

GERSON FAUSTO DA SILVA

**DIGESTIBILIDADE ILEAL DE AMINOÁCIDOS DE SOJA  
MICRONIZADA E DE FARELO DE SOJA PARA  
SUÍNOS E AVALIAÇÃO DE ACIDIFICANTES  
EM DIETAS PARA LEITÕES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2004

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S586d  
2004

Silva, Gerson Fausto da, 1963-

Digestibilidade ileal de aminoácidos de soja micronizada e de farelo de soja para suínos e avaliação de acidificantes em dietas para leitões / Gerson Fausto da Silva. – Viçosa, MG : UFV, 2004.

xiii, 81f. : il. ; 29cm.

Inclui anexo.

Orientador: Darci Clementino Lopes

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 66-73

1. Suíno - Nutrição. 2. Suíno - Digestibilidade. 3. Aminoácidos na nutrição de suínos. 4. Digestibilidade. 5. Farelo de soja na nutrição de suínos. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

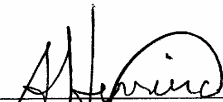
CDD 22.ed. 634.40852

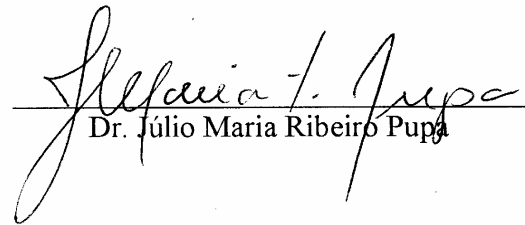
GERSON FAUSTO DA SILVA

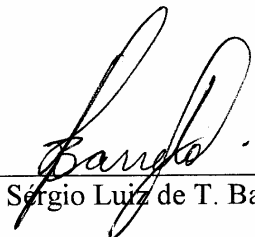
**DIGESTIBILIDADE ILEAL DE AMINOÁCIDOS DE SOJA  
MICRONIZADA E DE FARELO DE SOJA PARA  
SUÍNOS E AVALIAÇÃO DE ACIDIFICANTES  
EM DIETAS PARA LEITÕES**


Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

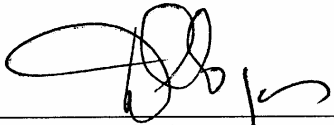
APROVADA: 20 de agosto de 2004.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Aloísio Soares Ferreira  
(Conselheiro)

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Júlio Maria Ribeiro Pupa

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Sérgio Luiz de T. Barreto

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Melissa Isabel Hannas

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Darci Clementino Lopes  
(Orientador)

*A Deus.*  
*Aos mensageiros de luz.*  
*Aos meus pais e à toda família, pelo amor e pela dedicação.*  
*À Maristela e familiares, pelo apoio e respeito.*

*“... O homem bom deve ser bom, porque esta é a sua natureza, e não para receber prêmios e louvores. Não importa se os outros verão ou não a sua bondade. Deve ser como as flores, que não escolhem lugar e nem pedem reconhecimento para ser o que de fato são...”.*

Vera Lúcia Marinzeck de Carvalho

## **AGRADECIMENTO**

À Universidade do Tocantins (UNITINS), pelo apoio e incentivo aos seus recursos humanos.

À Universidade Federal de Viçosa, por meio do Departamento de Zootecnia e da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, pelo apoio e pela oportunidade de realização deste trabalho.

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudos.

À Ajinomoto Animal Nutrition, pelas análises de aminoácidos realizadas.

Às empresas METACHEM S.A., SAMPHAR E INTERCHANGE, pelo financiamento parcial dos experimentos.

Ao professor Darci Clementino Lopes, orientador, companheiro de trabalho, interlocutor maior. Meu respeito e amizade, pela competência, dedicação e força durante o curso.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, em especial aos professores Aloísio Soares Ferreira, Sérgio Luiz de T. Barreto e Horácio Santiago Rostagno, pelas valiosas sugestões, que possibilitaram o aprimoramento deste estudo.

Ao Júlio Pupa, douto, de pés no chão, de apoio e energia vital para realização deste trabalho.

À Dra. Melissa Isabel Hannas, pelas críticas, pelas sugestões e pela amizade.

Ao Dr. Paulo Fernandes, pela disposição e disponibilidade por participar da melhoria desta tarefa.

Ao professor Carlos Batista de Assis, amigo de muitos anos que nunca negou uma “mãozinha” para incrementar e concretizar meus projetos e sonhos. Obrigado.

Ao Nominando e à Carla, grandes amigos, meu muitíssimo obrigado por ter, na teoria e na prática, defendido e demonstrado a valorização da diferença, da pluralidade e da multiplicidade.

Ao Kedson Raul Lima – extensivos à Cristina e à pequena Júlia – não só pelo apoio e incentivo constantes diante de uma batalha, mas pelo sorriso e pelo entusiasmo que sempre acompanharam nossos bate-papos, pela demonstração de amizade que sempre estiveram presentes.

Ao Uislei Orlando, André Viana e Alexandre Teixeira, certeza do porto seguro, da ajuda incondicional.

À Michella Paschoa, companheira de trabalho, de sala, de idas e vindas. Amiga mística, amorosa, dedicada e incentivadora – Saudades.

Aos amigos Anderson Corassa, Silvano Bünzen, Gustavo Gattas, Mauricio, Sérgio Pena, Leidimara Costa, Roberta Vaz, Márvio Lobão, companheiros sempre dispostos a aprender, a arriscar, a trabalhar pela causa zootécnica. Obrigado pelos momentos de escuta, de discussão, de idéias e trabalho em pleno desenvolvimento.

A todos os funcionários da Zootecnia, a minha aclamação por construir um departamento cada vez melhor.

A todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

GERSON FAUSTO DA SILVA, filho de Jacinto Fausto da Silva e Carmen Durso de Oliveira, nasceu em Viçosa-MG, em 1º de maio de 1963.

Em dezembro de 1986, concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em setembro de 1992, concluiu o curso de Mestrado em Zootecnia, área de Nutrição de Monogástrico, pela Universidade Federal de Viçosa.

Em fevereiro de 1994, foi contratado para o quadro de docentes da Universidade do Estado do Tocantins (UNITINS).

Em agosto de 2000, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa, em nível de Doutorado, área de Nutrição de Monogástricos, submetendo à defesa de tese em agosto de 2004.

Em maio de 2003, foi admitido, por meio de concurso público, para o quadro de docentes da Fundação Universidade Federal do Tocantins.

## CONTEÚDO

	<b>Página</b>
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	xi
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Digestibilidade de aminoácidos .....	3
2.2. Ácidos orgânicos.....	5
2.2.1. Metabolismo dos ácidos orgânicos .....	6
2.2.2 Acidificante nas rações .....	7
2.2.3 Acidificante e digestibilidade de alimentos.....	10
2.2.4 Acidificante e flora intestinal.....	12
Digestibilidade ileal aparente e verdadeira de aminoácidos de soja micronizada e de farelo de soja para leitões de 28 dias de idade .....	16
Resumo .....	16
Abstract .....	17
Introdução .....	18
Material e Métodos.....	19
Resultados e Discussão .....	23
Conclusão .....	27

	<b>Página</b>
Acidificantes em dietas para leitões de 21 a 49 dias de idade .....	29
Resumo .....	29
Abstract .....	30
Introdução .....	31
Material e Métodos.....	32
Resultados e Discussão .....	36
Conclusões .....	52
 Avaliação de <i>blend</i> à base de ácido fórmico e de ácido lático em dietas para leitões de 21 aos 49 dias de idade.....	 53
Resumo .....	53
Abstract .....	53
Introdução .....	54
Material e Métodos.....	55
Resultados e Discussão .....	61
Conclusões .....	64
 2. CONCLUSÕES GERAIS .....	 65
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	 66
 ANEXO.....	 74

## RESUMO

SILVA, Gerson Fausto da, D.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2004.  
**Digestibilidade ileal de aminoácidos de soja micronizada e de farelo de soja para suínos e avaliação de acidificantes em dietas para leitões.** Orientador: Darci Clementino Lopes. Conselheiros: Aloísio Soares Ferreira e Horácio Santiago Rostagno.

Foram conduzidos três experimentos com 408 leitões para avaliar a digestibilidade ileal, aparente e verdadeira, de aminoácidos de soja integral micronizada e de farelo de soja; o desempenho e a incidência de diarreia; o potencial hidrogeniônico (pH) da digesta; e a microbiologia do trato gastrointestinal de leitões alimentados com dietas contendo diferentes misturas de ácidos orgânicos como promotores de crescimento. No experimento I, foram utilizados 72 leitões mestiços, com 28 dias de idade, distribuídos aleatoriamente em três tratamentos [tratamento I: dieta isenta de proteína (DIP); tratamento II: dieta à base de soja integral micronizada (SM); e tratamento III: dieta à base de farelo de soja (FS)]; e oito repetições com três animais por unidade experimental. As dietas SM e FS foram formuladas para conter 12,9% de proteína bruta (PB), sendo o alimento avaliado a única fonte de proteína. A DIP foi utilizada para determinação das perdas endógenas de aminoácidos e o óxido crômico para obter o fator de indigestibilidade das dietas. Os animais foram abatidos oito horas após ingestão das dietas experimentais. O farelo de soja apresentou 91,80; 83,40; 90,26; 82,88; 82,70; 90,63; 78,48; 75,80; 71,01; 77,99; 84,00; 88,13; 72,30; 65,98; 74,64; 82,07 e 85,25% de coeficiente de digestibilidade aparente para arginina, fenilalanina,

histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, metionina + cistina, treonina, valina, ácido aspártico, ácido glutâmico, alanina, cisteína, glicina, serina e tirosina, respectivamente, enquanto a soja micronizada apresentou 91,47; 78,03; 88,50; 77,14; 77,82; 91,48; 76,98; 65,75; 62,47; 69,54; 80,90; 86,46; 65,13; 53,88; 69,32; 76,90; 80,76 de coeficiente de digestibilidade aparente para a mesma seqüência de aminoácidos. No experimento II, foram utilizados 224 leitões, machos e fêmeas recém-desmamados, com peso médio de 6,50 kg e mantidos em creche de 21 a 49 dias de idade. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com sete tratamentos e oito repetições, com quatro animais por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos por dietas complexas suplementadas com: T2: ácido fumárico; T3: *blend* de acidificantes I (ácidos fumárico, cítrico, fosfórico e fórmico); T4: *blend* de acidificantes II (ácidos ortofosfórico, fumárico e cítrico); T5: *blend* de acidificantes III (ácidos fórmico, acético, propiônico e cítrico); T6: *blend* de acidificantes III + *blend* à base de ácido láctico + 50% de lactose; T7: *blend* de acidificantes III + *blend* à base de ácido láctico sem lactose; e T1: sem acidificantes (controle). Para análise I foram considerados os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5. Na análise II, foram considerados os tratamentos T1, T2, T5, T6 e T7. Na primeira análise verificou-se que, no período de 35 a 42 dias, os leitões alimentados com dieta contendo *blend* de acidificantes III apresentaram menor consumo de ração médio diário (CRMD) e ganho de peso médio diário (GPMD) que os demais. Entretanto, na quarta semana observou-se menor CRMD para os leitões que receberam dieta suplementada com *blend* de acidificantes III. Melhor coeficiente de conversão alimentar foi obtido no grupo de leitões que recebeu dieta suplementada apenas com ácido fumárico, no período de 36 a 49 dias. O tratamento com ácido fumárico apresentou melhor valor de conversão alimentar em relação à dieta-controle de 36 a 49 dias. Os escores de diarreia e os valores de pH do bolo alimentar no estômago e da digesta no duodeno não foram influenciados pelos tratamentos. A suplementação de ácidos não influenciou as contagens bacterianas totais de estômago e íleo dos leitões abatidos aos 28 e 35 dias de idade. Os *blends* de acidificantes não foram melhores do que o ácido fumárico, embora também tenham reduzido o pH do bolo alimentar na região pilórica do estômago. Na segunda análise, os resultados demonstraram que no período de 21 a 49 dias os animais alimentados com dieta suplementada com ácido fumárico apresentaram maior ganho de peso médio diário quando comparado com os tratamentos T5, T6 e T7. Contudo, na terceira semana (36 a 42 dias) os animais do tratamento-controle apresentaram maior consumo de ração médio diário (CRMD) que

os demais. Entretanto, no período de 21 a 49 dias os animais dos tratamentos-controle e com ácido fumárico apresentaram maior CRMD. A conversão alimentar foi influenciada na terceira semana do experimento (36 a 42 dias), quando o tratamento contendo ácido fumárico foi melhor que o controle. Os escores de diarreia e os valores de pH do bolo alimentar no estômago e da digesta no duodeno não foram influenciados pelos tratamentos. Observou-se redução do pH na região pilórica do estômago quando os animais foram alimentados com dietas contendo acidificante. No experimento III, foram utilizados 112 leitões recém-desmamados, com peso médio de 5,50 kg e mantidos em creche de 21 a 42 dias de idade para avaliar o desempenho. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com sete tratamentos, oito repetições e com dois animais por unidade experimental. Os tratamentos foram assim constituídos: T1: dieta complexa sem acidificante (controle); T2: dieta complexa + ácido fumárico - 1,2 e 1,0%; T3: dieta complexa + *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico - 1,2 e 1,0%; T4: dieta complexa + *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico - 1,0 e 0,8%; T5: dieta complexa + *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico - 0,7 e 0,7%; T6: dieta complexa + *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico - 1,0 e 0,8% + *blend* à base de ácido láctico - 1,0 e 10% + 75% da lactose; e T7: dieta complexa + *blend* de acidificantes a base de ácido fórmico - 1,0 e 0,8%) + *blend* à base de ácido láctico - 1,0 e 1,0% + 50% da lactose. Todas as dietas foram suplementadas com 1,6 mg/kg de ácido fólico, o dobro do nível utilizado no experimento II. Não houve efeito dos tratamentos sobre o desempenho dos animais, mas valores numéricos maiores foram observados quando a dieta foi suplementada com ácido fólico.

## ABSTRACT

SILVA, Gerson Fausto da, D.S., Universidade Federal de Viçosa, August 2004. **Ileal digestibility of micronized soybean and soybean meal aminoacids for swine and evaluation of acidifiers in piglet feed.** Adviser: Darci Clementino Lopes. Committee members: Aloísio Soares Ferreira and Horácio Santiago Rostagno.

Three experiments using 408 piglets were conducted to evaluate the apparent and true ileal aminoacid digestibility integral soybean micronized and soybean meal; the performance and incidence of diarrhea and pH of digesta; and microbiology of the gastrointestinal tract of piglets fed diets containing different mixtures of organic acids as growth promoters. In experiment I, seventy-two 28-year-old crossbred piglets were randomly grouped into three treatments [treatment I: diet without protein (DWP); treatment II: integral soybean micronized diet (MS); and treatment III: soybean meal diet (SM)]; and 8 repetitions using 3 animals/experimental unit. The SM and FS diets were formulated so as to contain 12.9% of crude protein (CP), with the feed evaluated being the sole source of protein. The DWP diet was applied to determine the endogenous losses of aminoacids and chromic oxide to obtain the indigestibility factor of the diets. The animals were slaughtered eight hours after being fed the experimental diets. Soybean meal presented 91.80; 83.40; 90.26; 82.88; 82.70; 90.63; .48; 75.80; 71.01; 77.99; 84.00; 88.13; 72.30; 65.98; 74.64; 82.07 and 85.25% of apparent digestibility coefficient for arginine, phenylalanine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, methionine + cystine, threonine, valine, aspartic acid, glutamic acid, alanine, cysteine, glycine, serine and tyrosine, respectively, while integral micronized

soybean presented 91.47; 78.03; 88.50; 77.14; 7.82; 91.48; 76.98; 65.75; 62.47; 69.54; 80.90; 86.46; 65.13; 53.88; 69.32; 76.90; 80.76 % apparent digestibility coefficient for the same sequence of aminoacids. In experiment II, 224 newly- weaned male and female piglets were used, weighing an average weight of 6.50 kg and kept in a nursery from 21 to 49 days of age. The experiment was arranged in a randomized block design, with 7 treatments and 8 repetitions, with 4 animals per experimental unit. The treatments consisted of complex diets supplemented with: T2: fumaric acid; T3: acidifier *blend I* (fumaric, citric, phosphoric and formic acids); T4: acidifier *blend II* (orthophosphoric, fumaric and citric acids); T5: acidifier *blend III* (formic, acetic, propionic and citric acids); T6: acidifier *blend III + blend* based on lactic acid + 50% lactose; T7: acidifier *blend III + blend* based on lactic acid without lactose; and T1: without acidifiers (control). The treatments T1, T2, T3, T4 and T5 were considered for analysis I and the treatments T1, T2, T5, T6 and T7 for analysis II. Analysis I results showed that from d 35 through d 42, the piglets fed diet containing *blend* of acidifiers III showed a lower intake of average daily feed intake (ADFI) and average daily weight (ADWG) than the others. However, on the 4<sup>th</sup> week, lower ADFI was observed for the piglets fed diet supplemented with *blend* of acidifiers III. A greater feed conversion coefficient was obtained for the animal group fed diet supplemented only with fumaric acid, during the period of 36 to 49 days. The treatment using fumaric acid showed better feed conversion value than the 36 through 49 day control diet. The diarrhea scores and pH values in the digest in the stomach and digesta in the duodenum were not influenced by the treatments. Acid supplementation did not influence the total bacterial counting in the stomach and ileum of the animals slaughtered at 28 and 35 days of age. The acidifier *blends* were not better than the fumaric acid, despite having also reduced the pH of the digest in the pilloric region in the stomach. Analysis II results showed that from d 21 through d 49, the animals fed diet supplemented with fumaric acid had a greater mean daily weight gain, as compared to those in T5, T6 and T7. However, on the 3<sup>rd</sup> week (d 36 through d 42), the control animals showed a higher intake of average daily feed intake (ADFI) than the others. On the other hand, from d 21 to d 49, the animals in the control and fumaric acid treatments showed a higher ADFI. Feed conversion was influenced on the third week of the experiment (d 36 to d 42), when the treatment containing fumaric acid was better than the control treatment. The diarrhea scores and pH values of the digest in the stomach and digest in the duodenum were not influenced by the treatments. Reduced pH in the pilloric region of the stomach was observed when

the animals were fed acidifier-containing diets. In experiment III, 112 newly-weaned piglets with an average weight of 5.50 kg and kept in a nursery from d 21 to d 42 were observed for performance evaluation. The experiment was arranged in a randomized block design with 7 treatments, 8 repetitions, and 2 animals/ experimental unit. The treatments were thus constituted: T1: complex diet without acidifier (control); T2: complex diet + fumaric acid – 1.2 and 1.0%; T3: complex diet + acidifier *blend* based on formic acid – 1.2 and 1.0%; T4: complex diet + acidifier *blend* based on formic acid – 1.0 and 0.8%; T5: complex diet + acidifier *blend* based on formic acid – 0.7 and 0.7%; T6: complex diet + formic acid-based acidifier *blend* - 1.0 and 0.8% + lactic acid- based *blend* - 10 and 10% + 75% lactose; and T7: complex diet + formic acid - based acidifier *blend* - 1.0 and 0.8%) +lactic acid -based *blend* - 1.0 and 1.0% + 50% lactose. All diets were supplemented with 1.6 mg/kg of folic acid, double the level used in experiment II. No treatment effect on animal performance was observed, but greater values were found when the diet was supplemented with folic acid.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O sucesso da expansão da suinocultura brasileira nos últimos anos reflete o bom êxito das técnicas empregadas no aumento da produtividade da porca e na maior produtividade do rebanho, expressando o máximo do potencial que o sistema de criação permite. Existem várias formas de aferir a produtividade da porca, quando se analisam as informações de produção, dentre as quais se destacam o número de partos/porca/ano e o número de leitões desmamados/porca/ano.

