associação desses ácidos com oligossacarídeo manose reduziram a contagem de coliformes nas fezes de leitões aos 49 dias de idade (POZZA et al., 2004). No entanto, nenhum efeito foi observado sobre o crescimento ou diarreia pós-desmame com a suplementação de 1,5% de ácido cítrico ou de ácido fumárico em dietas de leitões inoculados com *Escherichia coli* enteropatogênica (RISLEY et al., 1993).

Outro mecanismo de controle microbiano diz respeito à capacidade que os ácidos orgânicos possuem de alterar entre a forma ionizada e a forma não ionizada, em função do seu potencial de dissociação (pKa) e do pH do meio (PARTANEN; MROZ, 1999). Na verdade, a absorção dos ácidos orgânicos depende do pKa do ácido e do pH do lúmen. Quando o pH do lúmen é menor do que o pKa dos ácidos, eles são rapidamente absorvidos. Em virtude de o pH intestinal ser normalmente superior ao pKa desses ácidos, eles permanecem na forma dissociada que é pouco absorvida. Mas as trocas de Na-H pelas células do epitélio intestinal podem provocar reduções locais no pH, que levam a uma alteração para a forma aniônica desses ácidos, propiciando a absorção em virtude do gradiente de concentração entre o lúmen e as células (VIOLA; VIEIRA, 2004), uma vez que o ácido passa à forma não dissociada.

Por serem expressos de forma logarítmica, uma unidade de pH acima do pKa de um ácido indica que 90,0% do ácido encontra-se na forma não dissociada e, com duas unidades de pH acima do pKa, 99,0% do ácido estará não dissociado (BELLAVAR; SCHEUERMANN, 2004). O pKa da maioria dos ácidos estende-se entre 3 e 5 (THOMPSON; HINTON, 1997) e a ação antimicrobiana dos ácidos orgânicos, baseada no abaixamento do pH da dieta e mudança da forma não dissociada para a dissociada, é dependente desse valor (PARTANEN; MROZ, 1999).

Na forma não dissociada, os ácidos orgânicos são lipofílicos e podem se difundir através da membrana do microrganismo e, quanto mais baixo o pH externo, mais ácido na forma não dissociada vai atravessar a membrana (PARTANEN, 2002), sendo que este efeito pode resultar no acúmulo de ânions polares dentro da célula (RUSSELL; DIEZ-GONZALES, 1998 apud PARTANEN, 2002). A bactéria apresenta, então, um mecanismo de resistência a esse tipo de estresse celular, em que, por ação da bomba ATPase, os prótons (H^+) são bombeados para fora da célula, consumindo energia até o esgotamento total da bactéria (GAUTHIER, 2005).

A ocorrência desse tipo de controle microbiano depende da presença do ácido no lúmen gastrintestinal, e seus efeitos sobre a microbiota e o pH são mais evidentes e importantes

na porção proximal do trato digestivo, ou seja, no estômago e no intestino delgado (CANIBE et al., 2001; SCHWARZER, 2005).

Os ácidos orgânicos podem exercer considerável poder bactericida mesmo quando não há redução significativa do pH gastrintestinal (CANIBE et al., 2001; SCHWARZER, 2005), o que ocorre em função de a maioria dos ácidos possuir pKa entre 3,0 e 5,0. Tal fato foi observado em um experimento realizado por Canibe et al. (2001), que não verificaram redução do pH gastrintestinal de leitões desmamados com a inclusão de 1,8% de diformiato de potássio (sal de ácido fórmico) na ração. Porém, verificaram redução na contagem de bactérias anaeróbicas totais, bactérias lácticas, coliformes e leveduras, sugerindo que a ação antimicrobiana se deu em função da penetração do acidificante não ionizado nas células.

2.3.1.4 Atuação na morfologia intestinal

Os ácidos orgânicos podem, também, apresentar efeitos na morfologia intestinal. Nesse sentido, muitos estudos têm sido realizados com os ácidos fórmico, propiônico, láctico, cítrico ou seus sais correspondentes e, em menor intensidade, com o butírico, apesar de sua importância como nutriente e fator trófico para o epitélio intestinal (KNUDSEN et al., 2003).

O butirato, sal de ácido butírico, é considerado um importante nutriente para a integridade do epitélio ao longo do trato gastrintestinal (SCHEPPACH et al., 1996), onde apresenta diversos efeitos nas células, influenciando na sua maturação e diferenciação (SMITH; YOKOYAMA; GERMAN, 1998), promovendo aumento na proliferação celular (MROZ, 2005) e auxiliando na manutenção da integridade do epitélio. A adição de 0,17% de butirato de sódio na dieta de leitões resultou em aumentos de 33,5% no número de células constituintes dos vilos e de 30,1% no comprimento dos vilos no íleo dos animais (GÁLFI; BOKORI, 1990 apud SILVA, 2002).

Em alguns estudos, foi verificado que o ácido fumárico constitui-se numa fonte energética prontamente disponível, podendo exercer efeito trófico diretamente sobre a mucosa do intestino delgado e contribuir para o aumento da superfície e da capacidade de absorção por meio da recuperação mais rápida do epitélio intestinal após o desmame (RISLEY et al., 1992; BLANK et al., 1999). Tem-se observado que dietas suplementadas com ácidos orgânicos podem propiciar

altura de vilosidades ao nível de duodeno semelhante àquela obtida com dietas suplementadas com antibióticos para leitões de 21 a 49 dias de idade, em condições de desafio sanitário (CORASSA et al., 2004). Por outro lado, a utilização dos ácidos fórmico, acético, láctico, fosfórico (inorgânico) e cítrico em dietas para leitões desmamados não alterou a morfologia intestinal dos leitões (NAMKUNG et al., 2004).

2.3.2 Fatores que interferem na resposta aos ácidos orgânicos

Os resultados encontrados com a utilização de ácidos orgânicos em dietas para leitões variam muito entre os estudos. Estas variações podem ocorrer em função da composição das dietas, idade dos animais, duração do período de alimentação com dietas acidificadas, tipo e nível de inclusão dos ácidos na dieta (GABERT; SAUER, 1995; MROZ, 2005).

Dessa maneira, as respostas dos leitões desmamados aos ácidos orgânicos podem depender dos ingredientes e da composição química da dieta. Melhores benefícios de acidificação foram observados quando as dietas foram formuladas com proteína vegetal, ao passo que o efeito melhorador de desempenho foi menor em dietas contendo produtos lácteos (BURNELL; CROMWELL; STAHLY, 1988; GIESTING; ROOS; EASTER, 1991), uma vez que a fermentação da lactose em ácido láctico pelos *Lactobacillus* diminui a necessidade de acidificação da dieta.

A capacidade tamponante da dieta, que interfere na ação dos ácidos, é influenciada pela fonte e pela quantidade de proteína e minerais. Dietas com alto teor de minerais resistem à redução no pH gástrico e propiciam a atividade microbiana no estômago (JUNG, BOULDUAN, 1996 apud GHELER, 2005), impedindo que os ácidos orgânicos exerçam sua função no organismo dos animais.

Dentre os ingredientes utilizados nas formulações, os cereais e seus co-produtos apresentam o menor poder tamponante, os alimentos protéicos possuem poder intermediário a alto, e as fontes minerais, com exceção dos fosfatos monossódico e bicálcico, são as que apresentam maior capacidade tamponante (JASAITIS; WOHLT; EVANS, 1987). Dependendo da fonte, quanto maiores forem os níveis de proteínas e minerais na ração, maior será seu poder tamponante (MORES et al., 1990; RADCLIFFE; ZHANG; KORNEGAY, 1998; BLANK et al., 1999).

A redução do pH da dieta ocorre curvilinearmente e depende do pKa do ácido e do poder tampão da ração, sendo a eficácia dos ácidos decrescente na seguinte ordem: tartárico, cítrico, málico, fumárico, láctico e fórmico, acético e propiônico. Os sais dos ácidos orgânicos exercem menor influência no pH da dieta e, em geral, enquanto os ácidos reduzem a capacidade tamponante da ração, alguns sais podem aumentá-la (PARTANEN; MROZ, 1999), promovendo diferentes respostas no desempenho dos animais.

Com relação ao período de fornecimento dos ácidos orgânicos, a resposta à suplementação dos ácidos parece ser mais evidente nas primeiras semanas após o desmame, diminuindo com o aumento da idade e a maturação do sistema digestório dos animais (GIESTING; ROOS; EASTER, 1991). Contrariando esta informação, a suplementação dos ácidos láctico (3,2%) e fórmico (1,6%) em rações para suínos em crescimento, também proporcionou melhora no desempenho e na digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, cinzas, cálcio e fósforo (JONGBLOED et al., 2000).

De acordo com Ravindran e Kornegay (1993), as condições experimentais a que são submetidos os animais são outro fator interferente à resposta aos ácidos, de modo que melhores benefícios são obtidos em condições com elevado desafio microbiano.

2.3.3 Tipos de ácidos

A magnitude da resposta aos acidificantes também sofre influência do nível e do tipo de ácido utilizado. O ácido acético é produzido por bactérias do gênero *Acetobater* pela oxidação de álcoois, já o ácido propiônico é produzido por bactérias do gênero *Propioni* no processo de manufatura do queijo e também é um metabólito da degradação de valina (STRYER, 1992). Como conservante, o ácido acético inibe o crescimento de muitas espécies de bactérias e, em menor extensão, de leveduras e fungos.

O ácido fórmico é utilizado normalmente como preservante em silagens de forrageiras e diversos sub-produtos. O formiato, um constituinte natural dos tecidos animais e do sangue, é importante no metabolismo, na transferência de elementos com um carbono, que são geradas principalmente durante o metabolismo de aminoácidos (STRYER, 1992).

Além do ácido fórmico, o propiônico também é utilizado na preservação de alimentos para animais. Ele é particularmente eficiente na conservação de matérias primas e

alimentos balanceados pela sua excelente ação antifúngica. Por outro lado, o ácido fórmico é considerado um ácido “mais forte” e apresenta uma grande eficiência no controle de bactérias e leveduras. Esses dois ácidos podem ser utilizados eficientemente no controle de *Salmonella* (BASF, 2001 apud MARTINS, 2005). A concentração mínima de ácido propiônico que previne *Escherichia coli* é 0,5%, que é cinco vezes maior que o ácido fórmico (VIOLA; VIEIRA, 2004), demonstrando que as diferenças entre os ácidos são determinantes dos níveis de inclusão nas dietas.

O conhecimento do nível ideal de inclusão do ácido orgânico na dieta é de grande importância, como verificado nas pesquisas em que a suplementação de 1,0% de ácido propiônico na dieta de leitões promoveu uma melhora na taxa de crescimento dos animais (BOLDUAN et al., 1988 apud RIBEIRO, 1996), enquanto a adição de 2,0% do mesmo ácido não apresentou efeitos benéficos sobre o ganho de peso ou eficiência alimentar, resultando ainda em uma redução no consumo de ração (GIESTING; EASTER, 1985).

O ácido láctico é produzido no estômago e intestino como produto final da fermentação de açúcares. Esse processo fermentativo é realizado por muitas espécies de bactérias, principalmente daquelas dos gêneros *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, *Pediococcus* e *Leuconostoc*. O lactato é também produzido pelas células musculares, partindo do glicogênio, quando o suplemento de oxigênio é inadequado para suportar a oxidação de piruvato e produção de ATP via metabolismo aeróbico. O lactato, presente na corrente sanguínea, vindo dos músculos ou do lúmen gastrointestinal, é carregado para o fígado, onde é reoxidado a piruvato, que pode ser oxidado via ciclo do ácido cítrico (STRYER, 1992).

Várias pesquisas demonstram os efeitos positivos do ácido láctico no desempenho dos animais (ROTH; KIRCHGESSNER; EIDELSBURGER, 1993 apud SILVA, 2002; FREITAS et al., 2006; JONGBLOED et al., 2000; TSILOYANNIS et al., 2001b). São exemplos os estudos que verificaram aumento no ganho de peso dos animais com inclusão de 0,8%, 1,6% e 2,4% do ácido em dietas para leitões (ROTH; KIRCHGESSNER; EIDELSBURGER, 1993 apud SILVA, 2002), melhora na conversão alimentar com a inclusão de 1,6% e 2,4% (ROTH; KIRCHGESSNER; EIDELSBURGER, 1993 apud SILVA, 2002) e de 0,84% e 0,63% de ácidos orgânicos à base de ácido láctico (FREITAS et al., 2006), além de melhor consistência de fezes, controle de *Escherichia coli* e *Streptococcus* spp., e redução da incidência e severidade de diarreias com a adição de 1,6% de ácido láctico (TSILOYANNIS et al., 2001b).

A melhora no desempenho dos animais com a adição de ácidos orgânicos tem sido, também, observada nas fases de crescimento e terminação. Assim, os efeitos benéficos dos ácidos fórmico e láctico (JONGBLOED et al., 2000) e fórmico e mistura de fórmico e sorbato de potássio (PARTANEN et al., 2002) têm sido relatados não só no desempenho como também na digestibilidade dos nutrientes (JONGBLOED et al., 2000).

O ácido fumárico é inodoro, tem sabor azedo e apresenta-se na forma de pequenos cristais brancos, quase insolúveis em água (PARTANEN; MROZ, 1999). Como fonte de energia prontamente disponível, ele possivelmente apresenta um efeito trófico na mucosa do intestino delgado, levando, dessa forma, ao aumento da superfície e da capacidade de absorção nesse órgão (VIOLA; VIEIRA, 2004). Segundo Blank et al. (1999), o ácido fumárico apresenta efeito positivo sobre a digestibilidade ileal da proteína bruta, energia bruta e dos aminoácidos nas dietas para leitões desmamados precocemente.

As pesquisas com ácido fumárico em dietas para leitões no pós-desmame demonstram que a inclusão de 3,0% (GIESTING; EASTER, 1985), 2,0% (LÜDKE et al., 1992) ou 1,5% do ácido (TEIXEIRA, 2003) promovem melhora significativa no desempenho dos animais, tanto no ganho de peso e conversão alimentar (GIESTING; EASTER, 1985; LÜDKE et al., 1992; TEIXEIRA, 2003), assim como aumento no consumo de ração (TEIXEIRA, 2003).

Por outro lado, não ficou evidenciado qualquer efeito benéfico em leitões desmamados aos 28 dias e alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja suplementadas com 1,5% (RADECKI; JUHL; MILLER, 1988) ou 2,5% de ácido fumárico (KRAUSE; HARRISON; EASTER, 1994). Adicionalmente, com o nível de 3,0%, o ácido fumárico chegou a provocar redução de 12,0% no ganho de peso (RADECKI; JUHL; MILLER, 1988).

O ácido benzóico é um ácido carboxílico aromático, presente de forma natural em frutas frescas, como o morango, e em especiarias, tais como o cravo e o azeite de anis. Os sais desse ácido foram largamente utilizados como fármacos, agindo como antipirético, antifúngico, anti-séptico e também no tratamento de doenças como a tuberculose, a difteria e o reumatismo (ARAÚJO et al., 2004). Esse ácido é primariamente conjugado no fígado à glicina e o ácido hipúrico formado é excretado na urina (BRIDGES et al., 1970). A adição dos benzoatos em dietas pode resultar em diminuição da capacidade tampão das dietas e, subsequente, aumentar a acidez da urina (MROZ et al., 2000).

Em estudos *in vitro* com coliformes e bactérias lácticas, Knarreborg et al. (2002) observaram que seis diferentes ácidos orgânicos (fórmico, propiônico, butírico, láctico, benzóico e fumárico) tiveram a habilidade de reduzir a atividade destes microrganismos no estômago de leitões em pH 4,5. Notaram também que, entre os ácidos orgânicos estudados, o ácido benzóico foi o que apresentou maior poder antimicrobiano. Com relação ao desempenho dos animais, a inclusão de 0,25%, 0,50% e 0,75% de ácido benzóico proporcionou, comparado ao controle, melhores resultados no desempenho de suínos no período de 28 a 70 dias de idade, com destaque para os níveis de 0,50% e 0,75% (GHELER, 2005), e a adição de 0,5% e 1,0% do mesmo ácido à dieta de leitões com 28 dias de idade promoveu melhora na conversão alimentar e no ganho de peso dos animais (KLUGE, BROZ, EDER, 2006). De acordo com os autores, essa melhora no desempenho pode estar relacionada à redução no número de bactérias do trato gastrintestinal.

Com o objetivo de reduzir o poder tampão das dietas de suínos, Mroz et al. (2000) utilizaram o benzoato de cálcio em substituição ao calcário como fonte de cálcio em dietas suplementadas com diferentes ácidos orgânicos, entre eles os ácidos butírico, fórmico e fumárico. O estudo mostrou que a suplementação da dieta com benzoato de cálcio resultou em maiores valores de digestibilidade ileal da matéria seca, da matéria orgânica e dos aminoácidos arginina, isoleucina, leucina, fenilalanina, alanina, ácido aspártico e tirosina e que a adição de ácidos orgânicos exerce efeito positivo sobre a digestibilidade ileal da matéria seca, da matéria orgânica e da proteína bruta (MROZ et al., 2000).

O ácido cítrico é um ácido orgânico fraco e é o principal ácido encontrado nas frutas cítricas. É usado como conservante natural (antioxidante), sendo conhecido também como acidulante, dando um sabor ácido e refrescante na preparação de alimentos e de bebidas. Em bioquímica, é importante o seu papel como intermediário do ciclo do ácido cítrico, de forma que ocorre no metabolismo de quase todos os seres vivos. Entre os ácidos orgânicos, é o que se apresenta menos efetivo como agente antimicrobiano, visto que, muitos organismos podem metabolizar o citrato e, também, devido ao seu reduzido valor de pKa (3,1 e 4,8) (VIOLA; VIEIRA, 2004). Mesmo assim, a adição de 1,5% ou 3,0% de ácido cítrico em dietas para leitões recém-desmamados tem proporcionado redução significativa no pH da dieta e no pH estomacal e aumento significativo no ganho diário de peso e na eficiência alimentar (RADCLIFFE; ZHANG; KORNEGAY, 1998).

O ácido butírico é o componente orgânico encontrado na manteiga rançosa, sendo um dos responsáveis pelo seu odor e sabor peculiares. É formado após a ação de microrganismos sobre os triglicérides presentes na manteiga. A adição de butirato de sódio em dietas para suínos tem demonstrado influência positiva sobre a performance produtiva dos animais e sobre a integridade das vilosidades intestinais, aumentando o número de células e o comprimento dos vilos (GÁLFI; BOKORI, 1990 apud SILVA, 2002; MANZANILLA et al., 2006).

Os ácidos inorgânicos como fosfórico e clorídrico também demonstram ser eficientes na melhora do desempenho de suínos. O mecanismo de ação ainda não é claro, mas parece estar relacionado com a redução do pH na porção superior do trato digestivo, reduzindo o potencial de proliferação de microrganismos indesejáveis no estômago e no intestino delgado de leitões (MAHAN; NEWTON; CERA, 1996). Entretanto, a adição de 1,02% de ácido fosfórico à dieta de leitões com peso médio de 31,94 kg sobrecarregou os rins na eliminação do excedente de fósforo pela urina (TEIXEIRA, 2004), demonstrando a importância dos estudos para avaliação dos tipos de ácidos e dos níveis adicionados às rações.

2.3.4 Misturas (*blends*) de ácidos

Estudos têm evidenciado a melhora no ganho de peso e na conversão alimentar de leitões alimentados com dietas suplementadas com ácidos orgânicos na forma isolada. Porém, apesar da maioria dos ácidos orgânicos promoverem efeitos positivos sobre o desempenho de suínos, eles apresentam diferentes modos de ação. Por essa razão, atualmente são utilizados *blends*, que são misturas de diversos ácidos em diferentes proporções, na tentativa de aumentar os benefícios sobre o desempenho dos animais.

De acordo com Nankung et al. (2004), a utilização de ácidos orgânicos em dietas para leitões, em particular, a combinação de ácido láctico com outros ácidos mostra-se como uma alternativa aos aditivos antimicrobianos melhoradores do desempenho de leitões recém-desmamados. Assim, a inclusão das combinações de ácido fumárico e propionato de cálcio ou ácido láctico e propionato de cálcio às rações tem melhorado o ganho de peso dos leitões durante a fase de creche. Tal benefício pode ser consequência da redução do pH gástrico, redução da população de bactérias no intestino delgado e manutenção da integridade das vilosidades intestinais (SILVA, 2002).

A combinação de ácidos orgânicos em dietas para leitões normalmente modifica o pH do estômago e a microbiota intestinal, sendo que o *blend* composto por ácido fórmico e ácido láctico tem-se mostrado muito interessante. Com relação à utilização dos nutrientes da dieta, a combinação de ácido fórmico com ácido láctico ou ácido fumárico tem proporcionado aumento no aproveitamento dos nutrientes (FRANCO et al., 2005).

Embora a literatura apresente vários estudos sobre a utilização de ácidos orgânicos em dietas para suínos, são necessárias mais pesquisas para determinar, por exemplo, os níveis ideais de inclusão e as melhores combinações, além dos seus mecanismos de ação. Tais pesquisas se fazem necessárias uma vez que os ácidos orgânicos poderão ser importantes alternativas como aditivos melhoradores do desempenho de suínos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Instalações experimentais e animais

Um experimento com 34 dias de duração foi conduzido na creche experimental do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP. A sala de creche possui 20 baias metálicas suspensas, dispostas em quatro faixas de cinco baias. Cada baia possui uma área de 1,80 m² (1,20 x 1,50 m), sendo providas de comedouros automáticos, bebedouro tipo chupeta e aquecimento complementar com lâmpadas infra-vermelhas de 250 W. A área abaixo do bebedouro é constituída de piso metálico vazado, enquanto que o restante é de concreto compacto, correspondente à área adjacente ao comedouro.

Foram utilizados 160 leitões Topigs, com idade média em torno de 24 dias e peso médio inicial de 6,69 ± 1,82 kg. Cada baia (unidade experimental) foi composta por quatro animais, sendo dois machos castrados e duas fêmeas. Todos os animais foram adquiridos de uma granja comercial de Mogi Mirim, SP.

3.2 Acidificantes

Foram utilizadas misturas (*blends*) comerciais de acidificantes, cujas combinações e níveis de inclusão seguiram as recomendações dos fabricantes. A Tabela 1 apresenta a composição das misturas utilizadas no experimento.

Tabela 1 - Composição das misturas (*blends*) de acidificantes utilizadas no experimento

Misturas	Composição
<i>Blend 1</i>	<p>ácido fosfórico (inorgânico), 145.000 ppm</p> <p>ácido fórmico, 85.000 ppm</p>
<i>Blend 2</i>	<p>butirato de sódio, 64.000 ppm</p>
<i>Blend 3</i>	<p>ácido láctico, 620.000 ppm</p> <p>ácido fórmico, 40.000 ppm</p>
<i>Blend 4</i>	<p>ácido propiônico, 198.000 ppm</p> <p>ácido acético, 196.000 ppm</p> <p>ácido fórmico, 196.000 ppm</p> <p>ácido fosfórico (inorgânico), 21.000 ppm</p> <p>ácido cítrico, 8.500 ppm</p> <p>cálcio, 250.000 ppm</p>
<i>Blend 5</i>	<p>ácido benzóico, 590.000 ppm</p> <p>ácido fórmico, 70.000 ppm</p> <p>ácido fosfórico (inorgânico), 50.000 ppm</p> <p>ácido cítrico, 40.000 ppm</p>

3.3 Tratamentos e dietas basais

Durante o experimento, foram utilizadas duas dietas basais, sendo a pré-inicial fornecida do 1º ao 14º dia e a inicial do 14º ao 34º dia do experimento. Os níveis de exigências nutricionais foram aqueles recomendados por Rostagno (2005). As composições percentuais das dietas basais pré-iniciais e iniciais podem ser encontradas, respectivamente, nas Tabelas 2 e 3 e os valores nutricionais calculados na Tabela 4. Foram testados cinco tratamentos, sendo um tratamento com dieta basal e antimicrobiano, e os demais dieta basal com acidificantes.

Os tratamentos da fase pré-inicial foram:

- Tratamento antimicrobiano (Am): dieta basal + 0,004% de sulfato de colistina;
- Tratamento acidificante 1 (A1): dieta basal + 0,5% do *blend* 1 [ácido fórmico e ácido fosfórico (inorgânico)];
- Tratamento acidificante 2 (A2): dieta basal + 0,15% do *blend* 2 (butirato de sódio) + 0,4% do *blend* 3 (ácido láctico e ácido fórmico);
- Tratamento acidificante 3 (A3): dieta basal + 0,8% do *blend* 4 [ácido fosfórico (inorgânico), fórmico, acético, propiônico, cítrico e seus sais de cálcio].
- Tratamento acidificante 4 (A4): dieta basal + 0,6% do *blend* 4 [ácido fosfórico (inorgânico), fórmico, acético, propiônico, cítrico e seus sais de cálcio] + 0,15% do *blend* 5 [ácido benzóico, fosfórico (inorgânico), fórmico e cítrico].

Os tratamentos da fase inicial foram:

- Tratamento antimicrobiano (Am): dieta basal + 0,004% de sulfato de colistina;
- Tratamento acidificante 1 (A1): dieta basal + 0,3% do *blend* 1 [ácido fórmico e ácido fosfórico (inorgânico)];
- Tratamento acidificante 2 (A2): dieta basal + 0,1% do *blend* 2 (butirato de sódio) + 0,3% do *blend* 3 (ácido láctico e ácido fórmico);
- Tratamento acidificante 3 (A3): dieta basal + 0,6% do *blend* 4 [ácido fosfórico (inorgânico), fórmico, acético, propiônico, cítrico e seus sais de cálcio];
- Tratamento acidificante 4 (A4): dieta basal + 0,5% do *blend* 4 [ácido fosfórico (inorgânico), fórmico, acético, propiônico, cítrico e seus sais de cálcio] + 0,1% do *blend* 5 [ácido benzóico, fosfórico (inorgânico), fórmico e cítrico].

Tabela 2 – Composição percentual das dietas basais pré-iniciais

Ingrediente	Dieta pré-inicial (1 a 14 dias)				
	Tratamento				
	Am ⁵	A1 ⁶	A2 ⁷	A3 ⁸	A4 ⁹
Milho	50,18	49,68	49,63	50,01	49,92
Farelo de soja (46%)	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50
Soro de leite	15,71	15,71	15,71	15,70	15,71
Plasma sangüíneo	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Farinha de peixe (58%)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Açúcar	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Óleo de soja	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
Sal	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Calcário	0,35	0,35	0,35	0,00	0,08
Fosfato bicálcico	1,17	1,17	1,17	0,90	0,95
Cloreto de colina (60%)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
L-Lisina HCl (78%)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
L-Treonina (98,5%)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
L-Triptofano (98%)	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
DL-Metionina (99%)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Antioxidante ¹	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Suplemento mineral ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Aromatizante ⁴	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Antibiótico	0,004	0,00	0,00	0,00	0,00
Acidificantes	0,00	0,50	0,55	0,80	0,75

¹BHT (Hidróxido de tolueno butilado) 98%.

²Suprindo as seguintes quantidades por kg de ração: cobre, 9 mg; ferro, 81 mg; iodo, 0,9 mg; manganês, 54 mg; zinco, 135 mg.

³Suprindo as seguintes quantidades por kg de ração: ácido fólico, 1,08 mg; ácido pantotênico, 9,9 mg; etoiquim, 0,16 mg; biotina, 198 mcg; niacina, 22,50 mg; selênio 0,27 mg; vit. A, 4770 UI; vit. B1, 0,72 mg; vit. B12, 21,60 mcg; vit. B2, 3,6 mg; vit. B6, 1,35 mg; vit. D3, 765 UI; vit. E, 40,50 mg; vit. K3, 1,35 mg.

⁴Produto comercial: Tecnoaroma ZTA Banana.

⁵Suprindo as seguintes quantidades por kg de ração: 40 mg de sulfato de colistina (65%).

⁶Suprindo as seguintes quantidades por kg de ração: ácido fosfórico, 725 mg; ácido fórmico, 425 mg.

⁷Suprindo as seguintes quantidades por kg de ração: butirato de sódio, 96 mg; ácido láctico, 2.480 mg; ácido fórmico, 160 mg.

⁸Suprindo as seguintes quantidades por kg de ração: ácido propiônico, 1.584 mg; ácido acético, 1.568 mg; ácido fórmico, 1.568 mg; ácido fosfórico, 168 mg; ácido cítrico, 68 mg; cálcio, 2.000 mg.

⁹Suprindo as seguintes quantidades por kg de ração: ácido fórmico, 1.281 mg; ácido propiônico, 1.188 mg; ácido acético, 1.176 mg; ácido fosfórico, 201 mg; ácido benzóico, 885 mg; ácido cítrico, 111 mg; cálcio, 1.500 mg.