A adoção de novas tecnologias é uma das alternativas que o produtor pode lançar mão para atingir objetivos; entre elas destaca-se o desmame precoce, que busca a maximização da eficiência reprodutiva e produtiva dos plantéis suínolas.

O desmame, como prática de manejo, é ponto fundamental para um resultado eficaz da produção suína. Todavia, representa um desafio ao leitão pelo estresse causado, principalmente naquele que se refere ao padrão de qualidade nutricional de seu alimento; quando a gordura do leite e a lactose, principais fontes de energia durante a fase de aleitamento, são substituídas por amido e óleo vegetal; a caseína é substituída por proteínas vegetais menos digestíveis; presença de antígenos na dieta que provocam reações de hipersensibilidade transitória no intestino; perda da proteção imunológica passiva do leite. Tudo isto é somado ao fato de que o sistema digestivo dos leitões não está plenamente desenvolvido em termos de capacidade de produção e ativação das enzimas digestivas antes dos 42 dias de idade (Pluske et al., 1995).

Quanto mais precoce for o desmame, mais graves podem ser os efeitos nocivos no desempenho dos leitões e em suas fases futuras, quando estes são desmamados com

idade igual ou inferior a três semanas, momento em que o risco de incidência de diarreia é elevado. Em contrapartida, a prevenção se dá por doses profiláticas de medicamentos (antibióticos) em suas rações (Partanen e Mroz, 1999).

Por várias décadas, os antibióticos têm sido utilizados como promotores de crescimento na dieta dos suínos, com objetivo de reduzir a incidência de diarreia e, por conseguinte, melhorar o desempenho destes animais. É certo que estes produtos possibilitaram o desenvolvimento da produção industrial, dando aos consumidores o acesso a produtos de origem animal a preços mais módicos. Entretanto, o uso indiscriminado destes medicamentos pode levar ao desenvolvimento da resistência de diferentes espécies de bactérias patogênicas. Portanto, medidas preventivas têm sido tomadas no sentido de abandonar alguns antibióticos da ração desses animais; num momento em que o uso profilático desses medicamentos está para ser proibido em muitos países (Piva et al., 2001).

Dentre várias alternativas, os ácidos orgânicos ganharam interesse crescente como aditivo na alimentação animal, por causa de seus efeitos positivos em ajustar o desenvolvimento e a colonização da microflora intestinal, as taxas de proliferação das células epiteliais e, ou, o desempenho dos monogástricos (crescimento, conversão alimentar e saúde geral do animal).

Assim, objetivou-se determinar a digestibilidade ileal aparente e verdadeira de proteína e aminoácidos de alimentos protéicos e avaliar a inclusão de ácidos orgânicos em dietas de leitões desmamados aos 21 dias de idade.

Esta tese foi redigida em artigos, seguindo as normas para feitura de tese da Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2002), sendo que os artigos 1, 2 e 3 foram redigidos seguindo as normas para publicação de artigos técnicos científicos da Revista Brasileira de Zootecnia.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Digestibilidade de aminoácidos**

Os fatores que interagem sobre a eficiência produtiva, como genética, ambiente, sanidade, nutrição, entre outros, devem ser articulados pelo nutricionista de tal forma a permitir que o animal expresse o máximo de seu potencial de produção.

Uma das grandes preocupações na nutrição de suínos, dentre outras, tem sido formular dietas que atendam as exigências em aminoácidos para uma determinada fase de criação, fornecendo aminoácidos corretamente balanceados e que participem da deposição de proteína a um custo reduzido; para tanto, é necessário que se conheça a digestibilidade dos aminoácidos contidos nos alimentos que participam na formulação da dieta.

Os principais fatores que afetam a biodisponibilidade são a eficiência da digestão de proteínas, a absorção de aminoácidos e a eficiência de utilização de aminoácidos, em nível tecidual, após absorção. Entretanto, fatores como excessivo tratamento térmico durante o processamento, parede celular indigestível e a presença de fatores antinutricionais contribuem negativamente, reduzindo a digestibilidade dos aminoácidos nos alimentos. O antagonismo, e a forma como o aminoácido é suplementado, também devem ser levados em consideração na formulação das rações; assim sendo, a formulação de rações, com base na disponibilidade de aminoácidos, deveria ser mais precisa comparada aos aminoácidos totais, promovendo melhor desempenho dos suínos e evitando gastos desnecessários.

Inúmeros trabalhos têm sido realizados com o intuito de obter uma metodologia de avaliação nutricional que represente adequadamente a digestão do alimento no sistema digestivo do suíno, seja prática, de rápida execução, apresente baixo custo e possa ser utilizada como rotina na avaliação de alimentos, não sendo fácil, até então, obter uma proposta unificada de avaliação da digestibilidade de proteína e aminoácidos.

Digestibilidade esta relacionada com a porção de um nutriente de um alimento que “desaparece” do trato digestivo, e é determinada por ensaios de metabolismo, onde uma dieta é fornecida e as fezes ou a digesta ileal são coletadas e ambas analisadas quanto ao conteúdo do nutriente em questão. Conquanto, o termo disponibilidade é definido como uma porção dos nutrientes consumidos que é absorvida no trato digestivo e está disponível para o metabolismo animal.

A digestibilidade aparente não considera as perdas endógenas de aminoácidos, o que já é considerado na digestibilidade verdadeira; portanto, apresentando maiores coeficientes de digestibilidade. Aminoácidos endógenos são, por exemplo, enzimas digestivas e proteínas da parede do intestino delgado, e podem ser estimados pelo método direto (utilização de uma dieta isenta de proteína) ou pelo método indireto (redução da quantidade do alimento estudado a um consumo zero de proteína). Segundo D’Mello (1994), a diferença entre a digestibilidade verdadeira e aparente reflete o custo endógeno da digestão protéica, que pode variar entre as fontes utilizadas dependendo do grau de dificuldade de sua hidrólise. Devido às dificuldades na determinação das perdas endógenas e aos fatores que influenciam na sua determinação, como tipo e nível de fibra utilizada, a digestibilidade aparente parece ser mais empregada na nutrição de suínos.

De acordo com Just et al. (1985), a digestibilidade dos aminoácidos medida ao nível de íleo é considerada mais acurada do que a com base nas fezes, uma vez que a proteína e os aminoácidos metabolizados no intestino grosso não possuem valor nutricional para os suínos e têm sido mais sensíveis na detecção de pequenas diferenças na digestibilidade dos aminoácidos (Donkoh et al., 1994). A análise fecal resulta em erros na determinação da digestibilidade, que pode ser superestimada quando ocorre degradação do nitrogênio e da proteína no intestino grosso ou subestimada quando há síntese (Laplace, 1986).

Vários métodos, como canulação (Fuller et al., 1994), anastomose íleo-retal (Green et al., 1988) e a técnica do abate (Leibholz, 1985), têm sido empregados para coleta da digesta ileal.

## 2.2. Ácidos orgânicos

O desmame, como prática de manejo, é ponto fundamental para um resultado eficaz da produção suína. Todavia, representa um desafio ao leitão pelo estresse causado, principalmente naquele que se refere ao padrão de qualidade nutricional de seu alimento; quando a gordura do leite e a lactose, principais fontes de energia durante a fase de aleitamento, são substituídas por amido e óleo vegetal; a caseína é substituída por proteínas vegetais menos digestíveis; presença de antígenos na dieta, que provocam reações de hipersensibilidade transitória no intestino; e perda da proteção imunológica passiva do leite. Tudo isto é somado ao fato de que o sistema digestivo dos leitões não está plenamente desenvolvido em termos de capacidade de produção e ativação das enzimas digestivas antes dos 42 dias de idade (Pluske et al., 1995).

Quanto mais precoce for o desmame, mais graves podem ser os efeitos nocivos no desempenho dos leitões e em suas fases futuras, quando estes são desmamados com idade igual ou inferior a três semanas, momento em que o risco de incidência de diarreia é elevado. Em contrapartida, a prevenção se dá por doses profiláticas de medicamentos (antibióticos) em suas rações (Partanen e Mroz, 1999).

Por várias décadas, os antibióticos têm sido utilizados como promotores de crescimento na dieta dos suínos, com o objetivo de reduzir a incidência de diarreia e, por conseguinte, melhorar o desempenho destes animais. É certo que estes produtos possibilitaram o desenvolvimento da produção industrial, dando aos consumidores o acesso a produtos de origem animal a preços mais módicos. Entretanto, o uso indiscriminado destes medicamentos pode levar ao desenvolvimento da resistência de diferentes espécies de bactérias patogênicas. Portanto, medidas preventivas têm sido tomadas no sentido de abandonar alguns antibióticos da ração desses animais; num momento em que o uso profilático desses medicamentos está para ser proibido em muitos países (Piva et al., 2001).

Dentre várias alternativas, os ácidos orgânicos ganharam interesse crescente como aditivo na alimentação animal, por causa de seus efeitos positivos em ajustar o desenvolvimento e a colonização da microflora intestinal, as taxas de proliferação das células epiteliais e, ou, o desempenho dos monogástricos (crescimento, conversão alimentar e saúde geral do animal).

Os ácidos orgânicos são classificados como ácidos carboxílicos por possuírem formalmente em sua estrutura uma combinação de uma carbonila e um grupo hidroxila.

O resultado mais visível da combinação dos dois grupos é um grande aumento na acidez da hidroxila. Entretanto, em solução aquosa e por, outrossim, deterem caráter fraco, possuem baixo poder de ionização, como mostrado pelos valores de seus  $pK_a$  apresentados na Tabela 1 (Anexo). Valendo lembrar que  $pK_a$  são funções logarítmicas, de maneira que a variação de uma unidade de  $pK_a$  corresponde a um fator de 10 (dez) na variação da acidez. Portanto, este é determinado pelo valor de pH nos quais 50% das moléculas do ácido estejam na sua forma ionizada. Contudo, quanto menor o  $pK_a$ , mais forte é o ácido em questão (Allinger et al., 1978).

Os ácidos orgânicos (C1-C7), presentes naturalmente nos tecidos de animais e plantas ou formados via fermentação microbiana, possuem características físico-químicas (Tabela 1 – Anexo) que podem afetar a palatabilidade da ração, e assim seu nível de inclusão (Tabela 2 – Anexo). Contudo, muitos deles estão disponíveis na forma de seus sais geralmente com a vantagem de possuírem odor mais ameno, fácil manuseio, menos voláteis e corrosivos e mais solúveis em água do que seus ácidos livres.

Os princípios básicos resultantes da constante de ionização dos ácidos orgânicos devem orientar os níveis de inclusão para serem compatíveis com o balanço eletrolítico da fórmula e respeitar o equilíbrio ácido-base dos animais.

### **2.2.1. Metabolismo dos ácidos orgânicos**

A taxa de absorção dos ácidos orgânicos depende de seus  $pK_a$  e do pH do lúmen intestinal. Assim, esses ácidos graxos de cadeia curta são rapidamente absorvidos quando o pH do lúmen está abaixo de seus  $pK_a$ . Embora o pH do conteúdo de íleo, ceco e cólon estejam geralmente acima de 6,5 e maior que os valores do  $pK_a$  dos ácidos, o que os converteria quase que totalmente para a sua forma ionizada e pouco absorvida, ocorre, entretanto, uma queda no valor do pH na superfície absorptiva devido à troca iônica (Na-H) exercida pelas células do epitélio, transformando-os na forma não-ionizada e absorvida, devido ao gradiente eletroquímico constante estabelecido entre o lúmen e a célula epitelial (Piva et al., 2001).

Neste sentido, os ácidos absorvidos podem ser tanto oxidados a acetil-CoA quanto sintetizados metabolicamente a partir de acetil-CoA. A sua oxidação, um processo aeróbico, ocorre na mitocôndria e cada reação envolve um derivado da acil-CoA e é catalisada por uma enzima específica. A via utiliza como coenzimas o  $NAD^+$  e

o FAD e gera ATP. Ao contrário, a biossíntese de ácidos graxos (lipogênese) ocorre no citossol e envolve derivados acilícos sempre ligados a um complexo multienzimático, que utiliza o NADP<sup>+</sup> como coenzima, requer o ATP, Mn<sup>2+</sup>, biotina, ácido pantotênico e o íon bicarbonato (Murray et al., 1998).

O ácido fórmico é um componente natural do tecido animal e sangue e usado quimicamente em técnicas de preservação. Importante no metabolismo intermediário, por participar de reações que envolvem transferência de um átomo de carbono (metabolismo de aminoácidos) e servir como substrato para biossíntese de ácidos nucleicos (síntese de purinas). Sua acumulação em níveis tóxicos pode acarretar acidose metabólica, patologia ocular e morte.

O ácido fórmico depois de absorvido é transportado ao fígado, onde parte é oxidada a CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O (Figura 1 – Anexo) e parte pode ser excretada pelos rins, na forma de seus sais alcalinos.

A taxa de oxidação do ácido fórmico é dependente do nível de folato hepático (tetrahydrofolato), substrato importante para a síntese das enzimas citadas na Figura 1 (Anexo). Entretanto, os suínos possuem níveis de reserva muito baixos dessa vitamina, o que os torna limitados na sua habilidade de metabolizar o ácido fórmico. Porém, as reservas de folato hepático poderão ser aumentadas pela suplementação adequada de ácido fólico (Partanen e Mroz, 1999).

Os ácidos acético, propiônico e butírico, são os principais produtos finais da fermentação bacteriana da fibra dietética no intestino grosso dos suínos.

O acetato e o butirato absorvidos, e aqueles provenientes do metabolismo intermediário, entram no ciclo do ácido cítrico após serem convertidos a acetil-CoA. A rota metabólica principal do propionato (ácido com número ímpar de átomos de carbono) é a succinil-CoA, com produto intermediário de sua interconversão o metilmalonil-CoA. Uma pequena porção do propionato é convertida a lactato pelas células epiteliais que também parecem oxidar acetato completamente (Partanen e Mroz, 1999).

O ácido láctico é produzido por várias espécies bacterianas, principalmente aquelas dos gêneros *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, *Pediococcus* e *Leuconostoc*.

No estômago e no intestino delgado, o ácido láctico é o produto final da fermentação de açúcares, sendo, também, gerado pela célula muscular, a partir do glicogênio, por via anaeróbica. Ainda, o lactato produzido é conduzido ao fígado onde é reoxidado a piruvato e utilizado no ciclo do ácido cítrico (Partanen e Mroz, 1999).

Nos suínos, o ácido fumárico é proveniente do catabolismo dos aminoácidos fenilalanina e tirosina, do ciclo da uréia e da síntese de purinas. O fumarato e o citrato, constituídos no metabolismo intermediário juntamente com aqueles de origem dietética, são encaminhados ao ciclo do ácido cítrico onde servem como metabólicos intermediários importantes (Partanen e Mroz, 1999).

Enfim, alguns trabalhos investigaram a ação dos ácidos orgânicos sobre a utilização da proteína/aminoácidos e energia por estimular o metabolismo intermediário. Partanen e Mroz (1999) relataram que a adição de ácidos orgânicos à dieta possui efeitos sobre a atividade de certas enzimas do metabolismo intermediário (Tabela 3 – Anexo).

### **2.2.2 Acidificante nas rações**

As rações geralmente contêm esporos de fungos e bactérias originados das matérias-primas utilizadas no armazenamento ou em contaminação com equipamento. Alguns destes organismos multiplicam-se rapidamente após aumento da temperatura e umidade. Os metabólitos produzidos por algumas espécies de fungos podem causar distúrbios clínicos e doenças nos animais. O uso de ração mofada pode desencadear diarreia, anemia, aborto micótico e outras doenças prejudiciais à saúde animal. A perda da eficiência alimentar pode ser evitada e a qualidade da ração mantida, quando a área de armazenamento é mantida arejada, seca e limpa e com um tratamento preventivo.

Segundo Kuana (2001), com o advento das regulamentações de segurança alimentar e exigências do consumidor, o controle de *Salmonella* na cadeia produtiva da carne tem merecido destaque. Por isto, as indústrias estão sendo induzidas a implantarem programas de Boas Práticas de Fabricação e de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle para controle de *Salmonella*, inclusive, nas fábricas de rações. A implantação destes programas em fábricas de rações pode ser benéfica, pois além da *Salmonella*, é possível controlar outras enterobactérias e fungos.

Segundo Jones e Richardson (1996), as rações são contaminadas com *Salmonella* durante o processo de fabricação e de transporte da fábrica até a granja e momentos antes do animal consumi-las.

Assim, análises rotineiras são requeridas para medir e manter a qualidade das rações, como: análises bromatológicas, testes de mistura, granulometria e outras. Há necessidade de determinar o nível de contaminação dos ingredientes, de locais e

equipamentos instalados na fábrica, com o objetivo de planejar medidas eficazes de controle e eliminação.

Existem dois métodos, segundo Kuana (2001), para eliminar *Salmonella* em rações: peletização e tratamento químico. Quanto maior o número de *Salmonella*, maior o tempo, mais elevada a temperatura ou maiores níveis de produtos químicos são necessários para eliminar a bactéria da ração. Tratamentos severos causam perdas nutricionais, acarretando custos adicionais.

A ação bactericida dos ácidos orgânicos (Figura 2 – Anexo) tem sido estudada por diversos pesquisadores citados por Kuana (2001). Os ácidos orgânicos na forma não-dissociada atravessam a parede celular da bactéria, desencadeando dois modos de ação: 1) presença de íons de hidrogênio reduz o pH do citoplasma, levando à supressão da atividade enzimática (descarboxilases e catalases) e do sistema de transporte de nutrientes; e 2) inibição da síntese de DNA e RNA. Nestas condições, a célula encontra-se debilitada, incapaz de romper o equilíbrio de energia e dar continuidade aos processos de multiplicação.

A eficácia de um determinado ácido depende, sobretudo, do valor de seu  $pK_a$ . Entretanto, quanto maior o valor do  $pK_a$  de um determinado ácido mais efetiva é a sua ação como preservativo e sua eficácia como agente antimicrobiano é melhorada com o aumento do comprimento de sua cadeia e do grau de insaturação, mas a limitada solubilidade em água desses ácidos restringe o seu uso (Partanen e Mroz, 1999).

As misturas de ácidos orgânicos ou de seus sais que incluem fórmico, acético, propiônico e láctico são os antibactericidas comumente utilizados. Vanderwal (1979) e Zaldivar (1990) testaram a efetividade de diversos ácidos orgânicos e suas combinações e, segundo os autores, a eficácia no controle de enterobactérias é dependente da dosagem e do tempo de exposição.

Outro ponto a considerar acerca do efeito da acidificação sobre os alimentos ou uma ração é a sua capacidade em reduzir o seu poder tamponante. Frequentemente, em formulação de rações, é omitida a capacidade tamponante (*B-value*) de sua matéria-prima.

Neste sentido, torna-se importante, além do balanceamento de uma ração ideal para a fase inicial, o conhecimento do *B-value* de cada um de seus ingredientes presentes (Ostermann, 2002). Segundo este mesmo autor, a capacidade tamponante de um determinado ingrediente ou alimento é definida como sendo a quantidade em mililitros da solução 0,1 N (miliequivalente/L) de ácido clorídrico, necessária para

acidificar 10 g de ingrediente em 90 ml de água destilada de forma a encontrar um pH de 3 ou 5.

Alimentos com baixo *B-value* ajudam na ativação do pepsinogênio e, portanto, na digestibilidade da proteína, no controle da população bacteriana no estômago, na redução da proliferação de bactérias patogênicas, no esvaziamento estomacal e a evitar a formação de aminas biogênicas, que, em síntese, resulta em alta mobilidade dos intestinos e aumento da pressão sanguínea (Ostermann, 2002).

As fontes protéicas possuem alta capacidade tampão quando comparadas com aquelas de cereais (Tabela 4 – Anexo).

### **2.2.3 Acidificante e digestibilidade de alimentos**

No período de aleitamento, o leitão, a cada refeição, nutre-se com um pequeno volume de leite várias vezes ao dia. Isto permite ao seu sistema digestivo controlar as variações de pH. A lactose, nutriente essencial para o desenvolvimento da flora bacteriana, contribui para acidificação natural e permite a manutenção de uma atividade enzimática ótima. Entretanto, ao contrário, a dieta sólida contém baixo nível de lactose, diferentes fontes de proteína e forte concentração de amido. O número de tomadas de alimento por dia é menor e o poder tampão da ração é freqüentemente elevado (Pluske, et al., 1995).

Um alimento com poder tampão elevado favorece um pH elevado dentro do estômago, neutralizando assim boa parte do ácido clorídrico. A hidrólise normal de proteínas é deficiente, e estas proteínas não digeridas se instalam dentro do intestino delgado, onde elas se transformam em excelente substrato para o crescimento de bactérias patogênicas e de bactérias de putrefação, causando a diarreia pós-desmame e diminuição da performance.

A primeira semana pós-desmama é considerada crítica e se caracteriza por baixo consumo de ração, baixa digestibilidade e um estado geral de deficiência energética. O baixo consumo associado à mudança no tipo da dieta pode contribuir para uma redução brusca no tamanho das vilosidades; esse encurtamento predispõe o leitão à má absorção, possível desidratação, diarreias e infecções entéricas (Cera et al., 1988).

O principal objetivo após a desmama é fornecer uma alimentação que maximize o crescimento dos leitões e, para isso, deve-se ter conhecimento do processo da desmama e das limitações biológicas dos leitões, em face de transição do regime

alimentar do leite da porca para uma dieta seca e sólida (Pluske et al., 1995). Os leitões desmamados com 21 dias de idade, e algumas vezes até com 14 dias, encontram-se fisiologicamente imaturos para se alimentarem com dietas sólidas.

De acordo com Easter (1993), as funções digestivas dos leitões desmamados precocemente são inadequadas, devido à insuficiente produção de ácido clorídrico (HCl) e das enzimas digestivas, resultando em aproveitamento incompleto das dietas formuladas predominantemente à base de grãos.

Uma das funções do HCl no estômago dos leitões é reduzir a população de microrganismos, protegendo-os contra infecções entéricas. Entretanto, animais adultos ajustam o pH gástrico por intermédio da secreção de HCl pelas células parietais, porém, em leitões recém-desmamados a situação é diferente, pois esses animais apresentam pH gástrico mais elevado e mais variável em relação aos animais adultos; portanto, presume-se que a insuficiência digestiva e as desordens intestinais de leitões desmamados podem estar, parcialmente, relacionadas com a condição de não manterem o pH gástrico baixo, pelos efeitos sobre a ativação da pepsina, pela proliferação de coliformes e pela taxa de esvaziamento estomacal (Rostagno e Pupa, 1998).

Portanto, a utilização de dieta ácida baseia-se na ineficiência dos leitões, desmamados precocemente, em manter o pH gástrico apropriado nesse período, e isto, conseqüentemente, diminui o aproveitamento do alimento fornecido, refletindo diretamente na eficiência produtiva do sistema. Vários pesquisadores observaram que a acidificação da dieta inicial possui efeito positivo sobre o desempenho dos leitões recém-desmamados.

A inclusão de ácidos e sais orgânicos entre 1 e 2% na ração pode reduzir o pH estomacal, diminuir a proliferação de microorganismos patogênicos no trato digestivo, melhorar o ganho de peso diário e a conversão alimentar dos leitões. Embora, segundo Gauthier (2003), muitos estudos mostram que é praticamente impossível modificar significativamente o pH do estômago e do intestino de um suíno, mesmo quando se utilizam grandes quantidades de ácidos orgânicos nas rações.

Os ácidos mais comumente empregados na acidificação da dieta de leitões são os ácidos fumárico, cítrico e málico. Estudos têm revelado que os melhores resultados da adição de ácidos são obtidos com a utilização de rações simples, quando comparadas às complexas que contenham produtos lácteos. A presença de produtos lácteos pode reduzir a atividade dos acidificantes. A lactose adicionada às dietas também serve de substrato para lactobacilos, reduzindo o pH como resultado de sua fermentação,

diminuindo a secreção de HCl no estômago.

Ao avaliar a adição dos ácidos orgânicos fumárico, málico e cítrico, com ou sem a adição de bicarbonato de sódio em rações de leitões nas quatro semanas após desmama, Krause et al. (1994), citados por Goihl (1994), verificaram aumento no ganho de peso dos leitões que receberam o tratamento correspondente à utilização de 2,5% de ácido fumárico + 2,3% de bicarbonato de sódio.

Segundo os autores, o resultado positivo da inclusão de bicarbonato de sódio, que é dependente do tipo de ácido orgânico utilizado, estaria relacionado à correção de uma possível acidose metabólica ocasionada pelo ácido fumárico adicionado à ração. No entanto, efeitos positivos sobre o desempenho dos animais ocorrem somente nas duas primeiras semanas pós-desmama.

Em estudos mais recentes conduzidos por Blank et al. (1999; 2001), ficou comprovado que a incorporação de ácido fumárico às rações aumentava a digestibilidade ileal da energia, proteína e aminoácidos e reduzia a atividade metabólica e a concentração de bactérias no trato gastrintestinal dos leitões nas primeiras três e quatro semanas pós-desmama e que esses efeitos eram dependentes da capacidade tamponante das rações.

Melhoras no desempenho de leitões no período pós-desmama, em razão da incorporação de ácidos orgânicos e de seus sais, foram comprovadas por diferentes trabalhos apresentados por Roth (2000).

A absorção e retenção de minerais (especialmente, cálcio e fósforo) melhoram com o uso de ácidos orgânicos. Em relação aos outros minerais, os resultados, às vezes, são contraditórios. Os teores minerais básicos da fórmula, bem como a natureza e a quantidade de ácidos orgânicos adicionados afetam estes parâmetros. Todavia, a retenção óssea do cálcio e fósforo pode ser diminuída quando se dá aos suínos uma ração muito ácida. O caso do cloreto de amônia e do benzoato de cálcio são os mais bem documentados (Gauthier, 2003).

De maneira geral, os resultados com a utilização dos ácidos e sais orgânicos têm sido favoráveis, sendo, no entanto, dependentes dos ingredientes, da capacidade tampão das rações, da idade dos animais, do tipo e nível do acidificante utilizado (Alle e Touchette, 1998).

Em síntese, com relação aos resultados positivos observados sobre o desempenho dos animais, o modo de ação dos ácidos orgânicos é de particular importância, devendo-se considerar três áreas separadamente: ração, trato digestivo e metabolismo (Tabela 5 – Anexo) (Roth, 2000).

#### 2.2.4 Acidificante e flora intestinal

Sabe-se que os ácidos orgânicos, sejam eles resultantes da fermentação bacteriana intestinal ou diretamente suplementados na ração, têm efeitos antibacterianos importantes e complexos, mas apesar de suas estruturas químicas variadas (Tabela 1 – Anexo), estes ácidos parecem possuir o mesmo modo de ação.

Cada ácido orgânico possui propriedades diferentes em relação a cada uma das bactérias envolvidas, dependendo do pH, da concentração, da constante de ionização ( $pK_a$ ), capacidade tampão da ração (entre 500 e 600 meq/kg), do tempo de retenção/exposição e do nível de inclusão (Tabela 6 - Anexo).

Em sua revisão sobre a conservação de alimentos, Gauthier (2003) enumera os modos de ação documentados:

- ruptura da membrana celular da bactéria;
- inibição das funções metabólicas fundamentais das bactérias;
- modificação do pH interno das bactérias; e
- acúmulo de ânions tóxicos nas bactérias.

Os trabalhos de pesquisas têm demonstrado que apenas os ácidos orgânicos não ionizados podem ter efeito antibacteriano, embora tenha sido documentado que doses extremamente elevadas de ácidos orgânicos ionizados podem ter algum efeito (Tabela 7 - Anexo).

Os ácidos orgânicos não-ionizados podem difundir-se passivamente através da parede celular de uma bactéria, ionizar-se quando o nível do pH é superior à constante de ionização ( $pK_a$ ), causando uma queda no pH interno; situação esta que se torna incompatível com certas categorias de bactérias que não toleram diferença importante de pH trans membranoso. Entretanto, a bactéria reage e ativa um mecanismo de resistência a este tipo de estresse celular e os prótons ( $H^+$ ) serão “bombeados” para fora da bactéria por uma bomba de ATPase; dispositivo este que consome energia e exaure a bactéria (Gauthier, 2003). Segundo este mesmo autor, a *E. coli*, *Salmonella sp.*, *L. momocytogenes* e *C. perfringens* são tipos de bactérias que são sensíveis às diferenças de pH trans membranoso, enquanto *Bifidobacterium sp.* e *Lactobacillus sp.* não o são (Figura 2 – Anexo).

Para que os ácidos orgânicos se difundam para fora da bactéria, eles têm que estar também não-dissociados. Portanto, dependendo do pH interno, os ânions irão se acumular, modificando a pressão osmótica interna e tornando-se tóxicos para a bactéria

(interrupção da glicólise, da síntese de ácidos nucleicos, bloqueio das reações enzimáticas, comprometimento do transporte através da membrana etc.). Portanto, na modulação do crescimento, o mecanismo de acúmulo de ânions é muito importante, e mais tóxico que o da bomba de prótons (Gauthier, 2003).

Alguns trabalhos utilizando mistura de ácidos orgânicos e inorgânicos têm sido realizados com o objetivo de melhorar a ação da acidificação. Devido à propriedade desses ácidos em se ionizarem numa faixa mais ampla de pH, forneceriam um balanço ótimo de pH em todo trato gastrointestinal. Além disso, a acidificação poderia ser alcançada com menor nível de inclusão de ácidos. Rodas et al. (1995) conduziram um estudo para determinar a eficácia do complexo de ácidos orgânicos e inorgânicos “Syneracid” a 0,35%, comparado ao ácido fumárico a 2%, em dietas de leitões desmamados entre 20 e 26 dias de idade. Observaram que a adição de ácido às dietas melhorou o desempenho dos leitões, e o fornecimento do complexo de ácidos orgânicos e inorgânicos foi mais efetivo na melhoria do desempenho do que o ácido fumárico, quando oferecido sozinho.

O uso de ácidos orgânicos em formas livres, quando adicionados à ração nas quantidades comprovadamente, eficazes, podem causar problemas de palatabilidade, danos na mucosa estomacal e duodenal, e desmineralização óssea, além de favorecer um mecanismo de resistência aos ácidos por parte das bactérias (Gauthier, 2003)

Alguns trabalhos de pesquisas têm verificado que a utilização de ácidos nas dietas leva à queda brusca do pH do estômago. Se o conteúdo estomacal está ácido demais ( $\text{pH} < 3,5$ ), as células parietais não são estimuladas, e a produção de ácido clorídrico é reduzida. Quando o acidificante é removido da dieta, a secreção dessas células permanece baixa até elas se adaptarem. O efeito direto da queda do pH é a inibição parcial das bactérias produtoras de ácido lático. Dessa maneira, a produção natural de ácido lático é adversamente afetada. Além do mais, os ácidos orgânicos são absorvidos rapidamente e o efeito da acidificação pode ficar reduzido no intestino delgado (Maxwell et al., 1993). Para Fontaine (1994), o refinamento da acidificação é o uso de uma cobertura protetora formada por uma matriz de ácidos graxos que permite a liberação lenta e contínua dos ácidos ao longo do trato digestivo, reduzindo a taxa de absorção e prolongando o processo de acidificação no intestino delgado.

Esta tecnologia de proteção dos ácidos orgânicos, segundo Gauthier (2003), também permite o uso de quantidades menores dos ácidos e, mesmo assim, a obtenção de resultados ideais, evitando-se os efeitos colaterais negativos sobre o balanço

eletrolítico da fórmula, e sobre o equilíbrio ácido-base dos animais.

Apesar de os efeitos dos ácidos orgânicos serem variáveis, nota-se que os leitões geralmente apresentam desempenho satisfatório quando esses ácidos são incluídos nas dietas iniciais. Por outro lado, o mecanismo de ação e os efeitos interativos desses aditivos não estão claros, necessitando mais estudos que possam explicar a melhoria do desempenho. O acréscimo de ácido às dietas iniciais de leitões deve ser considerado pelo produtor, obviamente dentro de uma avaliação custo/benefício.

## **Digestibilidade ileal aparente e verdadeira de aminoácidos de soja micronizada e de farelo de soja para leitões de 28 dias de idade**

Resumo – Este estudo foi realizado com o objetivo de determinar a digestibilidade ileal, aparente e verdadeira, dos aminoácidos de alimentos como: soja integral micronizada e do farelo de soja, comumente utilizados na formulação de rações pré-iniciais para leitões, pela técnica do sacrifício. Foram utilizados 72 leitões mestiços com 28 dias de idade, distribuídos em três tratamentos (dieta isenta de proteína – DIP, dieta com farelo de soja – FS e dieta com soja micronizada – SM), com oito repetições e três animais por unidade experimental. As dietas com FS e SM foram formuladas para fornecer 12,9% de PB, sendo o alimento avaliado a única fonte de proteína. A DIP foi utilizada para determinação das perdas endógenas de aminoácidos. Foi adicionado às dietas experimentais 0,5% de óxido crômico como indicador de digestibilidade. Os animais, após jejum, receberam alimentação e foram abatidos oito horas após a ingestão das dietas experimentais, sendo a digesta ileal coletada para formação de uma amostra composta de digesta de oito animais, obtendo-se três amostras por tratamento. Os valores de digestibilidade da matéria seca e da proteína foram semelhantes, entre o farelo de soja e a soja micronizada; entretanto, observou-se menor teor de proteína e de aminoácidos na soja micronizada do que no farelo de soja e o coeficiente de digestibilidade foi menor na soja micronizada para todos os aminoácidos, exceto para a lisina que foi maior.

Palavras-chave: técnica do sacrifício, perdas endógenas, dieta isenta de proteína.

## **Apparent and true ileal digestibility of micronized soybean and soybean meal aminoacids for 28 -day - old piglets**

Abstract – This study was carried out to determine the apparent and true ileal aminoacid digestibility of micronized integral soybean and soybean meal, feeds commonly used in the formulation of pre-initial feeds for piglets, applying the slaughtering technique. Seventy-two 28- day- old crossbred piglets were grouped into three treatments (diet without protein – DWP, soybean meal diet – SM and micronized soybean diet – MS), with 8 repetitions and 3 animals per experimental unit. The soybean meal and micronized soybean diets were formulated to supply 12.9% crude protein (CP), the feed being the only source of protein. Diet without protein was used to determine the endogenous losses of aminoacids. The experimental diets were added 0.5% of chromic oxide as digestibility indicator. The animals were fed following fasting and slaughtered 8 hours after being fed the experimental diets, the ileal digesta being collected for formation of a sample composed of the digesta of 8 animals, with three samples being obtained per treatment. Soybean meal and micronized soybean diet dry matter and protein digestibility values were similar; however, a lower protein and aminoacid content was observed in the micronized soybean diet than in the soybean meal diet and the digestibility coefficient was lower in the micronized soybean diet for all the amino acids, except lysine.

Key words: slaughtering technique, endogenous losses, diet without protein.

## Introdução

Buscando-se aumentar a produtividade das unidades de produção de suínos, tem buscado reduzir a idade de desmame para menos de 20 dias na expectativa de se obter maior número de leitões desmamados/porca/ano. Para isto, torna-se necessário fornecer aos leitões dietas apropriadas a sua idade fisiológica, uma vez que seus sistemas digestivos nestas idades estão aptos a desdobrarem nutrientes contidos no leite materno. Entretanto, existem poucas informações sobre valores de digestibilidade de nutrientes, especialmente de proteína e de aminoácidos, de alimentos a serem usados em dietas de leitões jovens.

A digestibilidade total de aminoácidos tem sido usada como técnica para a determinação do valor nutricional de alimentos; entretanto, nesta técnica não se leva em consideração a ação da microflora do intestino grosso, que pode degradar ou sintetizar aminoácidos. Tem-se constatado diferenças entre os alimentos quanto ao nível de atividade dos microrganismos no intestino grosso sobre os aminoácidos. Nos alimentos com menor digestibilidade ao final do intestino delgado tem-se verificado maior atividade microbiana no intestino grosso, enquanto nos alimentos com maior digestibilidade ao final do intestino delgado tem-se constatado menor atividade microbiana no intestino grosso. Assim sendo, a digestibilidade ileal de aminoácidos pode fornecer melhor estimativa do valor aminoacídico quando comparada com a digestibilidade total.

Uma das técnicas empregadas para determinação de digestibilidade ileal de aminoácidos é a técnica do sacrifício. Todavia, esta técnica tem sido criticada pelo fato de se obter apenas uma informação por animal e pela dificuldade de obtenção de amostras representativas, sendo necessário envolver número maior de animais para cada tratamento. Porém, possui vantagens como: modificação mínima da função intestinal, uma vez que não envolve manipulação do trato digestivo; possibilitar a coleta em vários segmentos do intestino; não apresentar problemas relacionados à textura do alimento; e requerer menor período experimental (Apolônio, 2001).

Com este estudo, objetivou-se determinar a digestibilidade, ileal aparente e verdadeira, de aminoácidos do farelo de soja e da soja integral micronizada em dietas pré-iniciais para leitões de 28 dias de idade.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no setor de suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, nos meses de fevereiro a abril de 2001.

Foram utilizados 72 leitões mestiços (Landrace x Large White), machos e fêmeas, com 28 dias de idade e peso médio de 8,4 kg. Os leitões foram desmamados aos 21 dias de idade, transferidos para creches e alojados em gaiolas suspensas com 1,60 m de comprimento e 1,00 m de largura, dotados de bebedouros tipo chupeta e comedouros semi-automáticos, localizadas em galpão de alvenaria, com piso de concreto, cobertura com telha de barro e forro de madeira rebaixado. Os animais receberam dieta pré-inicial até o início do período experimental, aos 28 dias de idade, quando foram, então, distribuídos em três tratamentos, oito repetições com três animais por unidade experimental, após um jejum de 40 horas receberam alimentação.