Tabela 3 – Composição percentual das dietas basais iniciais

Ingrediente	Dieta inicial (14 a 34 dias)				
	Tratamento				
	Am ⁵	A1 ⁶	A2 ⁷	A3 ⁸	A4 ⁹
Milho	67,16	67,00	66,95	67,488	68,59
Farelo de soja (46%)	20,18	20,05	20,00	15,03	16,11
Soro de leite	5,71	5,71	5,71	5,71	5,71
Plasma sangüíneo	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Farinha de peixe (58%)	0,08	0,08	0,08	4,00	3,02
Açúcar	0,00	0,00	0,00	1,42	0,00
Sal	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Calcário	0,50	0,50	0,50	0,00	0,10
Fosfato bicálcico	1,66	1,66	1,66	1,06	1,17
Cloreto de colina (60%)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
L-Lisina HCl (78%)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
DL-Metionina (99%)	0,006	0,006	0,006	0,00	0,00
Antioxidante ¹	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Suplemento mineral ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Aromatizante ⁴	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Antibiótico	0,004	0,00	0,00	0,00	0,00
Acidificantes	0,00	0,30	0,40	0,60	0,60

¹BHT (Hidróxido de tolueno butilado) 98%.

²Suprindo as seguintes quantidades por kg de ração: cobre, 9 mg; ferro, 81 mg; iodo, 0,9 mg; manganês, 54 mg; zinco, 135 mg.

³Suprindo as seguintes quantidades por kg de ração: ácido fólico, 1,08 mg; ácido pantotênico, 9,9 mg; etoiquim, 0,16 mg; biotina, 198 mcg; niacina, 22,50 mg; selênio 0,27 mg; vit. A, 4770 UI; vit. B1, 0,72 mg; vit. B12, 21,60 mcg; vit. B2, 3,6 mg; vit. B6, 1,35 mg; vit. D3, 765 UI; vit. E, 40,50 mg; vit. K3, 1,35 mg.

⁴Produto comercial: Tecnoaroma ZTA Banana.

⁵Suprindo as seguintes quantidades por kg de ração: 40 mg de sulfato de colistina (65%).

⁶Suprindo as seguintes quantidades por kg de ração: ácido fosfórico, 435 mg; ácido fórmico, 255 mg.

⁷Suprindo as seguintes quantidades por kg de ração: butirato de sódio, 64 mg; ácido láctico, 1.860 mg; ácido fórmico, 120 mg.

⁸Suprindo as seguintes quantidades por kg de ração: ácido propiônico, 1.188 mg; ácido acético, 1.176 mg; ácido fórmico, 1.176 mg; ácido fosfórico, 126 mg; ácido cítrico, 51 mg; cálcio, 1.500 mg.

⁹Suprindo as seguintes quantidades por kg de ração: ácido fórmico, 1050 mg; ácido propiônico, 990 mg; ácido acético, 980 mg; ácido fosfórico, 155 mg; ácido benzóico, 590 mg; ácido cítrico, 82,5 mg; cálcio, 1.250 mg.

Tabela 4 – Valores nutricionais calculados das dietas basais

Tratamento ^{1,2}	Dieta pré-inicial (1 a 14 dias)					Dieta inicial (14 a 34 dias)				
	Am	A1	A2	A3	A4	Am	A1	A2	A3	A4
EM (kcal/kg)	3331	3323	3313	3323	3323	3268	3268	3268	3312	3294
PB (%)	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Lactose (%)	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Lisina digestível (%)	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Treonina digestível (%)	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Triptofano digestível	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,20	0,20	0,20	0,18	0,19
Metionina digestível	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Cálcio (%)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Fósforo total (%)	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68

¹Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

²Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm e A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

3.4 Experimento

3.4.1 Desempenho

Foram utilizados 160 leitões Topigs, distribuídos em 20 baias com dois machos castrados e duas fêmeas por baia (unidade experimental), de acordo com o peso e o sexo dos animais, totalizando oito blocos (repetições no tempo) por tratamento. Os animais receberam ração e água à vontade durante todo o período experimental de 34 dias.

Para avaliação dos dados de desempenho (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar) nos períodos de 1 a 14 e 1 a 34 dias, foram registradas as quantidades de ração consumida e realizadas pesagens dos animais no início e no final de cada fase.

3.4.2 Freqüência de diarreia

A freqüência de diarreia foi observada diariamente, pela manhã, de acordo com os seguintes escores: 1- fezes duras; 2- fezes normais; 3- fezes pastosas; 4- fezes líquidas (FREITAS et al., 2006). Apenas os escores 3 e 4 indicavam a ocorrência de diarreia, dessa maneira, pôde-se calcular a porcentagem de dias com ocorrência de diarreia nos períodos de 1 a 14 e 1 a 34 dias de experimentação

3.4.3 Determinação do pH das dietas experimentais

Durante o período experimental foram preparadas duas dietas experimentais. Para determinação do pH das dietas experimentais, coletou-se uma amostra de 10 g de cada dieta, que foi colocada em um becker para ser dissolvida em 90 mL de água deionizada e, posteriormente, agitada em agitador elétrico até a obtenção de uma suspensão homogênea. A leitura do pH foi realizada por um peagâmetro.

3.4.4 Análise da morfologia intestinal

Foi abatido um animal por unidade experimental no 34º dia de experimento, dos quatro primeiros blocos, totalizando quatro repetições por tratamento para essa variável. O animal foi escolhido de acordo com o peso vivo, sendo utilizado aquele que apresentava o peso mais próximo da média do bloco, independente do sexo.

Após o abate, segmentos de cerca de 3 cm de comprimento do duodeno (15 cm após o piloro) e do jejuno (1,5 m da junção do íleo com o ceco) foram retirados, lavados com água destilada e armazenados em recipientes contendo formol 10%. Posteriormente, as amostras foram enviadas para o laboratório AVIPA, localizado na cidade de Campinas, SP. Para cada amostra foi preparada uma lâmina, submetida à coloração por hematoxilina e eosina. As medidas de altura de vilosidade e profundidade de cripta foram feitas através de imagens geradas em um microscópio leica DMR. O *software* utilizado para a análise das imagens foi o KS 300, sendo este capaz de fazer medições de comprimento e área da imagem gerada. As relações entre altura de vilosidades e profundidade das criptas também foram calculadas.

3.4.5 Verificação do pH do estômago e do ceco

Imediatamente após o abate, foram feitas incisões em cada órgão, homogeneização do conteúdo gástrico e intestinal e posterior introdução do sensor do peagâmetro para medição do pH do conteúdo da porção distal do estômago e do ceco, de acordo com a metodologia descrita por Alvarenga et al. (2006).

3.4.6 Morfometria de órgãos

Foram retirados e pesados os órgãos digestivos (estômago vazio, pâncreas, fígado, vesícula biliar, intestino delgado vazio, intestino grosso vazio, ceco e cólon vazios), assim como a medição do comprimento do intestino delgado dos animais. O comprimento relativo do intestino delgado foi obtido considerando o peso vivo dos animais e a relação peso e comprimento do intestino delgado.

3.5 Delineamento experimental e análise de dados

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos e oito repetições (blocos) por tratamento para os dados de desempenho e frequência de diarreia. Para os dados de morfologia intestinal, pH estomacal, pH cecal e morfometria de órgãos, foram analisados cinco tratamentos e quatro repetições (blocos) por tratamento.

Os dados foram analisados pelo SAS LAB para verificação da adequação dos dados ao modelo linear. Posteriormente, foi feita análise de variância pelo PROC GLM (General Linear Models) do SAS (Statistical Analysis System, 2001). Os dados de frequência de diarreia foram transformados pela função $y = \arcsen\sqrt{(p/100)}$, sendo “p” a porcentagem de dias com diarreia, de acordo com o recomendado por Barbin (2003).

O modelo matemático principal utilizado foi: $Y_{ij} = \mu + b_i + t_j + e_{ij}$, que inclui a média geral (μ), os fatores bloco (b_i), tratamento (t_j) e erro experimental (e_{ij}). Para as variáveis de desempenho também foram considerados os efeitos de tempo no modelo principal. A interação tratamentoxtempo não foi significativa, por isso ela foi retirada do modelo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho

Os valores médios de pH das rações pré-inicial (1 a 14 dias) e inicial (14 a 34 dias) são apresentados na Tabela 5. No Apêndice A, encontram-se os valores médios de pH das rações experimentais de acordo com as repetições no tempo. Os resultados de peso vivo inicial (Pi), peso vivo aos 14 dias (P14), ganho diário de peso (GDP), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA) na fase de 1 a 14 dias de experimentação são apresentados na Tabela 6. As médias por parcela do Pi, P14, peso vivo aos 34 dias (P34), GDP, CDR e CA nas fases de 1 a 14 dias e de 1 a 34 dias de experimentação são apresentadas nos Apêndices B a E.

Tabela 5 - Valores médios de pH das dietas pré-inicial e inicial

Tratamento ^{1,2}	pH dieta pré-inicial 1 a 14 dias	pH dieta inicial 14 a 34 dias
Am-Antimicrobiano	6,06	6,23
A1-Blend 1	5,80	6,06
A2-Blends 2 e 3	5,89	6,08
A3-Blend 4	5,81	6,01
A4-Blends 4 e 5	5,86	5,96

¹Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

²Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm e A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

O uso dos diferentes acidificantes determinou reduções médias de 0,26; 0,17; 0,25 e 0,20 unidade de pH da ração para os tratamentos A1, A2, A3 e A4, respectivamente, com relação ao tratamento Am, na dieta pré-inicial. Na dieta inicial, os acidificantes determinaram reduções médias de 0,17; 0,15; 0,22 e 0,27 unidade de pH da ração para os tratamentos A1, A2, A3 e A4, respectivamente, com relação ao tratamento Am.

Tabela 6 - Médias de peso vivo inicial (Pi), peso vivo aos 14 dias (P14), ganho diário de peso (GDP), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA) para o período de 1 a 14 dias de experimentação

Tratamento ¹	Pi (kg)	P14 (kg) ²	GDP (kg) ²	CDR (kg) ³	CA ²
Am-Antimicrobiano	6,68	12,00 ^{ab}	0,377 ^{ab}	0,558	1,53 ^a
A1-Blend 1	6,67	12,43 ^{ab}	0,406 ^{ab}	0,566	1,43 ^{ab}
A2-Blends 2 e 3	6,69	12,73 ^a	0,426 ^a	0,566	1,34 ^b
A3-Blend 4	6,70	11,87 ^b	0,365 ^b	0,531	1,47 ^{ab}
A4-Blends 4 e 5	6,70	12,23 ^{ab}	0,390 ^{ab}	0,540	1,42 ^{ab}
Pr > F	..	0,03	0,04	0,52	0,004
CV (%) ³	..	4,62	10,21	9,06	6,05

¹Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

²Médias com letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey.

³Não significativo (P>0,05).

⁴CV - Coeficiente de variação.

Nota: Sinal convencional utilizado:

.. Não se aplica dado numérico.

Para o período experimental de 1 a 14 dias, foi observado efeito significativo dos tratamentos sobre o P14 (P=0,03), o GDP (P=0,04) e a CA (P=0,004). Os leitões que receberam ração com acidificante apresentaram P14 e GDP semelhante aos leitões que receberam ração com antimicrobiano, sendo que o P14 e o GDP foram maiores (P=0,03 e P=0,04) para os animais do tratamento A2 (96 ppm de butirato de sódio; 2.480 ppm de ácido láctico e 160 ppm de ácido fórmico), quando comparado ao tratamento A3 (1.584 ppm de ácido propiônico; 1.568 ppm de ácido acético; 1.568 ppm de ácido fórmico; 168 ppm de ácido fosfórico; 68 ppm de ácido cítrico e 2.000 ppm de cálcio). Os leitões que receberam ração com adição de A2 apresentaram melhor (P=0,004) CA em relação ao tratamento Am (40 ppm de sulfato de colistina), e valores semelhantes aos demais tratamentos com acidificantes.

Os resultados de P14 e GDP estão de acordo com os dados obtidos por Partanen et al. (1999), Tsioloyiannis et al. (2001a) e Nankung et al. (2004), que verificaram que os acidificantes e seus sais ajudam a contornar os problemas de baixo desempenho, característicos do pós-

desmame, demonstrando ser alternativa ao uso de aditivos antimicrobianos em rações para leitões na fase de creche.

Para os animais que receberam rações com adição de A2, os valores de P14 foram 6,7% superiores ($P=0,03$) aos daqueles do tratamento A3 e, pelo menos, 2,3% superiores aos dos demais tratamentos. Já o GDP dos animais do tratamento A2 foi 14,31% superior ($P=0,04$) aos daqueles do A3 e, pelo menos, 4,69% superior aos dos demais tratamentos. Vários estudos demonstram que o ácido láctico tem se destacado no efeito positivo sobre desempenho dos animais, quando comparado a outros ácidos orgânicos, no período de 1 a 14 dias pós-desmame (COLE et al., 1968; TSILOYIANNIS et al., 2001ab; NANKUNG et al., 2004) e de 1 a 42 dias pós-desmame (SILVA, 2002).

Em um estudo em que foram testados diferentes ácidos orgânicos (propiónico, láctico, fórmico, málico, cítrico e fumárico), o ácido láctico foi mais eficaz que os demais ácidos, promovendo aumento no ganho de peso e no consumo de ração (TSILOYIANNIS et al., 2001a). De acordo com os autores, o ácido láctico pode ter estimulado o desenvolvimento e o funcionamento do intestino, atuando de maneira positiva na microbiota intestinal. Ressaltando que a resposta ao ácido láctico pode ser facilitada pela presença de outros ácidos na dieta (PARTANEN; MROZ, 1999).

A melhora na conversão alimentar dos animais concorda com os resultados obtidos por diversos autores (GIESTING, EASTER, 1985; RISLEY et al., 1991; TSILOYIANNIS et al., 2001; FREITAS et al., 2006). A acidificação da dieta com 1,0% de ácido cítrico (BURNELL et al., 1988), com até 3,0% de ácido fumárico (GIESTING; ROOS; EASTER, 1991) e com 0,03% de butirato (MANZANILLA et al., 2006) promoveu melhora significativa na conversão alimentar para o período de duas semanas após o desmame.

Uma das razões para o adequado desempenho dos animais com a utilização de ácidos orgânicos pode ser o maior aproveitamento da proteína da dieta. Outra hipótese é ação antimicrobiana dos ácidos orgânicos, especialmente contra *Escherichia coli*, responsável pela redução do crescimento e mortalidade dos animais no período do pós-desmame (KIRCHGESSNER; ROTH, 1982).

Por outro lado, os dados do presente estudo diferem daqueles obtidos por Krause; Harrison; Easter (1994); Ribeiro (1996) e Silva (2002, 2006), que não observaram diferenças significativas na conversão alimentar dos animais com a adição de ácidos orgânicos às dietas.

Não houve influência ($P>0,05$) dos tratamentos sobre o CDR, resultado semelhante àqueles obtidos por vários pesquisadores que, também, não observaram qualquer efeito no consumo de ração dos animais no período pós-desmame (RISLEY et al., 1991; SILVEIRA, 2003; TEIXEIRA, 2003; CORASSA, 2006; SILVA, 2006). Em outras pesquisas, porém, a inclusão de 2,0% de ácido propiônico na dieta de leitões promoveu uma diminuição significativa no consumo de ração dos animais (GIESTING; EASTER, 1985), enquanto a inclusão dos ácidos propiônico, láctico, fórmico, málico, cítrico e fumárico (TSILOYIANNIS et al., 2001b) e de uma mistura acidificante (KIRCHGESSNER; ROTH, 1982) promoveram aumento significativo no consumo de ração para todos os ácidos testados (TSILOYIANNIS et al., 2001b; KIRCHGESSNER; ROTH, 1982). Os autores concluíram que o aumento do consumo deve estar relacionado com a melhora na palatabilidade das rações acidificadas.

Para o período de 1 a 34 dias de experimento, os resultados de Pi, P34, GDP, CDR e CA são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Médias de peso vivo inicial (Pi), peso vivo aos 34 dias (P34), ganho diário de peso (GDP), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA), para o período de 1 a 34 dias de experimentação

Tratamento ¹	Pi (kg)	P34 (kg) ²	GDP (kg) ²	CDR (kg) ²	CA ³
Am-Antimicrobiano	6,68	23,88	0,505	0,843	1,68 ^a
A1-Blend 1	6,67	25,06	0,541	0,878	1,65 ^a
A2-Blends 2 e 3	6,69	25,03	0,539	0,877	1,63 ^{ab}
A3-Blend 4	6,70	23,74	0,501	0,808	1,63 ^{ab}
A4-Blends 4 e 5	6,70	24,93	0,535	0,853	1,59 ^b
Pr > F	..	0,15	0,15	0,25	0,0006
CV (%) ⁴	..	5,66	7,79	8,04	2,22

¹Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

²Não significativo ($P>0,05$).

³Médias com letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey.

⁴CV - Coeficiente de variação.

Nota: Sinal convencional utilizado:

.. Não se aplica dado numérico.

Para o período experimental de 1 a 34 dias, embora não tenha sido detectada qualquer diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos para as variáveis P34, GDP, e CDR, observaram-se diferenças ($P=0,006$) na CA dos animais alimentados com rações contendo os diversos *blends*. Na verdade, os melhores resultados foram apresentados pelos animais que receberam ração com adição do A4 (990 ppm de ácido propiônico; 980 ppm de ácido acético; 155 ppm de ácido fosfórico; 150 ppm de ácido fórmico; 590 ppm de ácido benzóico; 85,5 ppm de ácido cítrico e 1.250 ppm de cálcio), que foi 5,6% melhor quando comparado ao tratamento Am e, no mínimo, 2,5% melhor, quando comparado aos demais tratamentos.

Também para o período de 1 a 34 dias de experimentação, a acidificação das dietas proporcionou GDP semelhante ao antimicrobiano, confirmando a atuação positiva dos ácidos no desempenho dos animais no período do pós-desmame, representando uma alternativa ao uso dos aditivos antimicrobianos (PARTANEN et al., 1999; TSILOYIANNIS et al., 2001a; NANKUNG et al., 2004), como melhoradores de desempenho.

A acidificação da dieta no período total de experimentação não promoveu diferença significativa entre os tratamentos para o consumo de ração, como observado em diversas pesquisas (RIBEIRO, 1996; SILVA, 2002; SILVEIRA, 2003; SILVA, 2006). Por outro lado, tem-se observado que a inclusão dos ácidos propiônico, láctico, fórmico, málico, cítrico e fumárico (TSILOYIANNIS et al., 2001b) pode proporcionar aumento no consumo de ração dos leitões, no período de 1 a 28 dias pós-desmame.

Os dados de conversão alimentar para o período de 1 a 34 dias de experimentação estão de acordo com os dados encontrados na literatura (GIESTING; EASTER, 1985; BURNELL et al., 1988; GIESTING et al., 1991; RISLEY et al., 1991; TSILOYIANNIS et al., 2001). Como verificado nas pesquisas em que a adição de até 1,0% de um *blend* a base de ácido cítrico (BURNELL et al., 1988), e a adição de 1,5% de ácido cítrico (RISLEY et al., 1991) à dieta de leitões no período de quatro semanas após o desmame promoveu melhora significativa na conversão alimentar dos animais.

4.2 Frequência de diarreia

As porcentagens médias de ocorrência de diarreia, assim como as médias transformadas pela função $y = \arcsen\sqrt{(p/100)}$ estão apresentadas na Tabela 8, para os períodos

de 1 a 14 dias e 1 a 34 dias de experimentação. A transformação dos dados foi necessária para efetuar a análise estatística. No Apêndice F, estão as médias por baía da frequência de diarreia (porcentagem de dias com diarreia), antes da transformação dos dados.

Tabela 8 - Médias de frequência de diarreia (MFD, %) e média transformada (MT) para os períodos de 1 a 14 dias e 1 a 34 dias de experimentação

Tratamento ^{1,2}	Período			
	1 a 14 dias ³		1 a 34 dias ³	
	MFD (%)	MT	MFD (%)	MT
Am-Antimicrobiano	19,64	0,43	18,01	0,42
A1-Blend 1	19,64	0,40	18,38	0,41
A2-Blends 2 e 3	26,78	0,52	29,04	0,54
A3-Blend 4	25,89	0,45	18,38	0,42
A4-Blends 4 e 5	25,00	0,48	18,01	0,41
Pr > F	..	0,92	..	0,49
CV (%) ⁴	..	60,39	..	38,62

¹Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

²Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

³Não significativo (P>0,05).

⁴CV - Coeficiente de variação.

Nota: Sinal convencional utilizado:

.. Não se aplica dado numérico.

Não foi observada qualquer diferença (P>0,05) entre os tratamentos para a frequência de diarreia, nos períodos de 1 a 14 dias e no período de 1 a 34 dias de experimentação. Pelos valores numéricos, nota-se que os animais que receberam dieta com Am e o com A1 (725 ppm de ácido fosfórico e 425 ppm de ácido fórmico) apresentaram menor frequência de diarreia com relação aos demais tratamentos, no período de 1 a 14 dias. No período de 1 a 34 dias de experimentação, os animais que receberam os tratamentos Am e A4 apresentaram menor frequência de diarreia que os demais tratamentos.

Os dados do presente estudo concordam com aqueles obtidos por Tsiloyiannis et al. (2001ab). Os autores afirmam que os ácidos orgânicos podem ser utilizados com uma alternativa aos antibióticos, controlando de maneira eficaz a diarreia. De acordo com a literatura, a acidificação das dietas também promove melhor consistência de fezes (FREITAS et al., 2006) e previne a ocorrência de diarreia pós-desmame causada por *Escherichia coli* (MORES et al., 1990; FREITAS et al., 2006).

Leitões desmamados com menos de 6 semanas de idade possuem o sistema digestivo ainda imaturo para digerir rações sólidas com altos níveis de proteína de origem vegetal, como os do farelo de soja. Rações formuladas à base de milho e farelo de soja predispõem os leitões, nessa idade, a sofrerem com a colonização da superfície epitelial por patógenos como a *E. coli* (ARMSTRONG; CLINE, 1977) e, conseqüentemente, diarreia. A diarreia pode ocorrer também pela presença de resíduos alimentares não digeridos e não absorvidos, que servem como substratos para os microrganismos patogênicos. Os resíduos de alimentos, juntamente com íons minerais (sódio, potássio e cloro) presentes no epitélio intestinal, contribuem para o aumento da osmolaridade do conteúdo intestinal, dificultando o processo de reabsorção de água e desencadeando a diarreia (ETHERIDGE et al., 1984; NABUURS et al., 1993).

Os antimicrobianos podem atuar sobre o organismo animal por meio da redução da população microbiana, diminuindo a fermentação de carboidratos e a incidência de diarreia (ANDERSON et al., 1999). Os ácidos orgânicos também são utilizados como inibidores do crescimento da população de microrganismos e admite-se que a ação de inibir ou matar está relacionada com a interferência na permeabilidade da membrana celular dos microrganismos. Para os ácidos que se encontram fora da célula na forma não-dissociada, ao entrarem na célula, dependendo do pH citoplasmático, dissociam-se em cátions e prótons, reduzindo o pH citoplasmático, causando a morte da célula pela desnaturação do DNA (CHERRINGTON et al., 1991). Podem também comprometer outros processos vitais, como o transporte de substrato e o desacoplamento da fosforilação oxidativa com o sistema de transporte de elétrons (FREESE et al., 1973).

A morte das células devido à presença de ácidos orgânicos no meio, ao contrário de outros agentes antimicrobianos, não está associada à lise de membranas celulares, como relatado por Cherrigton et al. (1991). Esses autores verificaram que *Escherichia coli* e *Salmonella sp.*, quando incubadas com 0,5 e 0,7 M de ácido fórmico ou propiônico, foram mortas em 90% da

população após 30 e 60 minutos, respectivamente, sem que houvesse efeito sobre a integridade da membrana celular, descartando uma possível ação nessa parte da célula. O ácido propiônico foi um bactericida mais potente, provavelmente porque no pH 5,0, esse ácido tem uma maior proporção de moléculas não dissociadas do que o ácido fórmico (43% para 5%, respectivamente). A dissociação dessas moléculas no citoplasma, reduzindo o pH e desnaturando o DNA de forma irreversível, é apresentado como o provável mecanismo de ação dos ácidos graxos de cadeia curta.

4.3 Morfologia intestinal

Na Tabela 9, encontram-se os valores de altura de vilosidades do duodeno (AVd) e do jejuno (AVj), os valores de profundidade de cripta do duodeno (PCd) e do jejuno (PCj) e a relação altura de vilosidade e profundidade de cripta do duodeno (AV:PCd) e do jejuno (AV:PCj) ao 34º dia de experimentação. Os valores médios das unidades experimentais estão apresentados nos Apêndices G e H.

Tabela 9 - Médias dos valores de altura de vilosidade do duodeno (AVd) e do jejuno (AVj), profundidade de cripta do duodeno (PCd) e do jejuno (PCj) e relação altura de vilosidade e profundidade de cripta do duodeno (AV:PCd) e do jejuno (AV:PCj)

Tratamento ¹	AVd ² (μm)	PCd ² (μm)	AV:PCd ²	AVj ² (μm)	PCj ³ (μm)	AV:PCj ³
Am-Antimicrobiano	152,7	35,8	4,57	131,6	35,6 ^a	3,69 ^{ab}
A1-Blend 1	108,3	39,8	3,07	115,5	34,0 ^{ab}	3,34 ^a
A2-Blends 2 e 3	167,8	36,6	4,97	179,3	24,5 ^b	7,60 ^b
A3-Blend 4	191,1	39,3	5,04	124,5	36,7 ^a	3,39 ^a
A4-Blends 4 e 5	147,4	47,7	3,49	181,9	32,6 ^{ab}	5,81 ^{ab}
Pr > F	0,24	0,87	0,21	0,24	0,03	0,04
CV (%) ⁴	32,02	37,99	31,32	33,59	14,93	42,45

¹Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

²Não significativo ($P > 0,05$).

Médias com letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey.

⁴CV - Coeficiente de variação.

Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) de AVd, PCd e AV:PCd, entre os tratamentos fornecidos. Para morfologia do jejuno, foi observado efeito significativo e dos tratamentos sobre PCj ($P = 0,03$) e AV:PCj ($P = 0,04$). O tratamento A2 proporcionou menores valores de PCj que o Am e o A3, e maiores valores de AV:PCj, comparado ao A1 e ao A3. Os resultados de morfologia intestinal encontrados neste estudo suportam os obtidos para o desempenho zootécnico, em que os benefícios da utilização dos acidificantes foram similares aos obtidos com o uso de antibióticos, ou até melhores, como para CA (Tabela 7) e para PCj (Tabela 9), em que, respectivamente, o tratamento A4 e o tratamento A2 foram melhores que o Am, no período de 1 a 34 dias de experimentação.

Os melhores resultados de morfologia intestinal foram apresentados pelo tratamento A2, composto pela dieta basal acrescida de uma mistura acidificante constituída de butirato de sódio, ácido láctico e ácido fórmico. Esses resultados concordam com o das pesquisas realizadas por Gálfi e Bokori (1990 apud Silva 2002), em que a adição de butirato de sódio à dieta promoveu um aumento substancial no número de células constituintes dos vilos e, conseqüentemente, na altura de vilosidade, proporcionando um crescimento mais rápido dessas vilosidades. E concordam, também, com os estudos realizados por Silva (2002), em que a adição de acidificantes à base de ácido láctico em dietas para leitões promoveu maiores valores de altura de vilosidade e relação altura de vilosidade e profundidade de cripta, e menores valores de profundidade de cripta.

As pesquisas demonstram, ainda, que a utilização em dietas para leitões de antibiótico em comparação ao butirato de sódio (MANZANILLA et al., 2006), a mistura de acidificantes á base de ácido láctico (NAMKUNG et al., 2004), e a uma mistura de acidificantes com probióticos (CORASSA et al., 2004), promove altura de vilosidades do jejuno (NAMKUNG et al., 2004; MANZANILLA et al., 2006) e do duodeno (CORASSA et al., 2004) semelhantes ao antibiótico, sendo que a dieta com acidificantes apresenta, numericamente, maiores valores para essa variável (NAMKUNG et al., 2004; MANZANILLA et al., 2006).