A composição aminoacídica da soja micronizada e do farelo de soja encontra-se na Tabela 1; as dietas foram isoprotéicas, com 12,9% de proteína bruta à base de soja micronizada (SM) e farelo de soja (FS), como única fonte de proteína, e uma dieta isenta de proteína (DIP) para determinar a excreção endógena de aminoácidos (Tabela 2).

Água e dietas experimentais foram fornecidas à vontade aos leitões, por um período de cinco dias de adaptação, e o consumo foi determinado por balança, considerando-se o alimento fornecido, os desperdícios e as sobras.

Após este período, os leitões foram submetidos a um jejum alimentar de 40 horas, após o qual receberam as dietas experimentais e em quantidades calculadas com base no tamanho metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$ ).

O sacrifício dos animais foi medido em tempo (estabelecido em ensaios preliminares, sendo determinado oito horas após o consumo), quando aproximadamente metade da dieta experimental ingerida, após o jejum, estivesse contida no estômago e intestino delgado e a outra metade no ceco-cólon.

Os animais foram sacrificados por atordoamento elétrico e posterior sangria na jugular aorta auricular. Imediatamente após o abate, realizou-se uma incisão na linha média ventral para uma laparotomia intestinal. Com auxílio de pinças intestinais, o segmento de íleo foi obstruído, seccionado, lavado com água destilada para retirada de sangue e enxugado com auxílio de papel toalha. O conteúdo desta porção do intestino foi retirado e colocado em recipiente de vidro previamente esterilizado e identificado. As amostras coletadas em oito animais foram reunidas em um único frasco, para

Tabela 1: Composição percentual média de aminoácidos dos alimentos<sup>1</sup>

Table 1: Perceptual composition mean of amino acids of the feeds<sup>1</sup>

Aminoácidos <sup>2</sup> <i>Amino acids</i>	Alimentos feeds	
	Soja micronizada <i>Micronized soybean</i>	Farelo de soja <i>Soybean meal</i>
Matéria seca <sup>2</sup> ( <i>Dry matter</i> )	93,40	91,62
Proteína bruta <sup>2</sup> ( <i>Crude protein</i> )	39,88	45,65
Ácido aspártico ( <i>Aspartic acid</i> )	4,63	5,14
Ácido glutâmico ( <i>Glutamic acid</i> )	7,34	8,16
Alanina ( <i>Alanine</i> )	1,74	1,96
Arginina ( <i>Arginine</i> )	3,08	3,28
Cisteína ( <i>Cysteine</i> )	0,54	0,62
Fenilalanina ( <i>Phenylalanine</i> )	2,07	2,27
Glicina ( <i>Glycine</i> )	1,71	1,97
Histidina ( <i>Hystidine</i> )	1,03	1,16
Isoleucina ( <i>Isoleucine</i> )	1,74	1,98
Leucina ( <i>Leucine</i> )	3,12	3,45
Lisina ( <i>Lysine</i> )	2,38	2,76
Metionina ( <i>Mhetionine</i> )	0,56	0,61
Metionina + Cistina ( <i>Mhetionine + Cystine</i> )	1,10	1,24
Serina ( <i>Seryne</i> )	2,04	2,33
Tirosina ( <i>Thyrosine</i> )	1,53	1,62
Treonina ( <i>Threonine</i> )	1,54	1,79
Valina ( <i>Valine</i> )	1,87	2,07

<sup>1</sup>Valores expressos na matéria natural.

*Values expressed in the natural matter.*

<sup>2</sup>Análises realizadas na Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, França.

*Analyses accomplished in Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, France.*

possibilitar o volume de amostra suficiente para realizar as análises laboratoriais. Imediatamente após a coleta das digestas, as amostras obtidas foram armazenadas a -20° C para posteriores análises.

As amostras de digesta foram descongeladas e, posteriormente, secas em estufa de ventilação forçada a 55° C. As amostras secas foram moídas e acondicionadas em frascos de vidro com tampa, devidamente identificados.

Foram determinados os teores de matéria seca, gordura, proteína bruta e óxido crômico nas dietas e nas amostras de digesta ileal no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, de acordo com técnicas descritas por SILVA (1990).

As análises dos aminoácidos nos alimentos e nas amostras de digesta ileal foram realizadas por cromatografia de troca iônica, no laboratório da Ajinomoto Animal Nutrition, em Paris, França.

Tabela 2: Composição centesimal das rações experimentais<sup>1</sup>Table 2: Centesimal composition of experimental rations<sup>1</sup>

Ingrediente <i>Ingredients</i>	Tratamentos ( <i>Treatments</i> )		
	SM	FS	DIP
Soja micronizada ( <i>Micronized soybean</i> )	33,20	-	-
Farelo soja ( <i>Soybean meal</i> )	-	27,75	-
Açúcar ( <i>Sugar</i> )	5,00	5,00	7,00
Amido ( <i>Starch</i> )	18,48	17,93	25,48
Glicose ( <i>glucose</i> )	10,00	10,00	14,50
Lactose ( <i>Lactose</i> )	25,00	25,00	36,50
Casca de arroz ( <i>peel of rice</i> )	3,00	3,00	5,00
Óleo de soja ( <i>Soybean oil</i> )	1,00	7,00	7,00
Calcário ( <i>Limestone</i> )	0,60	0,55	0,47
Fosfato bicálcico ( <i>Dicalcium phosphate</i> )	2,35	2,43	2,68
Suplemento mineral <sup>2</sup> ( <i>Mineral mix</i> <sup>2</sup> )	0,10	0,10	0,10
Suplemento vitamínico <sup>3</sup> ( <i>Vitamin mix</i> <sup>3</sup> )	0,12	0,12	0,12
Cloreto de colina (60%) ( <i>Choline chloride</i> )	0,10	0,10	0,10
Sal ( <i>Salt</i> )	0,54	0,51	0,54
Óxido crômico ( <i>Chromic oxide</i> )	0,50	0,50	0,50
Antioxidante (BHT) ( <i>BHT antioxidant</i> )	0,01	0,01	0,01
Total	100,00	100,00	100,00
Energia digestível ( <i>Digestive energy</i> ) Kcal/kg	3.717	3.638	3.607
Composição química calculada <sup>4</sup> <i>Calculated chemical composition</i>			
Proteína bruta ( <i>Crude protein</i> ) %	12,90	12,91	0,42
Fibra bruta ( <i>Crude fiber</i> ) %	1,60	2,83	1,98
Gordura ( <i>fat</i> ) %	8,30	7,36	7,01
Cálcio ( <i>Calcium</i> ) %	0,90	0,90	0,90
Fósforo Total ( <i>Total phosphorus</i> ) %	0,62	0,61	0,50
Sódio ( <i>Sodium</i> ) %	0,22	0,22	0,22
Lisina total ( <i>Total lysine</i> ) %	0,76	0,77	-
Met. + Cistina total ( <i>Total methionine + cystine</i> ) %	0,35	0,35	-
Treonina total ( <i>Total threonine</i> ) %	0,50	0,49	-
Triptofano total ( <i>Total thryptophan</i> ) %	0,17	0,18	-

<sup>1</sup> Valores expressos na matéria natural - *Values expressed in the natural matter.*

<sup>2</sup> Conteúdo/kg (*Content/kg*) de ração: Fe - 100 mg; Cu - 10 mg; Co - 1 mg; Mn - 40 mg; Zn - 100 mg; I - 1,5 mg.

<sup>3</sup> Conteúdo/kg (*Content/kg*) vit A - 10.000 UI; D<sub>3</sub> - 1.500 UI; E - 30 UI; K<sub>3</sub> - 2 mg; B<sub>1</sub> - 2 mg; B<sub>2</sub> - 5 mg; B<sub>6</sub> - 3 mg; B<sub>12</sub> - 30 mcg; ácido fólico (*Folic acid*) - 0.8 mg; ácido nicotínico (*Nicotinic acid*) - 30 mg; ácido pantotênico (*Pantotenic acid*) - 12 mg; biotina (*Biotin*) - 0.100 mg; selênio (*Selenic*) - 0.300 mg; cloreto de colina 60%, 500 mg; BHT, 0.100 mg; virginiamicina, 20 mg; carbadox, 40 mg

<sup>4</sup> Composição calculada baseado em Rostagno et al. (2000).  
*Calculated composition based in Rostagno et al. (2000).*

Os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira da matéria seca, proteína e dos aminoácidos foram determinados segundo Rostagno e Featherston (1977).

**1 – Fator de indigestibilidade (FI):**

$$FI = Cr_2O_3 \text{ dieta} / Cr_2O_3 \text{ digesta}$$

**2 – Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CMSD):**

$$MSD(\%) = 100 - (FI_1 \times 100)$$

em que

FI<sub>1</sub> = fator de indigestibilidade da dieta testada.

**3 – Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDapPB):**

$$CDapPB(\%) = \frac{PB \text{ dieta} - (PB E_1 \times FI_1)}{PB \text{ dieta}} \times 100$$

em que

E<sub>1</sub> = digesta da dieta testada.

**4 – Coeficiente de digestibilidade verdadeira da proteína bruta (CDvPB):**

$$CDvPB(\%) = \frac{PB \text{ dieta} - (PB \text{ digesta} \times FI_1 - PBe \times FI_2)}{PB \text{ dieta}} \times 100$$

em que

PBe = proteína bruta endógena excretada na digesta ileal; e

FI<sub>2</sub> = fator de indigestibilidade da dieta isenta de proteína (DIP).

**5 – Coeficiente de digestibilidade aparente de aminoácidos (CDapAA):**

$$CDapAA(\%) = \frac{mg \text{ AA} / g \text{ dieta} - mg \text{ AA} / g E_1 \times FI_1}{mg \text{ AA} / g \text{ dieta}} \times 100$$

## 6 – Coeficiente de digestibilidade verdadeira de aminoácidos (CDvAA):

$$CDvAA(\%) = \frac{\text{mg AA/g dieta} - (\text{mg AA/g E}_1 \times FI_1 - \text{mg AA/g E}_2 \times FI_2)}{\text{mg AA/g dieta}} \times 100$$

### Resultados e Discussão

Os coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDMS) das dietas experimentais e os coeficientes de digestibilidade ileal, aparente (CDapPB) e verdadeira (CDvPB), da proteína bruta da soja integral micronizada e do farelo de soja são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDMS) das dietas experimentais e os coeficientes de digestibilidade ileal, aparente (CDapPB) e verdadeira (CDvPB), da proteína bruta de alimentos utilizados em dietas para leitões<sup>1</sup>

Table 3: Coefficients of digestibility ileal of the dry matter (CDMS) of the experimental diets and the coefficients of digestibility apparent ileal (CDapPB) and true (CDvPB) of the crude protein of feeds used in diets for piglets<sup>1</sup>

Coeficientes <i>Coefficients</i>	Alimentos	
	Soja micronizada <i>Micronized soybean</i>	Farelo de soja <i>Soybean meal</i>
CDMS (%)	71,65	72,43
CDapPB (%)	66,10	65,44
CDvPB (%)	89,79	90,21

<sup>1</sup> Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV.  
*Analyses realized in the Animal Nutrition Laboratory of the Animal Science Department of UFV.*

O CDMS da soja micronizada (71,65%) foi semelhante ao encontrado por Marty et al. (1994) e inferior ao registrado por Pupa (2000) e Apolônio (2001), que equivaleram a 71,70; 80,4 e 90,26%, respectivamente.

O CDvPB da soja micronizada (89,79%) foi superior ao indicado por Pupa (2000) e Apolônio (2001), que corresponderam a 85,8 e 87,01%, respectivamente.

O valor do CDvPB do farelo de soja (90,21%), determinado neste trabalho, foi superior aos apresentados por Rhône Poulenc (1993), Eurolysine (1995) e Nogueira (2001), que correspondem a 84,00; 88,70 e 88,40%, respectivamente. Entretanto, Nogueira (2001), ao utilizar a técnica de anastomose íleo-retal, verificou valor semelhante de CDvPB para o farelo de soja de 91,32%.

Os CDMS e CDapPB do farelo de soja (72,43 e 65,44%) foram inferiores aos encontrados por Nogueira (2001), que corresponderam 78,42 e 72,00%, respectivamente.

### *Digestibilidade ileal aparente*

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos essenciais e não-essenciais dos alimentos analisados encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4: Coeficiente de digestibilidade ileal aparente de aminoácidos dos alimentos utilizados em dietas para leitões<sup>1</sup>

Table 4: Coefficient of digestibility apparent ileal of amino acids of the feeds used in diets for piglet

Aminoácidos <sup>2</sup> <i>Amino acids</i>	Alimentos Feeds	
	Soja micronizada <i>Micronized soybean</i>	Farelo de soja <i>Soybean meal</i>
Arginina ( <i>Arginine</i> )	91,47	91,80
Fenilalanina ( <i>Phenylalanine</i> )	78,03	83,40
Histidina ( <i>Hystidine</i> )	88,50	90,26
Isoleucina ( <i>Isoleucine</i> )	77,14	82,88
Leucina ( <i>Leucine</i> )	77,82	82,70
Lisina ( <i>Lysine</i> )	91,48	90,63
Metionina ( <i>Methionine</i> )	76,98	78,48
Metionina + Cistina ( <i>Metionine + Cystine</i> )	65,75	75,80
Treonina ( <i>Threonine</i> )	62,47	71,01
Valina ( <i>Valine</i> )	69,54	77,99
Ácido aspártico ( <i>Aspartic acid</i> )	80,90	84,00
Ácido glutâmico ( <i>Glutamic acid</i> )	86,46	88,13
Alanina ( <i>Alanine</i> )	65,13	72,30
Cisteína ( <i>Cysteine</i> )	53,88	65,98
Glicina ( <i>Glycine</i> )	69,32	74,64
Serina ( <i>Serine</i> )	76,90	82,07
Tirosina ( <i>Tyrosine</i> )	80,76	85,25

<sup>1</sup> Valores expressos em porcentagem.

*Values expressed in percentage.*

<sup>2</sup> Análises realizadas na Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, França.

*Analyses accomplished in Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, France.*

A maior variação no coeficiente de digestibilidade dos aminoácidos essenciais entre os alimentos ocorreu para a metionina + cistina (65,75% na soja micronizada e 75,80% no farelo de soja) e a menor para a arginina (91,47% na soja micronizada e 91,80 no farelo de soja). Dentre os aminoácidos essenciais, a treonina foi o que apresentou menor coeficiente de digestibilidade nos alimentos testados. Fato esse devido, segundo Sauer e Ozimek (1986) e Fan et al. (1995), a treonina estar presente em elevada concentração na secreção endógena e pela sua baixa velocidade de absorção.

A soja micronizada apresentou menores coeficientes de digestibilidade, em relação ao farelo de soja, em todos aminoácidos, com exceção do verificado para lisina.

Considerando os valores do coeficiente de digestibilidade dos aminoácidos obtidos nos estudos, pode-se inferir que a qualidade da proteína do farelo de soja é superior àquela da soja micronizada, exceto quando se considera em relação à lisina.

Para ambos os alimentos testados, os aminoácidos lisina e arginina apresentaram maiores coeficientes de digestibilidade ileal aparente, enquanto a treonina apresentou o menor coeficiente. Esses valores estão consistentes com os obtidos por Marty et al. (1994), Nogueira (2000) e Apolônio (2001).

### ***Digestibilidade ileal verdadeira***

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos (CdvAA) essenciais e não-essenciais dos alimentos analisados encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5: Coeficiente de digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos dos alimentos utilizados em dietas para leitões<sup>1</sup>

Table 5: Coefficient of digestibility true ileal of amino acids of the feeds used in diets for piglets

Aminoácidos <sup>2</sup> <i>Amino acids</i>	Alimentos feeds	
	Soja micronizada <i>Micronized soybean</i>	Farelo de soja <i>Soybean meal</i>
Arginina ( <i>Arginine</i> )	97,34	98,39
Fenilalanina ( <i>Phenylalanine</i> )	89,67	92,26
Histidina ( <i>Hystidine</i> )	94,50	96,63
Isoleucina ( <i>Isoleucine</i> )	89,70	91,74
Leucina ( <i>Leucine</i> )	89,64	93,30
Lisina ( <i>Lysine</i> )	96,57	95,02
Metionina ( <i>Methionine</i> )	90,88	93,78
Metionina + Cistina ( <i>Metionine + Cystine</i> )	88,28	89,83
Treonina ( <i>Threonine</i> )	94,87	91,26
Valina ( <i>Valine</i> )	85,80	92,54
Ácido aspártico ( <i>Aspartic acid</i> )	91,70	91,84
Ácido glutâmico ( <i>Glutamic acid</i> )	95,22	95,54
Alanina ( <i>Alanine</i> )	85,63	88,84
Cisteína ( <i>Cysteine</i> )	85,49	89,96
Glicina ( <i>Glycine</i> )	90,57	86,87
Serina ( <i>Serine</i> )	95,00	92,26
Tirosina ( <i>Tyrosine</i> )	93,11	97,34

<sup>1</sup> Valores expressos em porcentagem.

*Values expressed in percentage.*

<sup>2</sup> Análises realizadas na Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, França.

*Analyses accomplished in Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, France.*

Na determinação dos coeficientes da digestibilidade verdadeira utilizaram-se os valores da excreção endógena dos aminoácidos obtidos com animais que receberam a dieta isenta de proteína (Tabela 6).

Tabela 6: Valores médios de aminoácidos endógenos ileal, determinados na dieta isenta de proteína (DIP)

Table 6: Medium values of amino acids endogenous ileal certain in the exempt diet of protein (DIP)

Aminoácidos <sup>1</sup> <i>Amino acids</i>	mg/kg DIP consumida <i>mg/kg consumed DIP</i>
Arginina ( <i>Argynine</i> )	245
Fenilalanina ( <i>Phenyalanine</i> )	327
Histidina ( <i>Hystidine</i> )	84
Isoleucina ( <i>Isoleucine</i> )	297
Leucina ( <i>Leucine</i> )	500
Lisina ( <i>Lysine</i> )	165
Metionina ( <i>Methionine</i> )	107
Metionina + Cistina ( <i>Metionine + Cystine</i> )	338
Treonina ( <i>Threonine</i> )	678
Valina ( <i>Valine</i> )	413
Ácido aspártico ( <i>Aspartic acid</i> )	678
Ácido glutâmico ( <i>Glutamic acid</i> )	872
Alanina ( <i>Alanine</i> )	484
Cisteína ( <i>Cysteine</i> )	232
Glicina ( <i>Glycine</i> )	494
Serina ( <i>Serine</i> )	502
Tirosina ( <i>Tyrosine</i> )	256

<sup>1</sup> Análises realizadas na Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, França.  
*Analyses accomplished in Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, France.*

A maior variação no coeficiente de digestibilidade dos aminoácidos essenciais entre os alimentos ocorreu para a valina (85,80% na soja micronizada e 92,54% no farelo de soja) e a menor para a arginina (97,34% na soja micronizada e 98,39 no farelo de soja).