Quanto maior o tamanho das vilosidades, maior é a capacidade de absorção de nutrientes. Logo após o desmame, porém, a altura das vilosidades diminui em função do processo estressante do desmame e da exposição do órgão às dietas (CERA et al., 1988), resultando em uma menor área de absorção no intestino delgado (CUNNINGHAM, 1992). O uso de antibióticos melhoradores de desempenho na dieta está associado à redução na carga microbiana e à melhoria

na morfologia intestinal. Os efeitos esperados podem incluir aumento no ganho de peso, mas normalmente resultam em melhoria na conversão alimentar (VISEK, 1978; ANDERSON et al., 1999). Os antibióticos utilizados em dietas de suínos podem prevenir ou reduzir distúrbios digestivos, melhorando a utilização dos alimentos e o desempenho animal. Desafios microbiológicos podem ocasionar diarreia e inflamação intestinal, e animais submetidos a estresse microbiológico ativam sistemas de defesa por meio da inibição química pela secreção de ácido clorídrico ou bile. A presença de microrganismos no trato digestivo eleva potencialmente a competição por nutrientes, acelera a passagem do alimento, aumenta a descamação de células intestinais e estimula a secreção de mucina pelas células caliciformes (APAJALAHTI, 2005).

A ação dos acidificantes sobre o desenvolvimento microbiológico intestinal é, aparentemente, similar a dos antibióticos melhoradores de desempenho. Sendo assim, é possível que a inibição da colonização por microrganismos tenha beneficiado a mucosa intestinal e favorecido a estrutura das vilosidades. Esse efeito pode ter sido ocasionado pela redução de perdas por descamação, pelo aumento da proliferação celular nas criptas, em virtude de sua ação como fonte de energia prontamente disponível para os enterócitos, proporcionando aumento no tamanho de vilosidades e, conseqüentemente, maior área de absorção de nutrientes (IZAT et al., 1990ab; CHAVEERACH et al., 2004).

Os enterócitos apresentam uma função secretora quando estão na cripta e uma função absorptiva quando migram para os vilos, de maneira que a absorção no intestino delgado depende da relação AV:PC (BUDDLE; BOLTON, 1992). As criptas são responsáveis pela síntese de células da mucosa e criptas menos profundas indicam melhor estado de saúde intestinal, enquanto que criptas mais profundas indicam uma alta necessidade de reposição celular. Uma das conseqüências disso é a alta demanda de energia e proteína para manutenção da mucosa intestinal, sendo que qualquer renovação de tecido adicional aumentará a exigência nutricional de manutenção e, por conseguinte, diminuirá a eficiência do animal (SILVA, 2002).

4.4 Valores de pH do estômago e do ceco

Os resultados dos valores de pH do estômago e do ceco são apresentados na Tabela 10. As médias de pH do conteúdo do estômago e do pH do conteúdo do ceco por parcela são apresentadas no Apêndice I.

Tabela 10 - Valores do pH do estômago e do ceco de leitões aos 34 dias de experimentação

Tratamento ¹	pH estômago ²	pH ceco ³
Am-Antimicrobiano	2,93	5,67 ^a
A1-Blend 1	3,72	5,38 ^{ab}
A2-Blends 2 e 3	3,02	5,42 ^{ab}
A3-Blend 4	3,51	5,52 ^{ab}
A4-Blends 4 e 5	4,01	5,26 ^b
Pr > F	0,54	0,015
CV (%) ⁴	29,76	2,54

¹Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

²Não significativo (P>0,05).

³Médias com letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey.

⁴CV - Coeficiente de variação.

Não foi observada diferença significativa (P>0,05) entre os tratamentos para o pH do conteúdo estomacal dos animais com a acidificação da dieta de leitões, no período de 1 a 34 dias de experimentação. Esses dados de estão de acordo com diversas pesquisas que demonstram que a acidificação da dieta não promove redução significativa dos valores de pH estomacal dos animais (RISLEY, 1991;1993; FREITAS et al., 2006; MANZANILLA et al., 2006), independente da forma de avaliação após o abate dos animais. Por exemplo, com a utilização de papel indicador especial com faixa de pH de 2,5-4,5 colocado em contato com o conteúdo estomacal dos animais (FREITAS et al., 2006), ou através de aparelho para medição de pH do estômago (MANZANILLA et al., 2006), a exemplo da metodologia utilizada no presente trabalho, em que não foram verificadas reduções significativas para os valores de pH estomacal.

Por outro lado, os dados do presente trabalho contrastam com vários autores que verificaram reduções significativas dos valores de pH do conteúdo do estômago, em função da acidificação das dietas para leitões com 3,0% de ácido cítrico (RADCLIFFE, ZHANG, KORNEGAY, 1998), 1,5% de ácido cítrico ou fumárico (RISLEY et al., 1992), para avaliação após o abate dos animais, e 1,0% de ácido láctico (THOMLINSON, LAWRENCE, 1981) para avaliação dos animais *in vivo*, através de cânulas. É importante ressaltar, porém, que os níveis de inclusão dos ácidos descritos na literatura (1,0 a 3,0%) estão bem acima dos utilizados no

presente trabalho, em que foram adicionados às dietas níveis de 0,1 a 0,8% de *blends* de acidificantes. Portanto, a quantidade de ácido utilizada nesse estudo pode ter sido insuficiente para a acidificação do pH estomacal dos animais.

Apesar de não ter ocorrido diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos para os valores de pH estomacal, comparado com as dietas acidificadas, o tratamento Am apresentou os menores valores de pH estomacal, embora o pH da dieta referente ao Am fosse o mais elevado entre os tratamentos. Esses resultados discordam da hipótese de que a acidificação das dietas promove reduções no pH do trato digestivo. Uma possível explicação para esse fato, está relacionada com o momento de coleta da digesta para análise de pH (PARTANEN; MROZ, 1999), uma vez que os animais receberam ração à vontade, porém não é possível assegurar que todos os animais estavam em um mesmo estágio pós-prandial no momento do abate. Outra hipótese é de que, no momento do abate, possa ter ocorrido contaminação do conteúdo do estômago com a saliva ou conteúdo duodenal, que tendem a aumentar o pH gástrico ao introduzir substância alcalina no estômago. Como relatado por Maner et al. (1962), que realizando pesquisas com leitões, verificaram valores de pH estomacal de 1,6 para animais *in vivo* (através de cânula), comparado com valores de pH do estômago de 3,6, obtidos após o abate dos mesmos animais, indicando ter ocorrido contaminação do conteúdo do estômago em função do abate.

Houve diferença ($P = 0,015$) entre os tratamentos para os valores de pH do ceco, em que as rações compostas pelos *blends* 4 e 5, tratamento A4, apresentaram as maiores reduções no valor do pH cecal, quando comparado ao tratamento sem acidificante (Am). Dados da literatura mostram que a inclusão de 1,10% de uma mistura de ácidos composta por ácido fórmico, acético, láctico, fosfórico e cítrico tenha provido redução significativa para os valores de pH do cólon, comparado ao tratamento com lincomicina (NANKUNG et al., 2004). Por outro lado, diversos autores não encontraram diferenças significativas para o pH do conteúdo do ceco com a acidificação da dieta (RISLEY et al., 1992; GABERT; SAUER, 1995; SILVA, 2002; MANZANILLA, 2006). A exemplo da inclusão de 1,5% de ácido fumárico ou ácido cítrico (RISLEY et al., 1992), de 2,5% de ácido fumárico, ácido láctico ou propionato de cálcio, isolados ou na forma de *blends* (SILVA, 2002), e de 0,3% de butirato de sódio (MANZANILLA, 2006), que não promoveram redução nos valores de pH cecal dos animais.

4.5 Morfometria de órgãos

Os valores médios dos pesos relativos dos órgãos digestórios (estômago, pâncreas, fígado, vesícula biliar, intestino delgado, intestino grosso, ceco e cólon), assim como do comprimento, do comprimento relativo e da relação peso e comprimento do intestino delgado, em função dos tratamentos, são apresentados na Tabela 11. Os Apêndices J a L apresentam os pesos absolutos dos órgãos e os pesos vivos dos animais por unidade experimental.

Tabela 11 - Médias dos pesos relativos (porcentagem do peso vivo) dos órgãos digestórios, assim como do comprimento (m) do intestino delgado (ID), do comprimento relativo (m/kg PV) do ID e da relação peso e comprimento (kg/m) do ID, em função dos tratamentos

Órgão	Tratamento ¹					Pr > F	CV ² (%)
	Am	A1	A2	A3	A4		
Estômago vazio (%)	0,663	0,658	0,743	0,555	0,677	0,30	17,59
Pâncreas (%) ³	0,221 ^a	0,191 ^{ab}	0,220 ^a	0,182 ^{ab}	0,173 ^b	0,01	9,93
Fígado (%)	3,184	3,288	2,994	2,871	3,088	0,24	8,33
Vesícula biliar (%)	0,149	0,095	0,067	0,056	0,085	0,22	62,19
Intestino delgado vazio (%)	4,591	5,016	4,569	4,433	4,725	0,33	8,37
Intestino grosso vazio (%)	2,263	2,053	2,186	1,940	2,136	0,50	12,54
Ceco vazio (%)	0,243	0,262	0,226	0,256	0,233	0,76	18,31
Cólon vazio (%)	2,020	1,791	1,960	1,685	1,904	0,46	14,72
Comprimento ID (m)	16,50	17,17	17,78	16,79	17,65	0,55	7,16
Comp. relativo ID (m/kg PV)	0,580	0,596	0,608	0,579	0,621	0,59	7,26
Relação peso: comp ID (kg/m)	1,749	1,681	1,655	1,725	1,621	0,60	7,26

¹Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

²CV - Coeficiente de variação.

³Médias com letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey.

Foi observado efeito significativo ($P=0,01$) dos tratamentos sobre o peso do pâncreas, em que os maiores valores de peso relativo do órgão foram apresentados pelos tratamentos Am e A2, comparados ao tratamento A4.

Os dados de morfometria de órgãos desse estudo concordam com dados de morfologia intestinal, em que o tratamento A2 apresentou, para morfologia intestinal, os menores valores numéricos de profundidade de cripta e os maiores valores numéricos da relação altura de vilosidade e profundidade de cripta do jejuno, e para morfometria de órgãos, juntamente com o Am, apresentou maior peso relativo do pâncreas. Nesse caso, o aumento do pâncreas pode ser um indicativo de um estímulo da secreção pancreática e aumento da atividade enzimática. A exemplo disso, pesquisas realizadas por Harada; Niiyama; Syuto (1986) demonstraram que os ácidos monocarboxílicos estimulam a secreção pancreática exócrina, porém de maneira diferente ao estímulo causado pelo ácido clorídrico. O tratamento Am não se comportou da mesma maneira, ou seja, embora tenha apresentado peso relativo do pâncreas semelhante ao tratamento A2, os valores de profundidade de cripta do jejuno foram maiores no tratamento Am, comparado ao A2.

Os demais órgãos digestórios, assim como o comprimento do intestino delgado (ID), o comprimento relativo do ID e a relação peso e comprimento do (ID) não sofreram influência dos tratamentos ($P>0,05$). Os dados de morfometria de órgãos concordam com os dados do estudo realizado por Silva (2002), e podem estar relacionados com a teoria de que o peso dos órgãos varia com o consumo de energia e/ou proteína (DAUNCEY et al., 1983; KOONG et al., 1983; RAO; McCracen, 1992; BIKKER et al., 1995). Como as rações foram isocalóricas e isoprotéicas, e o consumo de ração dos animais entre os tratamentos foi semelhante, não houve diferenças de peso relativo dos órgãos, entre os tratamentos. Contudo, são poucas as pesquisas realizadas com acidificantes sobre a morfometria dos órgãos de suínos e os resultados são, ainda, pouco conclusivos.

4.6 Análise econômica

Os valores do custo por quilograma de ração (R\$/kg ração) e custo de ração por quilograma de ganho diário de peso (R\$/kg GDP) nos períodos de 1 a 14 e de 1 a 34 dias de experimentação são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Custo por quilograma de ração (R\$/kg ração) e custo de ração por quilograma de ganho diário de peso (R\$/kg GDP) nos períodos de 1 a 14 e de 1 a 34 dias de experimentação¹

Tratamento ^{2,3}	1 a 14 dias		1 a 34 dias	
	R\$/kg ração	R\$/kg GDP	R\$/kg ração	R\$/kg GDP
Am-Antimicrobiano	1,82	2,80	1,10	1,85
A1-Blend 1	1,83	2,64	1,11	1,83
A2-Blends 2 e 3	1,93	2,60	1,18	1,92
A3-Blend 4	1,83	2,69	1,24	2,02
A4-Blends 4 e 5	1,83	2,61	1,16	1,84

¹Calculado com base no preço das matérias-primas em 25/04/07, com o dólar a R\$2,04.

²Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

³Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

Para os dois períodos analisados, é possível observar que os tratamentos com inclusão de acidificantes apresentaram custos por quilograma de ração de 0,55% a 12,72% maiores, quando comparados ao custo do tratamento com inclusão de antimicrobiano. Para o período de 1 a 14 dias, o custo por quilograma de GDP, porém, foi de 3,93% a 7,14% menor para os tratamentos com acidificantes, comparado ao tratamento Am. Para o período de 1 a 34 dias, o custo por quilograma de GDP do tratamento A2 foi 3,78% maior, do tratamento A3 9,19% maior, do tratamento A1 1,08% menor e do tratamento A4 foi 0,55% menor, comparado ao antimicrobiano. Assim, os acidificantes podem ser considerados como uma alternativa a ser utilizada na substituição dos antimicrobianos melhoradores de desempenho nas rações para leitões na fase de creche, também do ponto de vista econômico.

5 CONCLUSÕES

A utilização de acidificantes na dieta de leitões na fase de creche ocasionou nos animais desempenho semelhante à adição de antimicrobiano, com destaque para a combinação dos *blends* 2 e 3 (64 ppm de butirato de sódio, 1.860 ppm de ácido láctico e 120 ppm ácido fórmico), que apresentou os melhores valores de peso aos 14 dias, ganho diário de peso e conversão alimentar no período de 1 a 14 dias, e para a combinação dos *blends* 4 e 5 (990 ppm de ácido propiônico, 980 ppm de ácido acético, 155 ppm de ácido fosfórico, 150 ppm de ácido fórmico, 590 ppm de ácido benzóico, 85,5 ppm de ácido cítrico e 1.250 ppm de cálcio), que apresentou os melhores valores de conversão alimentar no período de 1 a 34 dias de experimentação.