Na soja micronizada, os aminoácidos essenciais valina e metionina + cistina, foram os que apresentaram os menores coeficientes de digestibilidade, enquanto a lisina e arginina exibiram os maiores coeficientes de digestibilidade. Entretanto, os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos essenciais arginina (97,34%), histidina (94,50%), lisina (96,57%) e treonina (94,87%) foram superiores aos registrados por Apolônio (2001), que corresponderam a 93,59; 90,03; 93,45 e 86,68%, respectivamente.

Valores superiores aos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos fenilalanina (89,67%), isoleucina (89,70%), leucina (89,64%), metionina (90,88%) e valina (85,80%), na soja micronizada, foram obtidos por Apolônio (2001), com animais na mesma fase, correspondendo a 91,57; 91,48; 90,81; 93,80 e 90,20%, respectivamente.

O CDvAA médio para o farelo de soja foi de 92,79%, variando de 86,87% (glicina) a 98,39% (arginina).

Os maiores CDvAA essenciais para o farelo de soja, neste trabalho, foram a arginina (98,39%) e da histidina (96,63%), o que está de acordo com Serrano (1989) e Nogueira (2000), e os menores CDvAA foram determinados para a glicina (86,87%) e alanina (88,84%). Nogueira (2000) observou maiores CDvAA para a arginina (96,21%) e histidina (95,17%), sendo os menos digestíveis a treonina (87,31%) e valina (89,5%); os quais obtiveram a mesma relação de resultados neste trabalho.

Os CDvAA essenciais determinados para o farelo de soja foram inferiores aos registrados por Bellaver et al. (1998), e superiores aos apresentados por Nogueira (2000), porém, os CDvAA da fenilalanina (92,26%) e da metionina (93,78%) foram semelhantes aos registrados pelo mesmo autor e por Eurolysine (1995), que corresponderam a 92,30 e 94,20% e 91,80 e 93,30%, respectivamente. O CDvAA da lisina (95,02%) foi superior aos apresentados por Rhône Poulenc (1993), Eurolysine (1995) e Nogueira (2000), que corresponderam a 88,00; 90,90 e 94,17%, respectivamente, porém inferior ao coeficiente de digestibilidade determinado por Bellaver et al. (1998), que foi 97,05% para este aminoácido no farelo de soja.

Segundo Sauer e Ozimek (1986), Donkoh et al. (1994), Nyachoti et al. (1997) e Mosenthin et al. (2000), citados por Apolônio (2001), as diferentes metodologias utilizadas em conjunto com as variações entre amostras de mesmo alimento e a dificuldade de obtenção de amostras representativas, principalmente, na técnica do sacrifício, resultam em uma ampla variação nos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos mencionados na literatura.

Os valores dos aminoácidos digestíveis dos alimentos analisados são apresentados na Tabela 7.

### **Conclusão**

O farelo de soja apresenta 91,80; 83,40; 90,26; 82,88; 82,70; 90,63; 78,48; 75,80; 71,01; 77,99; 84,00; 88,13; 72,30; 65,98; 74,64; 82,07 e 85,25% de coeficiente de digestibilidade aparente para arginina, fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, metionina + cistina, treonina, valina, ácido aspártico, ácido glutâmico, alanina, cisteína, glicina, serina e tirosina, respectivamente; enquanto a soja micronizada apresenta 91,47; 78,03; 88,50; 77,14; 77,82; 91,48; 76,98; 65,75; 62,47; 69,54; 80,90; 86,46; 65,13; 53,88; 69,32; 76,90; 80,76 de coeficiente de digestibilidade aparente para a mesma seqüência de aminoácidos supramencionada.

Tabela 7: Valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros dos alimentos (%)<sup>1</sup>

Table 7: Values of amino acids true digestible of the feeds (%)

Aminoácidos <i>Amino acids</i>	Soja micronizada <i>Micronized soybean</i>	Farelo de soja <i>Soybean meal</i>
Arginina ( <i>Argynine</i> )	3,003	3,229
Fenilalanina ( <i>Phenylalanine</i> )	1,858	2,101
Histidina ( <i>Hystidine</i> )	0,973	1,121
Isoleucina ( <i>Isoleucine</i> )	1,565	1,821
Leucina ( <i>Leucine</i> )	2,795	3,226
Lisina ( <i>Lysine</i> )	2,305	2,629
Metionina ( <i>Methionine</i> )	0,513	0,576
Metionina + Cistina ( <i>Metionine + Cystine</i> )	0,976	1,239
Treonina ( <i>Threonine</i> )	1,464	1,635
Valina ( <i>Valine</i> )	1,605	1,918
Ácido aspártico ( <i>Aspartic acid</i> )	4,245	4,720
Ácido glutâmico ( <i>Glutamic acid</i> )	6,993	7,802
Alanina ( <i>Alanine</i> )	1,492	1,743
Cisteína ( <i>Cysteine</i> )	0,462	0,564
Glicina ( <i>Glycine</i> )	1,551	1,714
Serina ( <i>Serine</i> )	1,942	2,151
Tirosina ( <i>Tyrosine</i> )	1,423	1,582

<sup>1</sup> Valores expressos na matéria natural.  
*Values expressed in the natural matter.*

## Acidificantes em dietas para leitões de 21 a 49 dias de idade

Resumo – Foram utilizados 224 leitões, machos e fêmeas recém-desmamados, com peso médio de 6,50 kg e mantidos em creche de 21 a 49 dias de idade, para avaliar desempenho, incidência de diarreia, pH e análise microbiológica da digesta. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com sete tratamentos e oito repetições, com quatro animais por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos por dietas complexas suplementadas com: T2: ácido fumárico, T3: *blend* de acidificantes I (ácidos fumárico, cítrico, fosfórico e fórmico), T4: *blend* de acidificantes II (ácidos ortofosfórico, fumárico e cítrico), T5: *blend* de acidificantes III (ácidos fórmico, acético, propiônico e cítrico), T6: *blend* de acidificantes III + *blend* à base de ácido láctico + 50% de lactose, T7: *blend* de acidificantes III + *blend* à base de ácido láctico sem lactose e T1: sem acidificantes (controle). Para análise I foram considerados os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5. Na análise II foram considerados os tratamentos T1, T2, T5, T6 e T7. Na primeira análise verificou-se que, no período de 35 a 42 dias, os leitões alimentados com dieta contendo *blend* de acidificantes III apresentaram menor consumo de ração médio diário (CRMD) e ganho de peso médio diário (GPMD) que os demais. Entretanto, na quarta semana observou-se menor CRMD para os leitões que receberam dieta suplementada com *blend* de acidificantes III. Melhor coeficiente de conversão alimentar foi obtido no grupo de leitões que receberam dieta suplementada apenas com ácido fumárico, no período de 36 a 49 dias. O tratamento com ácido fumárico apresentou melhor valor de conversão alimentar em relação à dieta-controle de 36 a 49 dias. Os escores de diarreia e os valores de pH do bolo alimentar no estômago e da digesta no duodeno não foram influenciados pelos tratamentos. A suplementação de ácidos não influenciou as contagens bacterianas totais de estômago e íleo dos leitões abatidos aos 28 e 35 dias de idade. Os *blends* de acidificantes não foram melhores do que o ácido fumárico, embora também tenham reduzido o pH do bolo alimentar na região pilórica do estômago. Na segunda análise, os resultados demonstraram que, no período de 21 a 49 dias, os animais alimentados com dieta suplementada com ácido fumárico apresentaram maior ganho de peso médio diário quando comparados com os tratamentos T5, T6 e T7. Contudo, na terceira semana, 36 a 42 dias, os animais do tratamento-controle apresentaram maior consumo de ração médio diário (CRMD) que os demais. Entretanto, no período de 21 a 49 dias os tratamentos-controle e com ácido fumárico apresentaram maior CRMD. A conversão alimentar foi influenciada na terceira semana do experimento (36 a 42 dias), quando o tratamento contendo ácido fumárico foi melhor que o controle. Os escores de diarreia e os valores de pH do bolo alimentar no estômago e da digesta no duodeno não foram influenciados pelos tratamentos. Observou-se redução do pH na região pilórica do estômago quando os animais foram alimentados com dietas contendo acidificante.

Palavras-chave: acidificante, desempenho, pH intestinal, microbiologia.

## Acidifiers in diets for 21- to 49-day- old piglets

Abstract – A total of 224 newly-weaned male and female piglets, with an average weight of 6.50 kg and kept in a nursery from 21 to 49 days of age, were studied to evaluate performance, diarrhea incidence, pH and digesta microbiological analysis. The experiment was arranged in a randomized block design, with 7 treatments, 8 repetitions, and 4 animals per experimental unit. The treatments consisted of complex diets supplemented with: T2: fumaric acid, T3: *blend* of acidifiers I (fumaric, citric, phosphoric and formic acids), T4: *blend* of acidifiers II (orthophosphoric, fumaric and citric acids), T5: *blend* of acidifiers III (formic, acetic, propionic and citric acids), T6: *blend* of acidifiers III + lactic acid- based *blend* + 50% lactose, T7: *blend* of acidifiers III + *blend* based on lactic acid without lactose and T1: without acidifiers (control). Treatments T1, T2, T3, T4 and T5 were considered for analysis I and treatments T1, T2, T5, T6 and T7 for analysis II. In the first analysis, it was verified that from d 35 to d 42, the piglets fed the diet containing the acidifier III blend showed a lower average daily feed intake (ADFI) and average daily weight gain (ADWG) than the others. However, lower ADFI was observed on the 4th week for piglets fed diet supplemented with acidifier III blend. A greater feed conversion coefficient was obtained in the piglet group fed diet supplemented only with fumaric acid from d 36 to d 49. The fumaric acid treatment presented a higher feed conversion value than the 36- to 49 -day control diet. The diarrhea scores and pH values of the digest in the stomach and digesta in the duodenum were not influenced by the treatments. Acid supplementation did not influence the total bacterial countings in the stomach and ileum of the animals slaughtered at 28 and 35 days of age. The acidifier *blends* did not perform better than the fumaric acid, despite having also reduced the digest, and the stomach pyloric region pH. The second analysis results showed that from d 21 to d 49, the animals fed diet supplemented with fumaric acid had a greater daily average weight gain than those in treatments T5, T6 and T7. However, during the third week, d 36 to d 42, the control animals had a higher intake of average daily feed intake (ADFI) than the others. However, during the 21 to 49 day period, the control and fumaric acid treatments presented a higher ADFI. Feed conversion was influenced on the third week of the experiment (36 to 42 days), when the fumaric acid treatment was better than the control treatment. The diarrhea scores and the pH values of the digest in the stomach and digesta in the duodenum were not influenced by the treatments. Reduced pH was observed in the pyloric region in the stomach when the animals were fed acidifier-containing diets.

Key words: acidifier, performance, intestinal pH, microbiology.

## Introdução

Para maximizar o potencial genético dos suínos, maior atenção deve ser direcionada para a nutrição dos leitões, ainda quando feto e durante o aleitamento, uma vez que o peso ao nascimento e a desmama terão maiores impactos na redução do número de dias para o abate. Entretanto, a mudança abrupta da alimentação láctea para ração sólida, quando leitões são desmamados entre duas e três semanas de idade, está associada a um período de não-alimentação e como resultado, a parada no crescimento tem impacto negativo no desempenho subsequente.

Além do atendimento da exigência de nutrientes e desenvolvimento fisiológico dos leitões, obtido por meio da combinação adequada das fontes de proteína, energia, gordura, minerais e vitaminas, algumas substâncias, entre elas os ácidos orgânicos, também são adicionadas às rações com o objetivo de favorecer o desenvolvimento animal.

Os efeitos positivos da adição de ácidos orgânicos ou de seus sais sobre o desempenho dos leitões têm sido demonstrados em vários trabalhos (Kirchgeßner e Roch, 1982a, 1988, 1991; Gabert e Sauer, 1994; Roth e Kirchgeßner, 1998, citados por Roth, 2000). O efeito promotor de crescimento dos ácidos orgânicos é particularmente evidente nas primeiras semanas que seguem o desmame. O período de 7 a 14 dias pós-desmama é considerado crítico e se caracteriza por baixo consumo de ração, baixa digestibilidade e um estado geral de deficiência energética, o que pode ser resultado de um desenvolvimento incompleto do aparelho digestivo. De acordo com Easter (1993), as funções digestivas dos leitões desmamados precocemente são inadequadas, devido à insuficiente produção de ácido clorídrico (HCl) e enzimas digestivas. A baixa secreção de HCl pode também ser a causa da proliferação de bactérias intestinais que refletem negativamente no desenvolvimento do leitão. Por outro lado, Cera et al. (1988) relataram que o baixo consumo de ração associado à mudança no tipo da dieta pode contribuir para uma redução brusca no tamanho das vilosidades; esse encurtamento predispõe o leitão à má absorção, possível desidratação, diarreias e infecções entéricas. O uso de antibióticos na ração animal está em debate científico, pela seleção em potencial que causam, por promover o aparecimento de estirpes resistentes de bactérias patogênicas; o que provocou a mobilização de autoridades políticas e sanitárias em muitos países. Como consequência, há um interesse crescente no desenvolvimento de aditivos “biológicos” como os prebióticos, probióticos e acidificantes à base de ácidos

orgânicos, que podem ser utilizados de forma isolada ou combinada, de acordo com a necessidade.

Os objetivos da acidificação da dieta estão em reduzir o pH e a capacidade tamponante da ração de forma a elevar a proteólise gástrica e reduzir o crescimento bacteriano intestinal e seus metabolitos, no sentido de potencializar o crescimento dos animais.

Nesse sentido, objetivou-se avaliar o desempenho e a incidência de diarreia, o pH da digesta e a microbiologia do trato gastrointestinal de leitões alimentados com rações contendo diferentes misturas de ácidos orgânicos como promotores de crescimento.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido no setor de suinocultura, do Departamento de Zootecnia (DZO), do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Viçosa-MG, no período de março a junho de 2002.

Foram utilizados 224 leitões, machos e fêmeas desmamados aos 21 dias, que foram alojados em creche de alvenaria, com piso de concreto, forro de madeira rebaixado, janelas de vidro tipo basculante, dotadas de gaiolas metálicas e suspensas, medindo 1,60 x 1,0 x 0,56 m, com piso em plástico expandido e com as laterais de tela metálica, dotadas de comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta.

Os leitões foram distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, constituído de sete tratamentos e oito repetições e quatro animais por unidade experimental. Foi adotado como critério, na formação dos blocos, peso e parentesco dos leitões.

Os tratamentos utilizados foram:

T1: dieta complexa sem acidificante (controle);

T2: dieta complexa + ácido fumárico - AF;

T3: dieta complexa + *blend* de acidificantes I (ácidos fumárico, cítrico, fosfórico e fórmico) – BL I;

T4: dieta complexa + *blend* de acidificantes II (ortofosfórico, fumárico e cítrico) – BL II;

T5: dieta complexa + *blend* de acidificantes III (ácidos fórmico, acético, propiônico e cítrico) – BL III;

T6: dieta complexa + BL III + *blend* a base de ácido lático (BLA) + 50% de lactose (BL III + BLA I); e

T7: dieta complexa + BL III + BLA sem lactose (BL +BLA II).

Para análise I foram considerados os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 e para análise II foram considerados os tratamentos T1, T2, T5, T6 e T7.

As dietas experimentais, pré-inicial I (21 a 35 dias) e pré-inicial II (36 a 49 dias), foram formuladas para atender as exigências nutricionais dos leitões nesta fase, calculadas conforme recomendações de Rostagno et al. (2000) e os níveis de lactose com base nos estudos de Pupa (2000); e estão apresentadas nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, padronizadas para cada análise.

O pH das dietas foi mensurado em água, água destilada e álcool etílico absoluto, com o objetivo de verificar o melhor meio de equilíbrio para a ionização dos ácidos. Portanto, 9 g da amostra de ração foram adicionadas em um béquer e seu volume completado para 50 ml da solução em uso. As medidas de pH foram tomadas, após homogeneização da solução, por meio de um medidor portátil de pH, a cada 30 minutos, e por 180 minutos, até que se estabilizasse o potencial hidrogeniônico da solução.

As análises de proteína bruta, de extrato etéreo, de cálcio e de fósforo e pH das dietas e pH da digesta no estômago e intestino delgado (duodeno) foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, segundo metodologia descrita por Silva (1990).

Durante o período experimental, a ventilação e a temperatura do ambiente foram controladas por abertura e fechamento das básculas existentes e também por lâmpadas de aquecimento posicionadas sobre as baias dos leitões.

As sobras da ração, caídas debaixo dos comedouros, foram coletadas diariamente, e descontadas para determinação do consumo. Água e ração foram fornecidas à vontade.

As variáveis avaliadas semanalmente foram: peso, ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD), conversão alimentar (CA) e índice de diarreia dos leitões. Os animais foram pesados semanalmente e o controle da ração foi feito diariamente. Os dados de CRMD foram obtidos pelo consumo médio dos leitões de cada unidade experimental dividido pelo número de dias do intervalo; enquanto o GPMD foi obtido individualmente pela diferença de peso entre os períodos e dividindo-se pelo número de dias do intervalo; e a conversão alimentar, foi obtida

Tabela 1 – Composição centesimal das rações experimentais da fase pré-inicial I (21 a 35 dias de idade)

Table 1: Centesimal composition of experimental rations of pre-initial I (21 at 35 days of age)

Ingredientes ( <i>Ingredients</i> )	Tratamentos ( <i>Treatments</i> )				
	Controle	AF	BL I	BL II	BL III
Milho Grão ( <i>Grain Corn</i> )	32,55	30,88	31,92	32,13	31,91
Farelo de Soja ( <i>Soybean meal</i> )	22,10	22,43	22,23	22,18	22,23
Milho Pré-cozido ( <i>Pré-gelatinized corn</i> )	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Soro de Leite em Pó ( <i>Milk whey powered</i> )	13,90	13,90	13,90	13,90	13,90
Soja Micronizada ( <i>Micronized soybean</i> )	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Plasma Sangüíneo	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Açúcar ( <i>Sugar</i> )	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Amido ( <i>Starch</i> )	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Óleo Soja ( <i>Soybean oil</i> )	0,75	0,59	0,96	0,89	0,85
Fosfato Bicálcico ( <i>Dicalcium phosphate</i> )	1,42	1,43	1,42	1,42	1,43
Calcário ( <i>Limestone</i> )	0,78	0,78	0,78	0,78	-
Óxido Zn ( <i>Zinc oxide</i> )	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Sal comum ( <i>Salt</i> )	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
L-Lisina HCl ( <i>L-Lysine HCl</i> )	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
L-Treonina ( <i>L-Threonine</i> )	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
DL-Metionina ( <i>DL-Methionine</i> )	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
L- Triptofano ( <i>L- thryptophan</i> )	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Min-Suíno <sup>1</sup> ( <i>Mineral mix<sup>1</sup></i> )	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vitamina-Suíno <sup>2</sup> ( <i>Vitamin mix<sup>2</sup></i> )	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cloreto colina 60% ( <i>Choline chlorine</i> )	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Antioxidante BHT ( <i>BHT antioxidant</i> )	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ácido Fumárico ( <i>fumaric acid</i> )	-	1,50	-	-	-
Blend de acidificantes I ( <i>Blend Acidifier I</i> )	-	-	0,30	-	-
Blend de acidificantes II ( <i>Blend (Acidifier II)</i> )	-	-	-	0,20	-
Blend de acidificantes III ( <i>Blend Acidifier III</i> )	-	-	-	-	1,20
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1</sup> Conteúdo/kg de ração (*Content/kg of diet*): vit. A - 10.000 UI; vit. D<sub>3</sub> - 1.500 UI; vit. E -30 UI; vit. K<sub>3</sub> - 2 mg; vit. B<sub>1</sub> - 2 mg; vit. B<sub>2</sub> - 5 mg; vit. B<sub>6</sub> - 3 mg; vit. B<sub>12</sub> - 30 mcg; ácido fólico (*folic acid*) - 0.8 mg; ácido nicotínico (*nicotinic acid*) - 30 mg; ácido pantotênico (*pantothenic acid*) - 12 mg; biotina (*biotin*) - 0.100 mg; Se - 0.300 mg.; cloreto de colina 60% (*Choline chlorine*), 500 mg; BHT, 0.100 mg; virginiamicina, 20 mg; carbadox, 40 mg

<sup>2</sup> Conteúdo/kg de ração (*Content/kg of diet*): Fe - 100 mg; Cu - 10 mg; Co - 1 mg; Mn - 40 mg; Zn - 100 mg; I - 1,5 mg.

dividindo-se os valores de CRMD pelos de GPMD. Diariamente, os animais foram observados para a avaliação da consistência das fezes, utilizando o escore: 1) fezes duras e firmes; 2) fezes de consistência normal; 3) fezes pastosas, não-diarréicas; 4) fezes aquosas, características de quadro diarréico.