Os acidificantes não proporcionaram redução da incidência de diarreia ou alterações no pH do conteúdo estomacal em relação ao antimicrobiano (40 ppm de sulfato de colistina), embora tenham alterado o pH do conteúdo do ceco, a morfologia intestinal e a morfometria de órgãos. Sendo que, a combinação dos *blends* 4 e 5 apresentou menores valores de pH do conteúdo do ceco e de peso relativo do pâncreas, e os animais que receberam as dietas com adição dos *blends* 2 e 3 apresentaram os menores valores de profundidade de cripta e os maiores valores da relação altura de vilosidade e profundidade de cripta do jejuno.

Comparada ao antimicrobiano, a inclusão de acidificantes à dieta de leitões promoveu, no período de 1 a 14, menores custos por quilograma de ganho diário de peso. Para o período de 1 a 34 dias, a adição nas dietas do *blend* 1 (435 ppm de ácido fosfórico e 255 ppm de ácido fórmico), ou dos *blends* 4 e 5, promoveu menores valores de custo por quilograma de ganho diário de peso, em relação ao Am.

Assim, os acidificantes são alternativas promissoras, tanto do ponto de vista prático quanto econômico, aos antimicrobianos melhoradores do desempenho de leitões na fase de creche. Entretanto, novas pesquisas são necessárias para elucidar os modos de ação dos acidificantes, as melhores combinações entre os ácidos e os melhores níveis a serem utilizados.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R.R.; ZANGERONIMO, M.G.; SILVEIRA, H.S.; RODRIGUES, V.V.; OLIVEIRA JR., G.M.; FIALHO, E.T. Padronização de uma metodologia eficaz de determinação do pH do conteúdo estomacal de leitões na fase inicial. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais ...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM.
- ANDERSON, D.B.; MACCRACKEN, V.J.; AMINOV, R.I. Gut microbiology and growth-promoting antibiotics in swine. **Pig News and Information**, Farnham Royal, v. 20, p. 115-122, 1999.
- ANDRETTA, I.; LOVATTO, P.A.; KUNRATH, M.A.; CAVAZINI, N.C.; HAUSCHILD, L.; LEHNEN, C.R. Uso associado de acidificantes e antibiótico em dietas para leitões em fase de creche. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais ...** Jaboticabal: SBZ, 2007. 1 CD-ROM.
- APAJALAHTI, J. Comparative gut microflora, metabolic challenges, and potential opportunities. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 14, p. 444-453, 2005.
- ARAÚJO, L.F.; GHELER, T.R.; PRATA, M.F.; COLACICCO, L.A.R.; GOMES, G.A.; BARBOSA, L.C.G.S. Utilização do ácido benzóico na dieta de leitões desmamados. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 2., 2004, Foz do Iguaçu. **Anais ...** Foz do Iguaçu: Animalworld, 2004. p. 335-336.
- ARMSTRONG, W.D.; CLINE, T.R. Effects of various nutrient levels and environmental temperatures on the incidence of colibacillary diarrhea in pigs: intestinal fistulation and titration studies. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 45, n. 5, p. 1042-1050, 1977.
- BARBIN, D. **Planejamento e análise estatística de experimentos agropecuários**. Arapongas: Midas, 2003. 194 p.
- BELLAVER, C.; SCHEUERMANN, G. Aplicações dos ácidos orgânicos na produção de aves de corte. In: CONFERÊNCIA AVESUI, 2004, Florianópolis. Florianópolis: GESSULLI, 2004. Palestra.
- BIKKER, P.; KARABINAS, V.; VERSTEGEN, M.W.A.; CAMPBELL, R.G. Protein and lipid accretion in body components of growing gilts (20 to 45 kilograms) as affected by energy intake. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 73, n. 8, p. 2355-23636, 1995.
- BLANCHARD, P. Less buffering ... more enzymes and organic acids. **Pig Progress**, Doetinchem, v. 16, n.3, p. 23-25, 2000.
- BLANK, R.; MOSENTHIN, R.; SAUERT, W.C; HUAGN, S. Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibilities in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 77, p. 2974-2984, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Instrução Normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004. **Sistema de Legislação Agrícola Federal**. Brasília: MAPA, 2004. Disponível em:

<<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=10195>>. Acesso em: 05 nov. 2007.

BRIDGES, J.W.; FRENCH, M.R.; SMITH, R.L.; WILLIAMS, R.T. The fate of benzoic acid in various species. **Biochemistry Journal**, London, v. 118, p. 47-51, 1970.

BUDDLE, J.R.; BOLTON, J.R. The pathophysiology of diarrhoea in pigs. **Pig News Information**, Farnham Royal, v. 13, p. 41-45, 1992.

BURNELL, T.W.; CROMWELL, G.L.; STAHLY, T.S. Effects of dried whey and copper sulfate on the growth responses to organic acid in diets for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 3, p. 1100-1108, 1988.

BUTULO, J.E. Uso de aditivos na alimentação de aves: frangos de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE AS IMPLICAÇÕES SÓCIO-ECONÔMICAS DO USO DE ADITIVOS NA PRODUÇÃO ANIMAL, 1999, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: UNIMEP, 1999. p. 85-98.

CANIBE, N.; STEIN, S.H.; OVERLAND, M.; JENSEN, B.B. Effect of K-diformate in starter diets on acidify, microbiota, and the amount of organic acids in the digestive tract of piglets, and on gastric alterations. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 79, p. 2123-2133, 2001.

CERA, K.R.; MAHAN, D.C.; REINHART, G.A. Effect of weaning, week postweaning and diet composition of pancreatic and small intestinal luminal lipase response in young swine. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 68, p. 384-391, 1990.

CERA, K.R.; MAHAN, D.C.; CROSS, R.F.; REINHART, G.A.; WHITMOYER, R.E. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 1, p. 574-584, 1988.

CHAVEERACH, P.; KEUZENKAMP, D.A.; LIPMAN, L.J.A.; KNAPENT, F. Effect of organic acids in drinking water for young broilers on campylobacter infection, volatile fatty acid production, gut microflora and histological cell changes. **Poultry Science**, Champaign, v. 83, p. 330-334, 2004.

CHERRINGTON, C.A.; HINTON, M.; MEAD, G.C.; CHOPRA, J. Organic acids: chemistry, antibacterial activity and practical applications. **Advances in Microbial Physiology**, San Diego, v. 32, p. 87-108, 1991.

COLE, D.J.A.; BEAL, R.M.; JUSCOMBE, J.R. The effect on performance and bacterial flora of lactic acid, propionic acid, calcium propionate and calcium acrylate in the drinking water of weaned pigs. **The Veterinary Record**, London, v. 83, n. 2, p. 459-464, 1968.

CORASSA, A.; PENA, S.M.; LOPES, C.D.; BELLAVER, D.; FERNANDES, P.C.C. Efeitos de MOS, ácidos orgânicos e probióticos em leitões de 21 a 49 dias de idade. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 2., 2004, Foz do Iguaçu. **Anais ...** Foz do Iguaçu: Animalworld, 2004. p. 330.

CORASSA, A.; LOPES, D.C.; OSTERMANN, J.D.; SANFELICE, A.M.; TEIXEIRA, A.O.; SILVA, G.F.; PENA, S.M. Níveis de ácido fólico em dietas contendo ácido fórmico para leitões de 21 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 462-470, 2006.

CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992. 450 p.

DAUNCEY, M.J.; INGRAM, D.L.; WALTERS, D.E.; LEGGE, K.L. Evaluation of the effects of environmental temperature and nutrition on growth and development. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge v. 101, p. 291-299, 1983.

DIXON, R.C.; HAMILTON, P.B. Evaluation of some organic acids as mold inhibitors by measuring CO₂ production from feed and ingredients. **Poultry Science**, Ithaca, v. 60, p. 2182-88, 1981.

ETHERIDGE, R.D; SEERLEY, R.W.; WYATT, R.D. The effects of diet on performance digestibility, blood composition and intestinal microflora of weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 58, p. 1396-1402, 1984.

FALKOWSKY, J.F.; AHERNE, F.X. Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 58, n. 2, p. 935-938, 1984.

FERREIRA, A.S.; COSTA, P.M.A.; GOMES, J.C.; NEVES, M.T.D. Desaparecimento da ingesta, pH estomacal e duodenal e formação de coágulos de leite de porca e de vaca e de extrato de soja no estômago e intestino delgado de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 17, n. 3, p. 308-316, 1988.

FRANCO, L.D.; FONDEVILA, M.; LOBERA, M.B.; CASTRILLO, C. Effect of combinations of organic acids in weaned pig diets on microbial species of digestive tract contents and their response on digestibility. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 89, p. 88-93, 2005.

FREITAS, L.S.; LOPES, D.C.; FREITAS, A.F.; CARNEIRO, J.C.; CORASSA, A.; PENA, S.M.; COSTA, L.F. Avaliação de ácidos orgânicos em dietas para leitões de 21 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 1711-1719, 2006.

FRESE, E.; SHEU, C.W.; GALIERS, E. Function of lipophilic acids as antimicrobial food additives. **Nature**, London, v. 241, n. 5388, p. 321-325, 1973.

GABERT, V.M.; SAUER, W.C. The effect of fumaric acid and sodium fumarate supplementation to diets for weanling pigs on amino acid digestibility and volatile fatty acid concentration in ileal digesta. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 53, p. 243-254, 1995.

GALFI, P.; BOKORI, J. Feeding trial in pigs with a diet containing sodium n-butyrate. **Acta Veterinaria Hungarica**, Budapest, v. 38, p. 3-17, 1990.

GAUTHIER, R. Modo de ação dos acidificantes e interesse que geram na fase de crescimento e terminação. **Revista Pork World**, Paulínia, ano 5, n. 28, p. 52-58, set./out. 2005.

GEARY, T.M.; BROOKS, P.H.; BEAL, J.D.; CAMPBELL, A. Effect on weaned pig performance and diet microbiology of feeding a liquid diet acidified to pH 4 with either lactic acid or through fermentation with *Pediococcus acidilactici*. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Berlin, v. 79, p. 633-640, 1999.

GHELER, T.R. **Utilização de ácido benzóico na dieta de leitões desmamados**. 2005. 50 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga. 2005.

GIESTING, D.W.; EASTER, R.A. Response of starter pigs to supplementation of corn-soybean meal diets with organic acids. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 60, n. 3, p. 1288-294, 1985.

_____. Effect of protein source and fumaric acid supplementation on apparent ideal digestibility of nutrients by young pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 2497-2503, 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**, Champaign, v. 69, n. 6, p. 2489-2496, 1991.

HANSEN, J.L.; NELSSSEN, R.D.; GOODBAND, R.D.; WEEDEN, T. L. Evaluation of animal protein supplements in diets of early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 71, p. 1853-1862, 1993.

HARADA, E.; NIIYAMA, M.; SYUTO, B. Comparison of pancreatic exocrine secretion via endogenous secretin by intestinal infusion of hydrochloric-acid and monocarboxylic acid in anesthetized piglets. **Japanese Journal of Physiology**, Osaka, v. 36, n. 5, p. 843-856, 1986.

HARADA, E.; KIRIYAMA, H.; KOBAYASHI, E.; TSUCHITA, H. Postnatal development of biliary and pancreatic exocrine secretion in piglets. **Comparative Biochemistry and Physiology**. Part A, Comparative Physiology, Oxford, v. 91A, n. 1, p. 43-51, 1988.

HENRY, R.W.; PICKARD, D.W.; HUGHES, P.E. Citric acid and fumaric acid as food additives for early-weaned piglets. **Animal Production**, Bletchley, v. 40, p. 505-509, 1985.

HERMANN, J.R.; HONEYMAN, M.S.; ZIMMERMAN, J.J.; THACKER, B.J.; HOLDEN, P.J.; CHANG, C.C. Effect of dietary Echinacea purpurea on viremia and performance in porcine reproductive and respiratory syndrome virus-infected nursery pigs. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 81, p. 2139-2144, 2003.

IZAT, A.L.; ADAMS, M.H.; CABEL, M.C.; COLBERG, M.; REIBER, M.A.; SKINNER, J.P.; WALDROUP, P.W. Effects of formic acid or calcium formate in feed on performance and microbial characteristics of broilers. **Poultry Science**, Arkansas, v. 69, p. 1876-1882, 1990a.

IZAT, A.L.; TIDWELL, N.M.; THOMAS, R.A.; REIBER, M.A.; ADAMS, M.H.; COLBERG, M.; WALDROUP, P.W. Effects of buffered propionic acid in diets on the performance of broiler chickens and on microflora of the intestine and carcass. **Poultry Science**, Arkansas, v. 69, p. 818-826, 1990b.

JASAITIS, D.K.; WOHLT, J.E.; EVANS, J.L. Influence of feed ion content on buffering capacity of ruminant feedstuffs in vitro. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 70, n. 7, p. 1391-1403, 1987.

JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z.; VAN DER WEIJ-JONGBLOED, R.; KEMME, P.A. The effects of microbial phytase, organic acids and their interaction in diets for growing pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 67, n. 1, p. 113-122, 2000.

KIRCHGESSNER, M.; ROTH, F.X. Fumaric acid as a feed additive in pig nutrition. **Pig News Information**, Farnham Royal, v. 3, p. 259-63, 1982.

KLUGE, H.; BROZ, J.; EDER, K. Effect of benzoic acid on growth performance, nutrient digestibility, nitrogen balance, gastrointestinal microflora and parameters of microbial metabolism in piglets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 90, p. 316-324, 2006.

KNUDSEN, K.E.B.; SERENA, A.; CANIBE, N.; JUNTUNEN, K.S. New insight into butyrate metabolism. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 62, p. 81-86, 2003.

KOONG, D.E.; NIENABER, J.A. ; MERSMANN, H.J. Effects on plane of nutrition on organ size and fasting heat production in genetically obese and lean pigs. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 113, p. 1626-1631, 1983.

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**, Albany, v. 72, n. 4/6, p. 1257-1262, 1994.

LIMA, G.J.M.M.; GOMES, P.C.; BARIONI, W. Jr.; AJALA, L.C. Adição de acidificante e ou antibiótico em dietas para suínos me recia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais ...** Lavras: SBZ, 1992. p. 360, 1992.

LOVATTO, A.L.; OLIVEIRA, V.; HAUPTLI, L.; HAUSCHILD, L.; CAZARRÉ, M.M. Alimentação de leitões na creche com dietas sem aditivos antimicrobianos, com alho (*Allium sativum* L.) ou colistina. **Ciência Rural**, Santa Maria, ano 35, n. 3, p. 656-659, 2005.