Os dados de desempenho foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa SAEG, desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV, 1999), e as médias comparadas pelo teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade, enquanto os dados de contagem total da população microbiana contida na digesta de estômago e íleo ( $\log_{10}$  UFC/mL e  $\log_{10}$  UFC/g) foram submetidos à análise não-paramétrica e comparados pelo teste de Kruskal-Wallis.

Tabela 2: Composição centesimal das rações experimentais da fase pré-inicial II (36 a 49 dias de idade)

Table 2: Centesimal composition of experimental rations of pre-initial II (36 at 49 days of age)

Ingredientes ( <i>Ingredients</i> )	Tratamentos ( <i>Treatments</i> )				
	Controle	AF	BL I	BL II	BL III
Milho Grão ( <i>Grain Corn</i> )	46,61	44,95	45,98	46,19	45,97
Farelo de Soja ( <i>Soybean meal</i> )	29,16	29,49	29,28	29,24	29,29
Milho Pré-cozido ( <i>Pré-gelatinized corn</i> )	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Soro de Leite em Pó ( <i>Milk whey powered</i> )	5,55	5,55	5,55	5,55	5,55
Soja Micronizada ( <i>Micronized soybean</i> )	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Plasma Sangüíneo	-	-	-	-	-
Açúcar ( <i>Sugar</i> )	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Amido ( <i>Starch</i> )	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Óleo Soja ( <i>Soybean oil</i> )	1,59	1,44	1,80	1,73	1,69
Fosfato Bicálcico ( <i>Dicalcium phosphate</i> )	1,58	1,59	1,59	1,59	1,59
Calcário ( <i>Limestone</i> )	0,78	0,78	0,78	0,78	-
Óxido Zn ( <i>Zinc oxide</i> )	-	-	-	-	-
Sal comum ( <i>Salt</i> )	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
L-Lisina HCl ( <i>L-Lysine HCl</i> )	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
L-Treonina ( <i>L-Threonine</i> )	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
DL-Metionina ( <i>DL-Methionine</i> )	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
L- Triptofano ( <i>L- thryptophan</i> )	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Min-Suino <sup>1</sup> ( <i>Mineral mix<sup>1</sup></i> )	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vitamina-Suino <sup>2</sup> ( <i>Vitamin mix<sup>2</sup></i> )	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cloreto colina 60% ( <i>Choline chlorine</i> )	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Antioxidante BHT ( <i>BHT antioxidant</i> )	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ácido Fumárico ( <i>fumaric acid</i> )	-	1,50	-	-	-
Blend de acidificantes I ( <i>Blend Acidifier I</i> )	-	-	0,30	-	-
Blend de acidificantes II ( <i>Blend Acidifier II</i> )	-	-	-	0,20	-
Blend de acidificantes III ( <i>Blend Acidifier III</i> )	-	-	-	-	1,20
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1</sup> Conteúdo/kg (*Content/kg*) vit A - 10.000 UI; D<sub>3</sub> - 1.500 UI; E -30 UI; K<sub>3</sub> - 2 mg; B<sub>1</sub> - 2 mg; B<sub>2</sub> - 5 mg; B<sub>6</sub> - 3 mg; B<sub>12</sub> - 30 mcg; ácido fólico (*Folic acid*) - 0.8 mg; ácido nicotínico (*Nicotinic acid*) - 30 mg; ácido pantotênico (*Pantotenic acid*) - 12 mg; biotina (*Biotin*) - 0.100 mg; selênio (*Selenic*) - 0.300 mg; cloreto de colina 60%, 500 mg; BHT, 0.100 mg; virginiamicina, 20 mg; carbadox, 40 mg

<sup>2</sup> Conteúdo/kg (*Content/kg*) de ração: Fe - 100 mg; Cu - 10 mg; Co - 1 mg; Mn - 40 mg; Zn - 100 mg; I - 1,5 mg.

O peso inicial dos leitões aos 21 dias de idade foi usado como co-variável nas análises de variância para as variáveis de desempenho avaliadas.

No 28<sup>o</sup> e 35<sup>o</sup> dias de idade dos leitões, quatro animais por tratamento foram abatidos para leitura de pH do conteúdo de estômago e intestino (duodeno), para a coleta de digesta para análises microbiológica, conforme metodologia descrita por Corassa (2004).

Tabela 3 – Composição química calculada das dietas controle pré-inicial I (21 a 35 dias de idade) e pré-inicial II (36 a 49 dias de idade)

Table 3 – Calculated chemical composition of control diets of pre-initial I (21 at 35 days of age) and pre-initial II (36 at 49 days of age) of the one experiment

Nutrientes <i>Nutrients</i>	Dietas ( <i>diets</i> )	
	Pré-Inicial I <i>Pre-initial I</i>	Pré-Inicial II <i>Pre-initial II</i>
Energia Dig. ( <i>Digestive energy</i> ) Kcal/kg	3,500	3,500
Gordura ( <i>Fat</i> ) %	3,70	4,80
Proteína Bruta ( <i>Crude protein</i> ) %	21,00	21,00
Lisina Digestível ( <i>Digestible lysine</i> ) %	1,24	1,24
Met + Cist Dig. ( <i>Digestible methionine + cystine</i> ) %	0,75	0,72
Metionina Dig. ( <i>Digestible methionine</i> ) %	0,37	0,41
Treonina Dig. ( <i>Digestible threonine</i> ) %	0,80	0,80
Triptofano Dig. ( <i>Digestible thryptophan</i> ) %	0,22	0,22
Cálcio ( <i>Calcium</i> ) %	0,85	0,85
Fósf. Disponível ( <i>Available phosphorus</i> ) %	0,46	0,44
Sódio ( <i>Sodium</i> ) %	0,32	0,28
Lactose ( <i>Lactose</i> ) %	10,00	4,00

## Resultados e Discussão

### *Análise I*

Os resultados de pH das dietas experimentais encontram-se na Tabela 8.

Os valores numéricos de pH, apresentados na Tabela 8, demonstraram maior acidificação da dieta suplementada com ácido fumárico em relação ao controle e aos demais tratamentos estudados. Esse resultado pode estar em função do ácido fumárico possuir menor *B-value* (Anexo) e assim reduzir a capacidade tamponante da ração.

Os meios utilizados para mensuração do pH das dietas parecem não ter influenciado na quantificação dos resultados apresentados, exceto para o tratamento suplementado com BL III da ração pré-inicial I e para os tratamentos suplementados com BL I, BL II e BL III da ração pré-inicial II quando se utilizou o álcool etílico como meio de tomada de pH.

Os dados de peso médio inicial (PMI), peso médio final (PMF), ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD) e conversão alimentar (CA) dos leitões nos períodos de 21 a 28, 29 a 35, 36 a 42, 43 a 49, 21 a 35, 36 a 49 e 21 a 49 dias de idade, estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 4 – Composição centesimal das rações experimentais da fase pré-inicial I (21 a 35 dias de idade)

Table 4: Centesimal composition of experimental rations of pre-initial I (21 at 35 days of age)

Ingredientes <i>Ingredients</i>	Tratamentos ( <i>Treatments</i> )				
	Controle	AF	BL III	BL III + BLA I	BL III + BLA II
Milho Grão ( <i>Grain Corn</i> )	32,55	30,88	31,91	33,56	39,24
Soja Farelo ( <i>Soybean meal</i> )	22,10	22,43	22,23	23,73	24,49
Milho Pré-cozido ( <i>Pré-gelatinized corn</i> )	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Leite Soro Pó ( <i>Milk whey powered</i> )	13,90	13,90	13,90	6,94	-
Soja Micronizada ( <i>Micronized soybean</i> )	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Plasma Sangüíneo	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Açúcar ( <i>Sugar</i> )	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Amido ( <i>Starch</i> )	0,04	0,04	0,04	1,70	0,04
Óleo Soja ( <i>Soybean oil</i> )	0,75	0,59	0,85	1,61	2,41
Fosfato Bicálcico ( <i>Dicalcium phosphate</i> )	1,42	1,43	1,43	2,00	1,97
Calcário ( <i>Limestone</i> )	0,78	0,78	-	-	-
Óxido Zn ( <i>Zinc oxide</i> )	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Sal comum ( <i>Salt</i> )	0,19	0,19	0,19	0,34	0,48
L-Lisina HCl ( <i>L-Lysine HCl</i> )	0,37	0,37	0,37	0,39	0,44
L-Treonina ( <i>L-Threonine</i> )	0,18	0,18	0,18	0,19	0,21
DL-Metionina ( <i>DL-Methionine</i> )	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
L- Triptofano ( <i>L- thryptophan</i> )	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Min-Suino <sup>1</sup> ( <i>Mineral mix<sup>1</sup></i> )	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vitini-Suino <sup>2</sup> ( <i>Vitamin mix<sup>2</sup></i> )	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cloreto colina 60% ( <i>Choline chlorine</i> )	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Antioxidante BHT ( <i>BHT antioxidant</i> )	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ácido Fumárico ( <i>Fumaric acid</i> )	-	1,50	-	-	-
Blend de acidificantes III ( <i>Blend Acidifier III</i> )	-	-	1,20	0,80	1,00
Blend a base de ácido láctico (BLA) ( <i>Blend the base of acid lactic (BLA)</i> )	-	-	-	1,00	2,00
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

<sup>1</sup> Conteúdo/kg de ração (*Content/kg of diet*): vit. A - 10.000 UI; vit. D<sub>3</sub> - 1.500 UI; vit. E -30 UI; vit K<sub>3</sub>, - 2 mg; vit. B<sub>1</sub> - 2 mg; vit. B<sub>2</sub> - 5 mg; vit. B<sub>6</sub> - 3 mg; vit. B<sub>12</sub> - 30 mcg; ácido fólico (*folic acid*) - 0.8 mg; ácido nicotínico (*nicotinic acid*) - 30 mg; ácido pantotênico (*pantothenic acid*) - 12 mg; biotina (*biotin*) - 0.100 mg; Se - 0.300 mg; cloreto de colina 60% (*Choline chlorine*), 500 mg; BHT, 0.100 mg; virginiamicina, 20 mg; carbadox, 40 mg.

<sup>2</sup> Conteúdo/kg de ração (*Content/kg of diet*): Fe - 100 mg; Cu - 10 mg; Co - 1 mg; Mn - 40 mg; Zn - 100 mg; I - 1,5 mg.

Houve efeito dos tratamentos ( $P < 0,05$ ) sobre o GPMD na segunda semana e sobre o CRMD na terceira e quarta semanas e sobre a CA no período de 36 a 49 dias de idade.

Observou-se que os leitões alimentados com dietas contendo *blend* de acidificantes III, na segunda semana de experimento, apresentaram menor GPMD do que os leitões que receberam o *blend* de acidificantes I, embora ambos tenham tido CRMD semelhantes aos controles negativo (sem acidificante) e positivo (ácido fumárico), em relação aos demais tratamentos, que não diferiram entre si no mesmo período avaliado. Entretanto, nos períodos de 21 a 35, 36 a 49 e 21 a 49 dias, a inclusão

Tabela 5 – Composição química calculada das dietas experimentais pré-inicial I (21 a 35 dias de idade)

Table 5: Calculated chemical composition of experimental diets of pre-initial I (21 at 35 days of age)

Nutrientes <i>Nutrients</i>	Tratamentos ( <i>Treatments</i> )				
	Controle	AF	BL III	BL III + BLA I	BL III + BLA II
Energia Dig. ( <i>Digestive energy</i> ) Kcal/kg	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
Gordura ( <i>Fat</i> ) %	3,67	3,46	3,75	4,51	5,43
Proteína Bruta ( <i>Crude protein</i> ) %	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Lisina Digestível ( <i>Digestible lysine</i> ) %	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
Met + Cist Dig. ( <i>Digestible methionine + cystine</i> ) %	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Metionina Dig. ( <i>Digestible methionine</i> ) %	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Treonina Dig. ( <i>Digestible threonine</i> ) %	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Triptofano Dig. ( <i>Digestible thryptophan</i> ) %	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Cálcio ( <i>Calcium</i> ) %	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Fósf. Disponível ( <i>Available phosphorus</i> ) %	0,46	0,46	0,46	0,52	0,47
Sódio ( <i>Sodium</i> ) %	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Lactose ( <i>Lactose</i> ) %	10,00	10,00	10,00	5,00	-

de acidificantes nas dietas da fase I e II não influenciou o GPMD dos animais, o que está de acordo com os dados apresentados por Walsh et al. (2003) que, avaliando dietas contendo ácido fumárico, encontraram resultados piores do que os observados neste experimento. Entretanto, segundo Corassa (2003), leitões alimentados com dietas contendo acidificantes apresentaram menor GPMD em relação ao controle no período de 21 a 35 dias.

O CRMD foi afetado pelos tratamentos na terceira e quarta semana, onde se observou menor consumo dos animais que receberam dieta com *blend* de acidificantes III e II, em relação ao controle negativo, embora somente o *blend* de acidificantes II tenha apresentado menor CRMD do que o controle positivo. Contudo, nos períodos de 21 a 35, 36 a 49 e 21 a 49 dias não se observou efeito ( $P > 0,05$ ) dos tratamentos sobre o CRMD. Resultados semelhantes foram obtidos por Bergström et al. (1996) e Walsh et al. (2003), que verificaram redução não-significativa do consumo de dietas contendo *blend* de acidificantes em comparação às dietas-controle e com ácido fumárico. Entretanto, Corassa (2004) observou, no período de 21 a 35 dias, que o CRMD de leitões alimentados com a dieta contendo acidificante foi significativamente menor do que aquele obtido com leitões que receberam dieta-controle. Já, nos períodos de 36 a 49 e 21 a 49 dias, o CRMD não variou entre os tratamentos. Ao contrário, Bergström et al. (1994), Bergström et al. (1996) e Mroz (2002) observaram maior consumo em dietas suplementadas com *blend* de acidificantes quando comparados com a dieta-controle. Contudo, segundo Henry et al. (1985), menor consumo das dietas suplementadas com

Tabela 6 – Composição centesimal das rações experimentais da fase pré-inicial II (36 a 49 dias de idade)

Table 6: Centesimal composition of experimental rations of pre-initial II (36 at 49 days of age)

Ingredientes <i>Ingredients</i>	Tratamentos ( <i>Treatments</i> )				
	Controle	AF	BL III	BL III + BLA I	BL III + BLA II
Milho Grão ( <i>Grain Corn</i> )	46,61	44,95	45,97	46,37	44,25
Soja Farelo ( <i>Soybean meal</i> )	29,16	29,49	29,29	29,94	31,08
Milho Pré-cozido ( <i>Pré-gelatinized corn</i> )	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Leite Soro Pó ( <i>Milk whey powered</i> )	5,55	5,55	5,55	2,78	-
Soja Micronizada ( <i>Micronized soybean</i> )	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Açúcar ( <i>Sugar</i> )	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Amido ( <i>Starch</i> )	0,04	0,04	0,04	0,04	1,84
Óleo Soja ( <i>Soybean oil</i> )	1,59	1,44	1,69	2,39	3,10
Fosfato Bicálcico ( <i>Dicalcium phosphate</i> )	1,58	1,59	1,59	1,68	1,93
Calcário ( <i>Limestone</i> )	0,78	0,78	-	-	-
Sal comum ( <i>Salt</i> )	0,50	0,50	0,50	0,55	0,62
L-Lisina HCl ( <i>L-Lysine HCl</i> )	0,49	0,49	0,49	0,50	0,50
L-Treonina ( <i>L-Threonine</i> )	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24
DL-Metionina ( <i>DL-Methionine</i> )	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16
L- Triptofano ( <i>L- thryptophan</i> )	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Min-Suino <sup>1</sup> ( <i>Mineral mix<sup>1</sup></i> )	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vitini-Suino <sup>2</sup> ( <i>Vitamin mix<sup>2</sup></i> )	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cloreto colina 60% ( <i>Choline chlorine</i> )	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Antioxidante BHT ( <i>BHT antioxidant</i> )	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ácido Fumárico ( <i>Fumaric acid</i> )	-	1,50	-	-	-
Blend de acidificantes III ( <i>Blend Acidifier III</i> )	-	-	1,20	0,80	1,00
Blend a base de ácido láctico (BLA)	-	-	-	1,00	2,00
<i>Blend the base of acid lactic (BLA)</i>					
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

<sup>1</sup> Conteúdo/kg de ração (*Content/kg of diet*): vit. A - 10.000 UI; vit. D<sub>3</sub> - 1.500 UI; vit. E -30 UI; vit K<sub>3</sub>. - 2 mg; vit. B<sub>1</sub> - 2 mg; vit. B<sub>2</sub> - 5 mg; vit. B<sub>6</sub> - 3 mg; vit. B<sub>12</sub> - 30 mcg; ácido fólico (*folic acid*) - 0.8 mg; ácido nicotínico(*nicotinic acid*) - 30 mg; ácido pantotênico (*pantothenic acid*) - 12 mg; biotina(*biotin*) - 0.100 mg; Se - 0.300 mg; cloreto de colina 60%(*Choline chlorine*), 500 mg; BHT, 0.100 mg; virginiamicina, 20 mg; carbadox, 40 mg.

<sup>2</sup> Conteúdo/kg de ração (*Content/kg of diet*): Fe - 100 mg; Cu - 10 mg; Co - 1 mg; Mn - 40 mg; Zn - 100 mg; I - 1,5 mg

*blends* de acidificantes comparadas ao controle pode ser devido ao forte odor inerente a alguns ácidos orgânicos comumente utilizados nas dietas. Quando se oferece a livre escolha dietas sem acidificantes e suplementadas com ácido cítrico ou fumárico, os leitões apresentaram certa preferência pela dieta-controle.