LÜDKE, J.V; KAMPHORST, H.; CARDOSO, S.; NICOLAIEWSKY, S. Efeito da inclusão de ácido fumárico em dietas para leitões desmamados aos 23 dias. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais ...** Lavras: SBZ, 1992. p. 358.

MAHAN, D.C. Efficacy of initial postweaning diet and supplemental coconut oil or soybean oil for weaning swine. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 69, n. 2, p. 1397-1402, 1991.

MAHAN, D.C.; NEWTON, E.A.; CERA, K.R. Effect of supplemental sodium chloride, sodium phosphate, or hydrochloric acid in starter pig diets containing dried whey. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 74, p. 1218-1222, 1996.

MANER, J.H.; POND, W.G.; LOOSLI, J.K. Effect of isolated soybean protein and casein on the gastric pH and rate of passage of food residues in baby pig. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 21, p. 49-52, 1962.

MANZANILLA, E.G.; NOFRARIAS, M.; ANGUITA, M.; CATILLO, M.; PEREZ, J.F.; MARTÍN-ORÚE, S.M.; KAMEL, C.; GASA, J. Effects of butyrate, avilamycin, and plant extract combination on the intestinal equilibrium of early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 84, p. 2743-2751, 2006.

MARTINS, E.M. **Avaliação do diformiato de potássio sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de matrizes de corte**. 2005. 88 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

MENTEN, J.F.M. Aditivos alternativos na produção de aves: probióticos e prebióticos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: ESALQ, 2001. p. 141-157.

MORES, N.; MARQUES, J.L.L.; SOBESTIANSKY, J.; OLIVEIRA, A.; COELHO, L.S.S. Influência do nível protéico e/ou acidificação da dieta sobre a diarreia pós desmame em leitões causada por *Escherichia coli*. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3/4, p. 85-88, 1990.

MROZ, Z. Organic acids as potential alternatives to antibiotic growth promoters for pigs. **Advances in Pork Production**, Dordrecht, v. 16, p. 169-182, 2005.

MROZ, Z.; JONGBLOED, A.W.; PARTANEN, K.H.; VREMAN, K.; KEMME, P.A.; KOGUT, J. The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 78, p. 2622-2632, 2000.

NABUURS, M.J.A.; ZIJDERVELD, F.G.; DE LEEUW, P.W. Villus height and crypt depth in weaned and unweaned pigs, reared under various circumstances in the Netherlands. **Research in Veterinary Science**, London, v. 55, p. 78-84, 1993.

NAMKUNG, H.; LI, M.; GONG, J.; YU, H.; COTTRILL, M.; LANGE, C.F.M. Impact of feeding blends of organic acids and herbal extracts on growth performance, gut microbiota and digestive function in newly weaned pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, n. 4, p. 697-704, 2004.

PARTANEN, K.H. Organic acids – their efficacy and modes of action in pigs. In: PIVA, A.; BACH KNUDSEN, K.E.; LINDEBERG, J.E. (Ed.). **Gut environment of pigs**. Nottingham: Nottingham University Press, 2001. p. 201-217.

_____. Using organic acids in pig feeding as an alternative to antibiotic feed additives. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS E TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 2002, Campinas. **Anais ...** Campinas: CBNA, 2002. p. 45-62.

PARTANEN, K.H.; MROZ, Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 12, p. 117-145, 1999.

PARTANEN, K.H.; SILJANDER-RASI, H.; ALAVIUHKOLA, T.; SUOMI, K.; FOSSI, M. Performance of growing-finishing pigs fed medium- or high-fibre diets supplemented with avilamycin, formic acid or formic acid-sorbate blend. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 73, p. 139-152, 2002.

PENZ Jr., A.M.; KOLLER, F.L. A resposta brasileira as exigências no uso de antibióticos. In: CONGRESSO DA ABRAVES, 13., 2007, Florianópolis. Florianópolis: Embrapa Suínos e Aves, 2007. Palestra.

POZZA, M.S.S.; POZZA, P.C.; NUNES, R.V.; ÖELKE, C.A.; BELLINCANTA, O.; LENHARDT, V.D.; OLIVEIRA, F.G. Desempenho e contagem de microorganismos nas fezes de leitões suplementados com ácidos orgânicos e oligossacarídeos. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 2., 2004, Foz do Iguaçu. **Anais ...** Foz do Iguaçu: Animalworld, 2004. p. 402-403.

RADCLIFFE, J.S.; ZHANG, Z.; KORNEGAY, E.T. The effects of microbial phytase, citric acid, and their interaction in a corn-soybean meal-based diet for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 76, n. 7, p. 1880-1886, 1998.

RADECKI, S.V.; JUHL, M.R.; MILLER, E.R. Fumaric and citric acids feed additives in starter pig diets: effect on performance and nutrient balance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 6, p. 2598-2605, 1988.

RAO, D.S.; McCARACKEN, K.J. Energy – protein interactions in growing boars of high genetic potential for lean growth. 1. effects on growth, carcass characteristics and organ weights. **Animal Production**, Bletchley, v. 54, p. 75-82, 1982.

RAVINDRAN, V.; KORNEGAY, E.T. Acidification of weaned pig diets: A review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 62, p. 313-322, 1993.

RIBEIRO, P.R. **Efeitos da adição de diferentes níveis de ácido fumárico na ração de suínos, sobre o desempenho e morfologia duodenal**. 1996. 65 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1996.

RICKE, S.C. Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobial. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, p. 632-639, 2003.

RISLEY, C.R.; KORNEGAY, E.T.; LINDERMAN, M.D.; WEAKLAND, S.M. Effects of organic acids with and without a microbial culture on performance and gastrointestinal tract measurements of weanling pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 35, p. 259-270, 1991.

RISLEY, C.R.; KORNEGAY, E.T.; LINDEMANN, M.D.; WOOD, C.M.; EIGEL, W.N. Effects of feeding organic acids on selected intestinal content measurements at varying times postweaning in pigs. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 70, n. 1/3, p. 196-206, 1992.

_____. 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**, Ottawa, v. 73, n. 4, p. 931-940, 1993.

ROSTAGNO, H.S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Depto. de Zootecnia, 2005. 186 p.

ROSTAGNO, H.S.; PUPA, J.M. Fisiologia da digestão e alimentação de leitões. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E MANEJO DE LEITÕES, 1998, Campinas. **Anais ...** Campinas: CBNA, 1998. p. 60-87.

SCHEPPACH, W.; DUSE, G.; KUHN, T.; LOGES, C.; KARCH, H.; BARTRAM, H.P.; RICHTER, F.; CHRISTL, S.Y.; KASPER, H. Effect of L-glutamine and n-butyrate on the restitution of rat colonic mucosa after acid induced injury. **Gut**, London, v. 38, p. 878-885, 1996.

SCHWARZER, K. The role of organic acids and natural principles in animal health and performance. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS, 4., 2005, Florianópolis. **Anais eletrônicos ...** Florianópolis: Embrapa Suínos e Aves, 2005. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_d7s76u1h.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2007.

SILVA, A.M.R. **Maltodextrina e acidificante em rações para leitões na fase de creche sobre o desempenho, viabilidade econômica e digestibilidade**. 2006. 69 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2006.

SILVA, M.C. **Ácidos orgânicos e suas combinações em dietas para leitões desmamados aos 21 dias de idade**. 2002. 64 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição de Monogástricos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SILVEIRA, A.M. **Desempenho de leitões desmamados alimentados com rações contendo diferentes níveis de ácido fumárico**. 2003. 41 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

SMITH, J.G.; YOKOYAMA, W.H.; GERMAN, J.B. Butyric acid from the diet: actions at the level of gene expression. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 38, p. 259-295, 1998.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS: user's guide statistics**. Cary, 2001. 155 p.

STRAW, M.L.; KORNEGAY, E.T.; EVAN, J.L.; WOOD, C.M. Effects of dietary pH and phosphorous source on performance, gastrointestinal tract digesta, and bone measurement of weaning pigs. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 69, p. 4496-4504, 1991.

STRYER, L. **Bioquímica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992. 881 p.

TEIXEIRA, A.O.; LOPES, D.C.; VITTI, D.M.S.S.; LOPES, J.B.; GOMES, P.C.; MOREIRA, J.A.; PENA, S.M.; TEIXEIRA, M.P. Estimativas do fluxo de fósforo entre os compartimentos anatômicos e fisiológicos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1246-1253, 2004.

TEIXEIRA, M.P.; SILVA, G.F.; LOPES, D.C.; CORASSA, A.; TEIXEIRA, A.O.; BÜNZEN, S.; PENA, S.M.; GATTAS, G.; COSTA, L.F. Avaliação de ácidos orgânicos e inorgânicos em dietas para leitões desmamados aos 21 dias de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais ...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

THOMLINSON, J.R.; LAWRENCE, T.L.J. Dietary manipulation of gastric pH in the profilaxis of enteric disease in weaned pigs. Some field observations. **Veterinary Record**, London, v. 109, p. 120-122, 1981.

THOMPSON, J.L.; HINTON, M. Antibacterial activity of formic and propionic acids in the diet of hens on salmonella in the crop. **British Poultry Science**, London, v. 38, p. 59-65, 1997.

TSILOYIANNIS, V.K.; KYRIAKIS, S.C.; VLEMMAS, J.; SARRIS, K. The effect of organic acids on the control of porcine post-weaning diarrhoea. **Research in Veterinary Science**, London, v. 70, n. 3, p. 287-293, 2001a.

_____. The effect of organic acids on the control of post-weaning oedema disease of piglets. **Research in Veterinary Science**, London, v. 70, n. 3, p. 281-285, 2001b.

VIOLA, E.S.; VIEIRA, S.L. Ácidos orgânicos e suas misturas em dietas de suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2., 2004, Cascavel. **Anais ...** Cascavel: CBNA, 2004. p. 153-182.

WISEK, W.J. The mode of growth promotion by antibiotics. **Journal of Animal Science**, Illinois v. 46, n. 5, p. 1447-1469, 1978.

WALSH, M.C.; PEDDIREDDI, L.; RADCLIFFE, J.S. Acidification of nursery diets and the role of diet buffering capacity. **The Ohio State University**, Ohio, p. 25-36, 2004. Disponível em: <<http://porkinfo.osu.edu/2004%20swine%20Doc.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2007.

XU, R.J. Development of the newborn GI tract and relation to colostrum milk intake: a review. **Reproduction, Fertility and Development**, Melbourne, v. 8, p. 35-48, 1996.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Valores médios de pH das dietas pré-inicial e inicial utilizadas no experimento para os blocos 1 a 4 e 5 a 8

Tratamento ^{1,2}	pH dieta pré-inicial		pH dieta inicial	
	1 a 14 dias		14 a 34 dias	
	Blocos 1 a 4	Blocos 5 a 8	Blocos 1 a 4	Blocos 5 a 8
Am-Antimicrobiano	6,05	6,06	6,19	6,27
A1-Blend 1	5,78	5,81	6,03	6,08
A2-Blends 2 e 3	5,87	5,90	6,02	6,14
A3-Blend 4	5,80	5,81	6,00	6,02
A4-Blends 4 e 5	5,88	5,83	6,00	5,91

¹Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

²Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

APÊNDICE B - Peso vivo (kg) dos animais ao 1º, 14º e 34º dia do período experimental, considerando a média da unidade experimental

Dias de experimento	Bloco	Tratamento ^{1,2}				
		Am	A1	A2	A3	A4
1º dia	1	9,73	9,78	9,74	9,80	9,84
	2	8,50	8,33	8,23	8,44	8,38
	3	7,71	7,74	7,75	7,60	7,74
	4	6,96	7,06	7,10	7,10	7,05
	5	6,09	5,98	5,96	5,95	5,99
	6	5,37	5,36	5,44	5,43	5,42
	7	4,96	4,71	4,90	4,91	4,83
	8	4,17	4,41	4,41	4,37	4,37
	Média	6,68	6,67	6,69	6,70	6,70
14º dia	1	16,03	17,80	17,81	17,52	17,06
	2	15,85	14,57	15,16	14,55	15,92
	3	13,53	14,02	15,30	14,12	14,40
	4	13,58	13,54	13,25	11,96	13,43
	5	11,03	11,65	11,91	10,85	10,64
	6	9,64	10,60	9,82	9,98	9,70
	7	8,46	8,75	9,85	9,08	9,23
	8	7,97	8,54	8,82	6,94	7,46
	Média	12,01	12,43	12,74	11,87	12,23
34º dia	1	29,35	32,65	34,10	34,97	33,83
	2	29,94	27,36	29,85	27,02	29,58
	3	24,71	27,89	28,53	26,60	27,88
	4	27,20	26,36	25,28	24,29	28,34
	5	22,89	24,17	24,79	23,16	22,42
	6	19,90	22,61	19,43	19,80	20,38
	7	19,32	19,84	20,74	18,40	19,87
	8	17,76	19,62	17,53	15,68	17,10
	Média	23,88	25,06	25,03	23,74	24,92

¹Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

²Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

APÊNDICE C - Ganho diário de peso por leitão (kg) nos períodos de 1 a 14 e 1 a 34 dias de experimentação, considerando a média da unidade experimental

Dias de experimento	Bloco	Tratamento ^{1,2}				
		Am	A1	A2	A3	A4
1 a 14 dias	1	0,450	0,573	0,576	0,551	0,516
	2	0,525	0,446	0,495	0,436	0,539
	3	0,416	0,449	0,540	0,466	0,476
	4	0,473	0,463	0,439	0,347	0,455
	5	0,353	0,405	0,425	0,350	0,333
	6	0,305	0,374	0,313	0,325	0,305
	7	0,250	0,289	0,354	0,298	0,315
	8	0,272	0,295	0,315	0,186	0,221
	Média	0,381	0,412	0,432	0,370	0,395
1 a 34 dias	1	0,577	0,673	0,716	0,740	0,706
	2	0,631	0,560	0,636	0,546	0,624
	3	0,500	0,593	0,611	0,559	0,592
	4	0,595	0,568	0,535	0,506	0,626
	5	0,494	0,535	0,554	0,506	0,483
	6	0,428	0,507	0,412	0,423	0,440
	7	0,422	0,445	0,466	0,397	0,442
	8	0,400	0,447	0,386	0,334	0,374
	Média	0,506	0,541	0,540	0,501	0,536

¹Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

²Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

APÊNDICE D - Consumo diário de ração por leitão (kg) nos períodos de 1 a 14 e 1 a 34 dias, considerando a média da unidade experimental

Dias de experimento	Bloco	Tratamento ^{1,2}				
		Am	A1	A2	A3	A4
1 a 14 dias	1	0,693	0,838	0,812	0,853	0,747
	2	0,765	0,640	0,719	0,692	0,735
	3	0,608	0,635	0,676	0,642	0,665
	4	0,685	0,588	0,598	0,515	0,617
	5	0,538	0,537	0,508	0,474	0,442
	6	0,440	0,508	0,420	0,439	0,449
	7	0,370	0,405	0,418	0,399	0,380
	8	0,420	0,432	0,439	0,276	0,323
	Média	0,565	0,573	0,574	0,536	0,545
1 a 34 dias	1	0,976	1,133	1,208	1,254	1,180
	2	1,105	0,933	1,105	0,910	0,993
	3	0,869	0,968	0,967	0,905	0,937
	4	0,981	0,899	0,901	0,814	0,985
	5	0,801	0,852	0,851	0,798	0,755
	6	0,694	0,814	0,662	0,654	0,731
	7	0,672	0,713	0,696	0,617	0,652
	8	0,663	0,729	0,628	0,520	0,593
	Média	0,845	0,880	0,877	0,809	0,853

¹Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

²Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

APÊNDICE E - Conversão alimentar nos períodos de 1 a 14 e 1 a 34 dias, considerando a média da unidade experimental

Dias de experimento	Bloco	Tratamento ^{1,2}				
		Am	A1	A2	A3	A4
1 a 14 dias	1	1,65	1,47	1,43	1,58	1,48
	2	1,46	1,46	1,47	2,06	1,38
	3	1,48	1,43	1,26	1,38	1,40
	4	1,46	1,29	1,37	1,55	1,36
	5	1,57	1,39	1,22	1,42	1,37
	6	1,52	1,39	1,37	1,40	1,68
	7	1,59	1,46	1,20	1,36	1,26
	8	1,56	1,62	1,46	1,64	1,50
	Média	1,54	1,44	1,35	1,55	1,43
1 a 34 dias	1	1,70	1,69	1,69	1,71	1,68
	2	1,76	1,73	1,76	2,12	1,61
	3	1,78	1,65	1,60	1,63	1,59
	4	1,66	1,62	1,68	1,63	1,59
	5	1,63	1,62	1,55	1,60	1,57
	6	1,68	1,62	1,61	1,61	1,95
	7	1,63	1,66	1,52	1,57	1,51
	8	1,68	1,68	1,68	1,66	1,62
	Média	1,69	1,66	1,64	1,69	1,64

¹Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

²Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

APÊNDICE F – Média da frequência de diarreia (porcentagem de dias com diarreia) por unidade experimental, de acordo com o bloco, no período de 1 a 14 e 1 a 34 dias de experimentação

(continuação)

Tratamento ^{1,2}	Bloco	Período	
		1 a 14 dias	1 a 34 dias
Am	1	7,14	32,35
Am	2	21,43	32,35
Am	3	21,43	23,53
Am	4	7,14	11,76
Am	5	57,14	23,53
Am	6	21,43	8,82
Am	7	7,14	5,88
Am	8	14,29	5,88
	Média	19,64	18,01
A1	1	0,00	14,71
A1	2	7,14	14,71
A1	3	7,14	38,24
A1	4	35,71	35,29
A1	5	7,14	2,94
A1	6	50,00	26,47
A1	7	42,86	11,76
A1	8	7,14	2,94
	Média	19,64	18,38
A2	1	14,29	32,35
A2	2	14,29	41,18
A2	3	42,86	73,53
A2	4	21,43	29,41
A2	5	57,14	26,47
A2	6	42,86	17,65
A2	7	7,14	2,94
A2	8	14,29	8,82
	Média	26,78	29,34
A3	1	78,57	58,82
A3	2	14,29	14,71
A3	3	0,00	14,71
A3	4	0,00	5,88
A3	5	42,86	17,65
A3	6	7,14	5,88
A3	7	28,57	11,76
A3	8	35,71	17,65
	Média	25,89	18,38

APÊNDICE F – Média da frequência de diarreia (porcentagem de dias com diarreia) por unidade experimental, de acordo com o bloco, no período de 1 a 14 e 1 a 34 dias de experimentação

Tratamento ^{1,2}	Bloco	Período	
		1 a 14 dias	1 a 34 dias
A4	1	42,86	44,12
A4	2	21,43	11,76
A4	3	0,00	8,82
A4	4	42,86	38,24
A4	5	14,29	8,82
A4	6	14,29	5,88
A4	7	21,43	8,82
A4	8	42,86	17,65
	Média	25,00	18,01

¹Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

²Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

APÊNDICE G - Valores de altura de vilosidade (AV, μm) e profundidade de cripta (PC, μm) do duodeno e do jejuno ao 34º dia de experimentação

Tratamento ^{1,2}	Bloco	AV duodeno	AV jejuno	PC duodeno	PC jejuno
Am	1	151,63	158,46	52,49	38,69
Am	2	138,94	114,09	23,17	27,99
Am	3	117,09	180,62	25,52	39,81
Am	4	203,03	73,08	42,17	35,73
	Média	152,67	131,56	35,84	35,56
A1	1	77,73	102,30	19,96	30,58
A1	2	75,88	67,50	56,39	28,19
A1	3	146,97	147,27	33,83	41,33
A1	4	132,68	144,77	48,93	35,73
	Média	108,32	115,46	39,78	33,96
A2	1	181,63	151,46	55,49	28,69
A2	2	158,94	112,09	24,16	23,93
A2	3	127,49	280,62	24,54	29,82
A2	4	203,03	173,08	42,17	15,73
	Média	167,77	179,31	36,59	24,54
A3	1	178,73	100,30	29,93	30,59
A3	2	275,88	167,5	46,49	38,10
A3	3	186,97	127,27	32,83	42,37
A3	4	122,62	102,77	47,96	35,78
	Média	191,05	124,46	39,30	36,71
A4	1	155,52	152,26	56,49	38,69
A4	2	103,94	234,09	23,13	27,62
A4	3	217,09	200,62	15,52	59,81
A4	4	193,03	113,08	72,17	25,73
	Média	167,40	175,01	41,83	37,96

¹Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

²Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

APÊNDICE H - Valores da relação altura de vilosidade e profundidade de cripta (AV:PC) do duodeno e do jejuno ao 34º dia de experimento

Tratamento ^{1,2}	Bloco	AV:PC duodeno	AV:PC jejuno
Am	1	2,89	4,09
Am	2	6,00	4,07
Am	3	4,59	4,53
Am	4	4,81	2,04
	Média	4,57	3,69
A1	1	3,89	3,34
A1	2	1,35	2,39
A1	3	4,34	3,56
A1	4	2,71	4,05
	Média	3,07	3,34
A2	1	3,27	5,27
A2	2	6,58	4,68
A2	3	5,20	9,41
A2	4	4,81	11,00
	Média	4,97	7,60
A3	1	5,97	3,27
A3	2	5,93	4,39
A3	3	5,70	3,00
A3	4	2,56	2,87
	Média	5,04	3,39
A4	1	2,75	3,93
A4	2	4,49	8,47
A4	3	13,99	3,35
A4	4	2,67	4,39
	Média	5,98	5,04

¹Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

²Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

APÊNDICE I - Valores de pH do estômago e de pH do ceco dos leitões aos 34 dias de experimentação

Variável	Bloco	Tratamento ^{1,2}				
		Am	A1	A2	A3	A4
pH do estômago	1	4,80	5,31	2,10	3,80	3,52
	2	1,68	3,93	2,86	2,13	4,62
	3	2,15	2,71	3,09	4,00	3,95
	4	3,11	2,96	4,04	4,14	3,98
	Média	2,94	3,73	3,02	3,52	4,02
pH do ceco	1	5,93	5,48	6,26	5,82	5,23
	2	5,71	5,52	5,27	5,55	5,20
	3	5,37	5,21	5,42	5,33	5,23
	4	5,68	5,33	5,44	5,39	5,38
	Média	5,67	5,39	5,60	5,52	5,26

¹Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

²Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm

APÊNDICE J - Pesos absolutos (g) dos órgãos digestórios (estômago vazio, pâncreas, fígado, vesícula biliar e intestino delgado vazio) e peso vivo (kg) dos animais ao 34º dia de experimentação

Tratamento ^{1,2}	Bloco	Estômago	Pâncreas	Fígado	Vesícula biliar	ID ³	Peso vivo
Am	1	178,29	72,25	980,26	8,05	1569,56	32,36
Am	2	194,72	63,06	870,29	23,53	1161,00	29,56
Am	3	198,52	58,34	880,95	58,14	1245,19	26,96
Am	4	184,66	60,28	911,98	72,31	1296,26	26,10
	Média	189,05	63,48	910,87	40,51	1318,00	28,75
A1	1	188,48	63,56	870,82	14,28	1433,08	32,18
A1	2	188,32	45,19	895,66	27,91	1491,51	28,22
A1	3	174,73	50,91	901,11	30,21	1281,76	26,92
A1	4	205,80	61,92	1104,18	34,82	1564,80	28,12
	Média	189,33	55,40	942,94	26,81	1442,79	28,86
A2	1	175,12	64,90	889,42	15,35	1404,28	34,36
A2	2	299,57	71,67	878,89	17,96	1208,60	29,90
A2	3	208,45	66,72	940,50	34,37	1387,57	27,50
A2	4	181,83	53,64	784,58	9,54	1322,49	25,92
	Média	216,24	64,23	873,35	19,31	1330,74	29,42
A3	1	114,19	62,65	890,82	18,23	1602,15	34,02
A3	2	158,53	46,96	747,90	22,07	1181,77	28,54
A3	3	152,54	51,52	740,85	7,57	1114,88	26,90
A3	4	201,75	49,40	922,30	17,42	1251,83	26,42
	Média	156,75	52,63	825,47	16,32	1287,66	28,97
A4	1	237,58	51,81	944,63	8,15	1517,70	32,14
A4	2	173,61	51,11	809,88	10,39	1388,55	28,76
A4	3	180,28	54,05	967,63	50,59	1191,36	27,48
A4	4	183,91	40,27	794,18	24,53	1294,75	25,82
	Média	193,85	49,31	879,08	23,42	1348,09	28,55

¹Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

²Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

³ID - intestino delgado.

APÊNDICE K - Pesos absolutos (g) dos órgãos digestórios (ceco, cólon e intestino grosso vazio) e peso vivo (kg) dos animais ao 34º dia de experimentação

Tratamento ^{1,2}	Bloco	Ceco	Cólon	IG ³	Peso vivo
Am	1	74,76	541,42	616,18	32,36
Am	2	59,21	559,38	618,59	29,56
Am	3	72,28	667,22	739,50	26,96
Am	4	71,39	532,49	603,88	26,10
	Média	69,41	575,13	644,54	28,75
A1	1	73,48	582,79	656,27	32,18
A1	2	85,53	453,30	538,83	28,22
A1	3	69,52	436,03	505,55	26,92
A1	4	73,15	598,27	671,42	28,12
	Média	75,42	517,60	593,02	28,86
A2	1	67,36	559,73	627,09	34,36
A2	2	61,77	721,35	783,12	29,90
A2	3	65,21	591,68	656,89	27,50
A2	4	68,79	426,61	495,40	25,92
	Média	65,78	574,84	640,63	29,42
A3	1	64,47	556,50	620,97	34,02
A3	2	74,70	483,17	557,87	28,54
A3	3	94,30	409,63	503,93	26,90
A3	4	58,10	498,88	556,98	26,42
	Média	72,89	487,05	559,94	28,97
A4	1	83,99	599,86	683,85	32,14
A4	2	76,96	546,79	623,75	28,76
A4	3	53,24	561,67	614,91	27,48
A4	4	53,82	465,77	519,59	25,82
	Média	67,00	543,52	610,53	28,55

¹Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

²Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.

³IG - intestino grosso.

APÊNDICE L - Valores do comprimento (m) do intestino delgado (ID), relação peso e comprimento do (ID, kg/m) e peso vivo (kg) dos animais ao 34º dia de experimentação

Tratamento ^{1,2}	Bloco	Comprimento ID (m)	Peso:Comprimento ID (kg/m)	Peso vivo (kg)
Am	1	15,85	2,04	32,36
Am	2	15,91	1,86	29,56
Am	3	17,14	1,57	26,96
Am	4	17,13	1,52	26,10
	Média	16,51	1,75	28,75
A1	1	17,59	1,83	32,18
A1	2	18,22	1,55	28,22
A1	3	16,13	1,67	26,92
A1	4	16,74	1,68	28,12
	Média	17,17	1,68	28,86
A2	1	19,88	1,73	34,36
A2	2	16,35	1,83	29,90
A2	3	16,89	1,63	27,50
A2	4	18,02	1,44	25,92
	Média	17,79	1,66	29,42
A3	1	19,68	1,73	34,02
A3	2	16,10	1,77	28,54
A3	3	16,10	1,67	26,90
A3	4	15,28	1,73	26,42
	Média	16,79	1,73	28,97
A4	1	18,28	1,76	32,14
A4	2	16,14	1,78	28,76
A4	3	18,53	1,48	27,48
A4	4	17,65	1,46	25,82
	Média	17,65	1,62	28,55

¹Ração pré-inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - fosfórico, 725 ppm; ácido fórmico, 425 ppm; ácido A2 - butirato de sódio, 96 ppm; ácido láctico, 2.480 ppm; ácido fórmico, 160 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.584 ppm; ácido acético, 1.568 ppm; ácido fórmico, 1.568 ppm; ácido fosfórico, 168 ppm; ácido cítrico, 68 ppm; cálcio, 2.000 ppm; A4 - ácido fórmico, 1.281 ppm; ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 201 ppm; ácido benzóico, 885 ppm; ácido cítrico, 111 ppm; cálcio, 1.500 ppm.

²Ração inicial: Am - Antimicrobiano (sulfato de colistina, 40 ppm); A1 - ácido fosfórico, 435 ppm; ácido fórmico, 255 ppm; A2 - butirato de sódio, 64 ppm; ácido láctico, 1.860 ppm; ácido fórmico, 120 ppm; A3 - ácido propiônico, 1.188 ppm; ácido acético, 1.176 ppm; ácido fórmico, 1.176 ppm; ácido fosfórico, 126 ppm; ácido cítrico, 51 ppm; cálcio, 1.500 ppm; A4 - ácido fórmico, 1050 ppm; ácido propiônico, 990 ppm; ácido acético, 980 ppm; ácido fosfórico, 155 ppm; ácido benzóico, 590 ppm; ácido cítrico, 82,5 ppm; cálcio, 1.250 ppm.