A utilização de ácido fumárico promoveu melhora da CA dos leitões quando comparados a ração-controle, embora ambas tenham sido iguais aos demais tratamentos, no período de 36 a 49 dias; assim, pode-se dizer que houve melhor eficiência de utilização de nutrientes dos animais alimentados com dietas contendo ácido fumárico. Estes resultados estão de acordo com aqueles encontrados por Omogbenigun et al. (2003) e Corassa (2004), que observaram que a eficiência alimentar de leitões alimentados com dietas com ácidos orgânicos não diferiram estatisticamente daqueles alimentados com dieta-controle.

Tabela 7 – Composição química calculada das dietas experimentais pré-inicial II (36 a 49 dias de idade)

Table 7: Calculated chemical composition of experimental diets of pre-initial II (36 at 49 days of age)

Nutrientes <i>Nutrients</i>	Tratamentos ( <i>Treatments</i> )				
	Controle	AF	BL III	BL III + BLA I	BL III + BLA II
Energia Dig. ( <i>Digestive energy</i> ) Kcal/kg	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
Gordura ( <i>Fat</i> ) %	4,80	4,60	4,88	5,56	6,18
Proteína Bruta ( <i>Crude protein</i> ) %	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Lisina Digestível ( <i>Digestible lysine</i> ) %	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
Met + Cist Dig. ( <i>Digestible methionine + cystine</i> ) %	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
Metionina Dig. ( <i>Digestible methionine</i> ) %	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Treonina Dig. ( <i>Digestible threonine</i> ) %	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Triptofano Dig. ( <i>Digestible thryptophan</i> ) %	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Cálcio ( <i>Calcium</i> ) %	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Fósf. Disponível ( <i>Available phosphorus</i> ) %	0,44	0,44	0,44	0,44	0,46
Sódio ( <i>Sodium</i> ) %	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Lactose ( <i>Lactose</i> ) %	4,00	4,00	4,00	2,00	-

Tabela 8: pH das dietas experimentais medido em água, água destilada e em álcool etílico

Table 8: pH of the experimental diets measured in water, distilled water and in ethyl alcohol

Meios empregados ( <i>Used means</i> )	pH das dietas experimentais <i>pH of the experimental diets</i>					Média <i>Mean</i>
	Controle	AF	BL I	BL II	BL III	
Pré-inicial I ( <i>Pre-initial I</i> )						
Em água (pH=7,15) ( <i>In water</i> )	6,36	4,87	5,92	6,07	5,79	5,80
Em água destilada (pH=5,14) ( <i>In distilled water</i> )	6,33	4,74	5,90	6,05	5,79	5,76
Em álcool etílico (pH=6,71) ( <i>In ethyl alcohol</i> )	6,50	4,79	6,02	6,10	6,73	6,03
Média ( <i>Mean</i> )	6,40	4,80	5,94	6,07	6,10	5,86
Pré-inicial II ( <i>pre-initial II</i> )						
Em água (pH=7,15) ( <i>In water</i> )	6,22	4,75	6,04	6,04	5,52	5,71
Em água destilada (pH=5,14) ( <i>In distilled water</i> )	6,22	4,82	6,02	6,02	5,47	5,71
Em álcool etílico (pH=6,71) ( <i>In ethyl alcohol</i> )	5,99	4,64	5,56	5,68	6,01	5,58
Média ( <i>Mean</i> )	6,14	4,73	5,87	5,91	5,67	5,67

Tabela 9: Peso corporal, consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso médio diário (GPMD) e conversão alimentar (CA) dos leitões dos 21 aos 49 dias de idade submetidos a dietas experimentais

Table 9: Weight body, average daily feed intake (ADFI), average daily weight gain (ADWG) and feed:gain ration (FGR) of piglets since 21 at 49 days old submitted experimental diets

Variáveis (Variables)	Tratamentos (Treatments)					CV (%)
	Controle	AF	BL I	BL II	BL III	
Peso corporal (kg) <i>Weight body (kg)</i>						
Inicial <i>Initial</i>	6,49	7,00	6,47	6,30	6,50	
Final <i>Final</i>	18,35	20,44	18,73	18,04	16,10	10,65
GPMD (g/dia) <i>ADWG (g/day)</i>						
21 a 28 dias/ <i>days</i>	250	330	260	280	240	31,81
29 a 35 dias/ <i>days</i>	430 <sup>AB</sup>	390 <sup>AB</sup>	450 <sup>A</sup>	420 <sup>AB</sup>	360 <sup>B</sup>	13,15
36 a 42 dias/ <i>days</i>	460	530	470	470	370	14,96
43 a 49 dias/ <i>days</i>	520	570	540	520	520	15,80
21 a 35 dias/ <i>days</i>	340	380	350	350	290	18,41
36 a 49 dias/ <i>days</i>	490	550	500	490	440	8,61
21 a 49 dias/ <i>days</i>	420	460	430	420	380	12,54
CRMD (g/dia) <i>ADFI (g/day)</i>						
21 a 28 dias/ <i>days</i>	300	350	280	300	250	29,69
29 a 35 dias/ <i>days</i>	580	640	560	560	460	20,68
36 a 42 dias/ <i>days</i>	700 <sup>A</sup>	600 <sup>AB</sup>	690 <sup>AB</sup>	650 <sup>AB</sup>	580 <sup>B</sup>	13,06
43 a 49 dias/ <i>days</i>	770 <sup>A</sup>	790 <sup>A</sup>	820 <sup>A</sup>	690 <sup>B</sup>	800 <sup>A</sup>	9,72
21 a 35 dias/ <i>days</i>	440	490	420	430	350	17,76
36 a 49 dias/ <i>days</i>	750	750	760	670	640	9,08
21 a 49 dias/ <i>days</i>	600	620	590	550	500	11,55
CA (g/g) <i>FGR (g/g)</i>						
21 a 28 dias/ <i>days</i>	1,32	1,25	1,27	1,21	1,28	20,77
29 a 35 dias/ <i>days</i>	1,47	1,53	1,37	1,40	1,51	21,21
36 a 42 dias/ <i>days</i>	1,64	1,29	1,46	1,51	1,57	15,26
43 a 49 dias/ <i>days</i>	1,58	1,40	1,60	1,35	1,52	13,79
21 a 35 dias/ <i>days</i>	1,39	1,39	1,32	1,31	1,40	15,19
36 a 49 dias/ <i>days</i>	1,61 <sup>A</sup>	1,35 <sup>B</sup>	1,52 <sup>AB</sup>	1,42 <sup>AB</sup>	1,53 <sup>AB</sup>	10,69
21 a 49 dias/ <i>days</i>	1,50	1,37	1,43	1,37	1,47	9,10

(P<0,05) Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls.

*Means followed by different letters in a line are different by Student-Newman-Keuls test.*

Maribo e Callesen (1998), citados por Mroz (2002), ao conduzirem um ensaio com 960 leitões e 7,1 kg de peso médio inicial, observaram melhora, embora não-significativa, da inclusão de diferentes *blends* de ácidos orgânicos sobre o desempenho dos animais nas diferentes fases em relação ao controle.

Teixeira et al. (2003), ao avaliarem o efeito de diferentes acidificantes e suas combinações em dietas de leitões de 21 a 60 dias de idade, não observaram melhora em termos de conversão alimentar e consumo, embora tenham constatado diferenças de ganho de peso médio diário quando comparados ao controle.

De modo geral, constatou-se que houve melhora, em termos numéricos, com a utilização do ácido fumárico na ração para GPMD, CRMD e CA, onde os dados foram superiores aos do controle e aos dos *blends*.

Os dados dos escores de diarreia de leitões, de 21 a 49 dias de idade, alimentados com diferentes dietas experimentais, estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Escore de diarreia de leitões recebendo dietas experimentais

Table 10: Scores of diarrhea of piglets consumed experimental diets

Variáveis (Variables)	Tratamentos (Treatments)					CV (%)
	Controle	AF	BL I	BL II	BL III	
21 a 28 dias <i>days</i>	2,26	2,22	2,32	2,18	2,14	9,10
29 a 35 dias <i>days</i>	2,11	2,11	2,04	2,05	2,03	5,59
36 a 42 dias <i>days</i>	2,06	2,11	2,23	2,07	2,04	5,72
21 a 42 dias <i>days</i>	2,14	2,15	2,20	2,10	2,07	5,34

( $P < 0,05$ ) Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls.

*Means followed by different letters in a line are different by Student-Newman-Keuls test.*

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos tratamentos sobre o escore de diarreia dos leitões. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Corassa (2004), que não observou diferença entre os tratamentos-controle e com acidificantes em nenhum dos períodos analisados. Contudo, estes resultados diferem dos obtidos por Kyriakis (1989), Nielsen (1998), Tsiloyiannis et al. (2001) e Owusu-Asiedu et al. (2003), que observaram menores escores de diarreia em leitões alimentados com acidificantes em relação à dieta-controle.

Segundo Corassa (2004), a incidência de diarreia que ocorre nos dias subsequentes ao desmame pode ser de causa multifatorial, e normalmente diminui progressivamente com o aumento da ação dos aditivos disponíveis nas dietas e com o desenvolvimento enzimático e imunológico dos animais além de sua adaptação às novas condições do meio como forma de superar o desafio. Desta forma, observou-se, neste trabalho, a diminuição do escore de diarreia nos períodos de 29 a 35, 36 a 42 e 21 a 42 dias de idade, independentemente da dieta utilizada.

Apesar de não ter havido diferença significativa entre os tratamentos, foi observado menor índice de diarreia no tratamento com *blend* de acidificantes III, nos diferentes períodos analisados em relação ao controle.

É importante citar que o “escore” 2 significa fezes de consistência normal. Entretanto, os dados apresentados na Tabela 10, são as médias dos escores, de 1 a 4, indicando que as mais altas apresentaram casos de diarreia.

Os resultados de pH na ingesta contidas nas regiões cárdica e pilórica do estômago, e da digesta contida no duodeno do intestino delgado de leitões abatidos aos 28 e 35 dias de idade, em função das dietas experimentais, são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Valores de pH do estômago (cárdica e piloro) e duodeno de leitões abatidos aos 28 e 35 dias de idade submetidos a dietas experimentais

*Table 11: Values stomach and duodenum pH of piglet's slaughters at 28 and 35 days old submitted experimental diets*

Variáveis (Variables)	Tratamentos (Treatments)					CV (%)
	Controle	AF	BL I	BL II	BL III	
<i>Estômago Stomach</i>						
<i>Cárdica</i>						
28 dias <i>days</i>	4,06	3,97	4,21	4,29	3,98	10,07
35 dias <i>days</i>	4,41	3,56	4,25	3,68	4,05	15,15
<i>Piloro</i>						
28 dias <i>days</i>	3,41	2,97	3,31	3,37	3,03	10,44
35 dias <i>days</i>	2,95	2,84	3,40	3,38	2,84	16,83
<i>Duodeno Duodenum</i>						
28 dias <i>days</i>	5,47	5,46	5,31	5,80	5,57	8,66
35 dias <i>days</i>	5,59	5,51	6,22	5,99	5,61	5,65

( $P < 0,05$ ) Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls.

*Means followed by different letters in a line are different by Student-Newman-Keuls test.*

Não foi verificado efeito ( $P > 0,05$ ) das dietas sobre o pH na região cárdica, pilórica do estômago e no duodeno dos leitões, em todas as idades ao abate, mas a amplitude dos dados está de acordo com a observada por Jonsson e Conway (1992) e Corassa (2004). Entretanto, a variável pH, talvez tenha que ser analisada em termos numéricos, devido à alta sensibilidade desta informação. Desse modo, constatou-se que a utilização de acidificantes não reduziu o pH na primeira parte do estômago, correspondente à região cárdica, e nem na região do duodeno ( $\pm 20$  cm da inserção do estômago), mas foi constatado que a utilização de ácidos orgânicos na dieta reduzem o pH na região pilórica, em relação ao controle negativo aos 28 dias, e que somente o ácido fumárico e o *blend* de acidificantes III foram capazes de reduzir o pH aos 35 dias, em relação ao controle.

Contudo, os dados deste trabalho diferem dos apresentados por Risley et al. (1992), que observaram diminuição do pH intestinal de leitões que receberam dietas

com a adição de ácido cítrico (4,90), em comparação à dieta-controle (6,20), e dos dados apresentados de Owusu-Asiedu et al. (2003), que observaram redução de pH do estômago de leitões alimentados com antibióticos e outros aditivos em comparação à dieta-controle; contudo não apresentaram efeitos ao nível de intestino delgado. Estes autores ainda enfatizaram que maiores valores de pH gástrico em leitões podem estar associados ao aumento da proliferação de *E. coli* enterotóxica e este fato resulta na incidência de diarreia e aumento da mortalidade.

Os valores de pH do duodeno apresentaram amplitude (5,31 a 6,22) próxima àquela (5,68 a 6,01) observada por Teixeira (1999), quando avaliou o efeito de dietas simples e complexas em leitões de diferentes idades.

Têm-se observado resultados contraditórios da ação de acidificantes sobre o pH do trato gastrointestinal de leitões, como os apresentados por Radcliffe et al. (1998), que evidenciaram a diminuição do pH da digesta do estômago com a adição de ácido cítrico em dietas de leitões, enquanto Omogbenigun et al. (2003) não encontraram efeito de ácidos orgânicos sobre o pH da digesta do estômago e íleo. Segundo Gauthier (2003), a inclusão de ácidos e sais orgânicos, entre 1 e 2% na ração, pode reduzir o pH estomacal, diminuir a proliferação de microorganismos patogênicos no trato digestivo, melhorar o ganho de peso diário e a conversão alimentar dos leitões, embora muitos estudos mostram que é praticamente impossível modificar, significativamente o pH do estômago e intestino de um suíno, mesmo quando se utilizam grandes quantidades de ácidos orgânicos nas rações.

As medidas qualitativas e quantitativas de população bacteriana de *Escherichia coli*, *Streptococcus*, *Clostridium* e de hifas fúngicas e os valores de contagem total de população bacteriana no conteúdo de estômago e íleo dos animais abatidos aos 28 e 35 dias de idade encontram-se na Tabela 12.

Os tratamentos não influenciaram ( $P>0,05$ ) as contagens bacterianas totais de estômago e de íleo, dos leitões abatidos aos 28 e 35 dias de idade. Resultados semelhantes foram obtidos por Risley et al. (1992), que não observaram efeito na população bacteriana no estômago, jejuno e ceco entre tratamentos com ácido cítrico (1,5%) e dieta-controle. Também conferem com os de Corassa (2004), que não observou efeito do tratamento com acidificantes, em relação ao controle, sobre a contagem total de população microbiana, no íleo dos leitões aos 28 e 35 dias de idade.

Tabela 12: População bacteriana Ileal de *Escherichia coli*, *Streptococcus*, *Clostridium*, Hifas fúngicas no íleo e total no estômago e íleo de leitões abatidos aos 28 e 35 dias de idade alimentados com dietas experimentais expressos em função de diferentes protocolos de contagem. (Log<sub>10</sub> UFC)

Table 12: Bacterial population ileal of *Escherichia coli*, *Streptococcus*, *Clostridium*, hifas fungics and total in stomach and ileum of piglets slaughters at 28 and 35 days old fed with experimental diets expressed in function of different protocols of counts (Log<sub>10</sub> CFU)

Variáveis Variables	Tratamentos Treatments					Média Mean
	Controle	AF	BL I	BL II	BL III	
Dados qualitativos da população no íleo. Qualitative data of the population in the íleo.						
<i>E. coli</i>						
28 dias days	+++	++++	+++	+++	+++	
35 dias days	++++	++++	++++	++++	++++	
<i>Streptococcus</i>						
28 dias days	-	++	-	+	+	
35 dias days	++	++	++	++	++	
<i>Clostridium</i>						
28 dias days	+++	++	+++	+++	+++	
35 dias days	++	++	++	++	++	
Hifas fúngicas						
28 dias days	-	+	-	+	+	
35 dias days	-	-	-	+	+	
Contagem total Total counts						
Estômago Stomach						
28 dias days	6,43	6,88	6,94	7,25	7,06	6,91
35 dias days	6,08	6,20	6,13	6,25	5,85	6,10
Íleo Gut						
28 dias days	7,93	7,89	7,97	7,96	7,89	7,93
35 dias days	7,95	8,08	8,05	7,50	6,95	7,71

Convenções adotadas: predominância (+ + + +); muitos (+ + +), presença (+ +) e pouco (+).  
Adopted conventions: predominance (+ + + +); many (+ + +), presence (+ +) and little (+).

Resultados qualitativos, apresentados na Tabela 12, demonstraram efeito antimicrobiano sobre a população de *E. Coli*, no íleo do intestino delgado, dos leitões abatidos aos 28 dias, quando estes foram alimentados com as dietas BL I, BL II e BL III, quando comparadas com dieta suplementada com ácido fumárico.

## Análise II

Os dados de pH das dietas experimentais encontram-se na Tabela 13.

Os valores numéricos de pH, apresentados na Tabela 13, demonstraram maior acidificação da ração suplementada com ácido fumárico, em relação ao controle e aos demais tratamentos estudados. Esse resultado pode estar em função do ácido fumárico possuir baixo *B-value* (Anexo) e assim reduzir a capacidade tamponante dos ingredientes da ração.

Tabela 13: pH das dietas experimentais medido em água, água destilada e em álcool etílico

Table 13: pH of the experiment diets measured in water, distilled water and in ethyl alcohol

Meios empregados (Used means)	pH das dietas experimentais pH of the experimental diets					Média Mean
	Controle	AF	BL III	BL III + BLA I	BL III + BLA II	
Pré-inicial I <i>Pre-initial I</i>						
Em água (pH=7,15) <i>In water</i>	6,36	4,87	5,79	5,30	4,86	5,44
Em água destilada (pH=5,14) <i>In distilled water</i>	6,33	4,74	5,79	5,32	4,87	5,41
Em álcool etílico (pH=6,71) <i>In ethyl alcohol</i>	6,50	4,79	6,73	6,06	5,88	5,99
Média <i>Mean</i>	6,40	4,80	6,10	5,56	5,20	5,61
Pré-inicial II <i>Pre-initial II</i>						
Em água (pH=7,15) <i>In water</i>	6,22	4,75	5,52	5,32	4,78	5,32
Em água destilada (pH=5,14) <i>In distilled water</i>	6,22	4,82	5,47	5,28	4,78	5,31
Em álcool etílico (pH=6,71) <i>In ethyl alcohol</i>	5,99	4,64	6,01	5,66	5,38	5,53
Média <i>Mean</i>	6,14	4,73	5,67	5,42	4,98	5,39

O meio álcool etílico utilizado para mensuração do pH das dietas apresentou maiores valores de pH, quando comparado aos meios contendo água e água destilada, que não possuíam diferenças numéricas entre si.

Os dados de peso médio inicial (PMI), peso médio final (PMF), ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD) e conversão alimentar (CA) dos leitões encontram-se na Tabela 14.

Não foram observados efeitos dos acidificantes sobre o ganho GPMD dos leitões nos períodos semanais estudados, entretanto, houve efeito ( $P < 0,05$ ) sobre todo o período (21 a 49 dias), onde o ácido fumárico foi maior do que os *blends*, mas não foi superior ao controle, que por sua vez, foi igual aos demais tratamentos. O CRMD não foi afetado nas duas primeiras semanas, mas foi significativo ( $P < 0,05$ ) na terceira semana, onde o controle apresentou maior consumo de ração. Também, houve efeito sobre o período total (21 a 49 dias) nos tratamentos-controle e com ácido fumárico ( $P < 0,05$ ), onde os leitões consumiram mais ração do que os demais tratamentos. A CA só foi influenciada na terceira semana (36 a 42 dias), onde o tratamento contendo ácido fumárico foi melhor do que o controle, entretanto, foi igual aos *blends*.

Tabela 14: Valores de peso corporal, consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso médio diário (GPMD) e conversão alimentar (CA), de leitões dos 21 aos 49 dias de idade, submetidos a dietas experimentais

Table 14: Values of weight body, average daily feed intake (ADFI), average daily weight gain (ADWG) and feed:gain ration (FGR) of piglets since 21 at 49 days old submitted experimental diets

Variáveis (Variables)	Tratamentos (Treatments)					CV (%)
	Controle	AF	BL III	BL III + BLA I	BL III + BLA II	
Peso corporal <i>Weight body</i>						
Inicial <i>Initial</i>	6,49	7,00	6,22	6,19	6,50	
Final <i>Final</i>	18,35	20,44	16,10	16,74	17,10	9,45
GPMD (g/dia) <i>ADWG (g/day)</i>						
21 a 28 dias/ <i>days</i>	250	330	240	250	230	26,32
29 a 35 dias/ <i>days</i>	430	390	360	410	360	13,94
36 a 42 dias/ <i>days</i>	460	530	370	400	400	13,27
43 a 49 dias/ <i>days</i>	520	570	520	490	490	14,38
21 a 35 dias/ <i>days</i>	340	380	290	320	280	18,42
36 a 49 dias/ <i>days</i>	490	550	440	450	450	7,55
21 a 49 dias/ <i>days</i>	420 ab	460 a	380 b	380 b	360 b	11,21
CRMD (g/dia) <i>ADFI (g/day)</i>						
21 a 28 dias/ <i>days</i>	300	350	250	240	240	28,08
29 a 35 dias/ <i>days</i>	580	640	460	490	480	20,77
36 a 42 dias/ <i>days</i>	700 a	600 b	580 b	620 b	600 b	9,48
43 a 49 dias/ <i>days</i>	770	790	800	760	760	8,74
21 a 35 dias/ <i>days</i>	440 ab	490 a	350 ab	380 ab	360 b	17,55
36 a 49 dias/ <i>days</i>	750	750	640	680	670	7,27
21 a 49 dias/ <i>days</i>	600 a	620 a	500 b	520 ab	510 b	10,94
CA (g/g) <i>FGR (g/g)</i>						
21 a 28 dias/ <i>days</i>	1,32	1,25	1,28	1,36	1,41	21,24
29 a 35 dias/ <i>days</i>	1,47	1,53	1,51	1,23	1,46	20,01
36 a 42 dias/ <i>days</i>	1,64 a	1,29 b	1,57 ab	1,56 ab	1,42 ab	13,56
43 a 49 dias/ <i>days</i>	1,58	1,40	1,52	1,56	1,64	12,72
21 a 35 dias/ <i>days</i>	1,39	1,39	1,40	1,30	1,43	14,65
36 a 49 dias/ <i>days</i>	1,61	1,35	1,54	1,53	1,54	9,01
21 a 49 dias/ <i>days</i>	1,50	1,37	1,47	1,43	1,49	8,54

( $P < 0,05$ ) Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls.

*Means followed by different letters in a line are different by Student-Newman-Keuls test.*

Estes resultados são conflitantes com aqueles apresentados por Eckel et al. (1992), citados por Roth (2000), quando observaram que a suplementação com ácido fórmico (1,2%) melhorou significativamente o ganho de peso e a conversão alimentar em 22,1 e 7,5% com relação ao controle, respectivamente. Entretanto, quando foram adicionados níveis maiores do suplemento (2,8%) houve redução significativa do ganho de peso (15,1%) e pior conversão alimentar comparado ao controle.

Várias investigações, mencionadas por Roth (2000), têm demonstrado que junto com o ácido fórmico livre, os seus sais possuem efeitos positivos ( $P < 0,05$ ) sobre o desempenho de leitões pós-desmama em relação ao controle. Quando as rações dos

animais foram suplementadas com formato de sódio, formato de cálcio e diformato de potássio, o GPMD e a CA melhoraram em 4,9 e 5,4; 9,3 e 4,6; e 22,9 e 7,5%, respectivamente. Entretanto, Tokach et al. (1995) não observaram efeito da utilização do formato de cálcio sobre o desempenho de leitões recém-desmamados em relação ao controle.

O compilado de literatura de 1970 a 2001, apresentado em revisão por Partanen e Mroz (1999), usando a técnica de meta-análise de dados publicados, constatou respostas positivas e significativas para GPMD, CRMD e CA em relação ao controle e ao ácido fumárico, para adição de ácido fórmico e seus sais na dieta leitões de leitões pós-desmama (7 a 22 kg).

Neste trabalho, a razão do baixo desempenho dos leitões, observada nos tratamentos suplementado com acidificantes a base de ácido fórmico, pode estar em função da ineficiência de sua taxa de oxidação que é dependente, segundo Partanen e Mroz (1999), do nível de folato hepático (tetrahidrofolato), substrato importante para a síntese de enzimas-chaves no seu metabolismo intermediário. Entretanto, os suínos possuem níveis de reserva muito baixo dessa vitamina, o que os torna limitados na sua habilidade de metabolizar o ácido fórmico (Johlin et al., 1987; Makar et al. 1990). Porém, as reservas de folato hepático poderão ser aumentadas por meio da suplementação adequada de ácido fólico (Partanen, 2001).

Polonen et al. (2002) investigaram a interação ácido fólico e ácido fórmico em raposas-azuis (*Alopex lagopus*), e não observaram efeito no crescimento dos animais suplementados com ácido fólico; entretanto, níveis crescentes diminuíram a meia-vida do ácido fórmico no organismo de maneira linear.

Quanto ao CRMD, parece que houve uma repressão no consumo devido à adição do BLA, combinados com a redução da lactose.

Os dados dos escores de diarreia de leitões de 21 a 49 dias de idade, que consumiram diferentes rações experimentais, estão apresentados na Tabela 15.

Apesar de não ter havido diferença significativa, foi observado menor índice de diarreia para o tratamento BL, no período de 21 a 28 dias e de 21 a 42 dias de idade, em relação ao controle. Estes resultados diferem dos obtidos por Kyriakis (1989), Nielsen (1998), Tsiloyiannis et al. (2001) e Owusu-Asiedu et al. (2003), que observaram menores escores de diarreia em leitões alimentados com antibióticos ou com acidificantes em relação à dieta-controle.

Tabela 15: Escore de diarreia de leitões recebendo dietas experimentais.

Table 15: Scores of diarrhea of piglets consumed experimental diets

Variáveis (Variables)	Tratamentos (Treatments)					CV (%)
	Controle	AF	BL III	BL III + BLA I	BL III + BLA II	
21 a 28 dias <i>days</i>	2,26	2,22	2,14	2,25	2,15	8,53
29 a 35 dias <i>days</i>	2,11	2,11	2,03	2,03	2,13	6,93
36 a 42 dias <i>days</i>	2,06	2,11	2,04	2,04	2,05	4,15
21 a 42 dias <i>days</i>	2,14	2,15	2,07	2,11	2,11	5,40

( $P < 0,05$ ) Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls.

*Means followed by different letters in a line are different by Student-Newman-Keuls test.*

É importante citar que o “escore” 2 significa fezes de consistência normal. Entretanto, os dados apresentados na Tabela 15, são as médias dos escores de 1 a 4, indicando que as mais altas apresentaram casos de diarreia.

A incidência de diarreia que ocorre nos dias subsequentes ao desmame pode ser de causa multifatorial, e normalmente diminui progressivamente com o aumento da ação dos aditivos disponíveis nas dietas e com o desenvolvimento enzimático e imunológico dos animais, além de sua adaptação às novas condições do meio como forma de superação do desafio. Desta forma, observou-se, neste trabalho, a diminuição do escore entre os períodos de 29 a 35 e 36 a 42 dias de idade.

Os resultados de pH na ingesta, contida nas regiões cárdica e pilórica do estômago, e da digesta, contida no duodeno, a 20 cm da inserção do estômago, após os canais de liberação das secreções do fígado, e do pâncreas de leitões abatidos aos 28 e 35 dias de idade, em função das dietas experimentais, são apresentados na Tabela 16.

Não foi verificado efeito significativo ( $P > 0,05$ ) das dietas sobre o pH na região cárdica e pilórica do estômago, e no duodeno dos leitões, em todas as idades de abate. Entretanto, a amplitude dos dados está de acordo com a observada por Jonsson e Conway (1992).

Têm-se observado resultados contraditórios da ação de acidificantes sobre o pH do trato gastrintestinal de leitões, em vários trabalhos compilados por Partenen e Mroz (1999). Segundo os autores, a variação dos resultados na medição do pH, ao longo do trato digestivo, se deve à falta de coleta de amostras representativas e às metodologias e técnicas eficazes. Entretanto, esses pesquisadores reportaram que os níveis de 1,2 e 3,5% de ácido fórmico, utilizados nos trabalhos de Eidelsburger et al. (1992) e Bolduan et al. (1988), respectivamente, diminuiram, significativamente, o pH do estômago e não interferiram nos demais compartimentos estudados.

Tabela 16: Valores de pH do estômago (cárdia e piloro) e duodeno de leitões abatidos aos 28 e 35 dias de idade, submetidos a dietas experimentais

Table 16: Values stomach and duodenum pH of piglet's slaughters at 28 and 35 days old submitted experimental diets

Variáveis (Variables)	Tratamentos (Treatments)					CV (%)
	Controle	AF	BL III	BL III + BLA I	BL III + BLA II	
Estômago <i>Stomach</i>						
Cárdia						
28 dias <i>days</i>	4,06	3,97	3,98	4,50	3,81	10,07
35 dias <i>days</i>	4,41	3,56	4,05	4,18	3,86	15,15
Piloro						
28 dias <i>days</i>	3,41	2,97	3,03	3,01	3,12	10,44
35 dias <i>days</i>	2,95	2,84	2,84	2,86	2,36	16,83
Duodeno <i>Duodenum</i>						
28 dias <i>days</i>	5,47	5,46	5,57	5,49	5,38	8,66
35 dias <i>days</i>	5,59	5,51	5,61	5,48	5,76	5,65

( $P < 0,05$ ) Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls.

Means followed by different letters in a line are different by Student-Newman-Keuls test.

Na análise dos dados, observa-se que o pH é uma variável muito sensível e pequenas variações numéricas apresentam grandes significados em termos de acidez; e como o coeficiente de variação é alto, talvez seja mais importante uma avaliação numérica.

Na região do cárdia, onde é menor a secreção ácida, o pH normalmente é mais elevado. Observa-se que os *blends* reduziram o pH, mas, o mais importante é na região do piloro, onde a atividade ácida e enzimática é mais intensa, foi observado que os *blends* foram eficientes para reduzir o pH. Entretanto, tanto o ácido fumárico como os *blends* de ácidos orgânicos não alteraram o pH, a 20 cm do início do intestino delgado.

Os tratamentos não influenciaram ( $P > 0,05$ ) as contagens bacterianas totais de estômago e íleo dos leitões abatidos aos 28 e 35 dias de idade. Resultados semelhantes foram obtidos por Risley et al. (1992), que não observaram efeito na população bacteriana no estômago, jejuno e ceco entre tratamentos com ácido cítrico (1,5%) e dieta-controle, e por Corassa (2004), que não observou efeito do tratamento com acidificantes, em relação ao controle, sobre a contagem total de população microbiana no íleo dos leitões, aos 28 e 35 dias de idade.

As medidas qualitativas e quantitativas de população bacteriana de *Escherichia coli*, *Streptococcus*, *Clostridium* e de hifas fúngicas, e os valores de contagem total de população bacteriana, no conteúdo de estômago e íleo, dos animais abatidos aos 28 e 35 dias de idade, encontram-se na Tabela 17.

Tabela 17: População bacteriana de *Escherichia coli*, *Streptococcus*, *Clostridium*, Hifas fungicas e total no estômago e íleo de leitões abatidos aos 28 e 35 dias de idade alimentados com dietas experimentais expressos em função de diferentes protocolos de contagem. (Log<sub>10</sub> UFC)

Table17: Bacterial population of *Escherichia coli*, *Streptococcus*, *Clostridium*, hifas fungicas and total in stomach and ileum of piglets slaughters at 28 and 35 days old fed with experimental diets expressed in function of different protocols of counts (Log<sub>10</sub> CFU)

Variáveis Variables	Tratamentos Treatments					Média Mean
	Controle	AF	BL III	BL III + BLA I	BL III + BLA II	
<b>Dados Qualitativos da população no íleo</b> <i>Qualitative data of the population in the ileo</i>						
<i>E. coli</i>						
28 dias days	+++	++++	+++	+++	+++	
35 dias days	++++	++++	++++	++	++++	
<i>Streptococcus</i>						
28 dias days	-	++	+	+	+	
35 dias days	++	++	++	++	++	
<i>Clostridium</i>						
28 dias days	+++	++	+++	+++	+++	
35 dias days	++	++	++	+++	++	
<b>Hifas fúngicas</b>						
28 dias days	-	+	+	-	-	
35 dias days	-	-	-	+	-	
<b>Contagem total (Total counts)</b>						
<i>Estômago Stomach</i>						
28 dias days	6,43	6,88	7,06	6,83	6,90	6,82
35 dias days	6,08	6,20	5,85	6,06	5,51	5,94
<i>Íleo Gut</i>						
28 dias days	7,93	7,89	7,89	8,23	7,80	7,95
35 dias days	7,95	8,08	6,95	7,30	7,81	7,62

Convenções adotadas: predominância (++++); muitos (+++), presença (++) e pouco (+).  
Adopted conventions: predominance (++++); many (+++), presence (++) and little (+).

Os ácidos orgânicos possuem diferentes propriedades antimicrobianas; entretanto, o ácido fórmico atua contra levedura e algumas bactérias (*Bacillus spec.*, *E. coli* e *Salmonella*) e possuem pouco efeito sobre os lactobacilos (Roth, 2000). De acordo com Kerchegeßner et al. (1992b), citados por Roth (2000), a suplementação de 1,2% de ácido fórmico não afetou a densidade microbiana no íleo, ceco e colón; entretanto, diminuiu, significativamente, o número de *E. Coli*, *Bacteroidaceae* e *Enterococci* no duodeno e jejuno; e pouco afetou a população de *Lactobacilli*.

Os tratamentos não influenciaram (P>0,05) as contagens bacterianas totais de estômago e de íleo, dos leitões abatidos aos 28 e 35 dias de idade. Resultados semelhantes foram obtidos por Risley et al. (1992), que não observaram efeito na população bacteriana no estômago, jejuno e ceco entre tratamentos com ácido cítrico

(1,5%) e dieta-controle. Também conferem com o de Corassa (2004), que não observou efeito do tratamento com acidificantes, em relação ao controle, sobre a contagem total de população microbiana no íleo dos leitões, aos 28 e 35 dias de idade.

Resultados qualitativos, apresentados na Tabela 17, demonstraram efeito antimicrobiano sobre a população de *E. Coli*, no íleo do intestino delgado dos leitões abatidos aos 35 dias de idade, quando estes foram alimentados com a dieta BL III + BLA I. Entretanto, as dietas suplementadas à base de ácido fórmico (tratamentos suplementados BL III, BL III + BLA I e BL III + BLA II), de forma geral, apresentaram melhor ação antimicrobiana sobre a população de *E. Coli*, ao nível de íleo, quando comparadas com dieta suplementada com ácido fumárico, em leitões abatidos com 28 dias de idade.

O efeito antibacteriano dos ácidos orgânicos, de forma geral, se deve à capacidade de sua forma não-ionizada difundir-se livremente através da membrana celular dos microorganismos até o citoplasma, onde se dissocia e altera o pH, suprimindo sistemas enzimáticos e de transporte de nutrientes (Luck, 1986), além de inibir a síntese de DNA e RNA, debilitando a célula e tornando-a incapaz de recompor o equilíbrio de energia e dar continuidade aos processos de multiplicação (Kuana, 2001).

## **Conclusões**

### ***Para análise I***

Dieta suplementada com ácido fumárico propiciou melhor desempenho dos leitões de 21 a 49 dias de idade, e a adição de acidificantes promoveu redução do pH do bolo alimentar na região pilórica do estômago.

### ***Para análise II***

Dietas para leitões de 21 a 49 dias de idade, alimentados com acidificante à base de ácido fórmico, não promoveu melhor desempenho dos animais. A adição de acidificantes promoveu redução do pH do bolo alimentar na região pilórica do estômago.

## **Avaliação de *blend* à base de ácido fórmico e de ácido láctico em dietas para leitões de 21 aos 49 dias de idade**

Resumo – Foram utilizados 112 leitões recém-desmamados, com peso médio de 5,50 kg, e mantidos em creche de 21 a 42 dias de idade, para avaliar o desempenho. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com sete tratamentos, oito repetições e com dois animais por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos T1: dieta complexa sem acidificante (controle); T2: dieta complexa + ácido fumárico - 1,2 e 1,0%; T3: dieta complexa + *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico – 1,2 e 1,0%; T4: dieta complexa + *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico – 1,0 e 0,8%; T5: dieta complexa + *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico – 0,7 e 0,7%; T6: dieta complexa + *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico - 1,0 e 0,8% + *blend* a base de ácido láctico - 1,0 e 10% + 75% da lactose e T7: dieta complexa + *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico - 1,0 e 0,8%) + *blend* à base de ácido láctico - 1,0 e 1,0% + 50% da lactose. Todas as dietas foram suplementadas com 1,6 mg/kg de ácido fólico, o dobro do nível utilizado nos experimentos do segundo artigo. Não houve efeito dos tratamentos sobre o desempenho dos animais, mas observou-se valores numéricos maiores quando a dieta foi suplementada com ácido fólico.

Palavras-chave: acidificante; microbiologia; ácido fólico; pH.

## **Evaluation of formic acid and lactic acid based - *blend* in diets for 21- to 49- day-old piglets**

Abstract – The performance of 112 newly-weaned male and female piglets, with an average weight of 5.50 kg and kept in nursery from 21 to 42 days of age, was evaluated. The experiment was arranged in randomized blocks with 7 treatments, 8 repetitions and 2 animals per experimental unit. The treatments consisted of: T1: complex diet without acidifiers (control); T2: complex diet + fumaric acid – 1.2 and 1.0%; T3: complex diet + formic acid based - acidifier *blend* – 1.2 and 1.0%; T4: complex diet + formic acid based- acidifier *blend* – 1.0 and 0.8%; T5: complex diet + formic acid based-acidifier *blend* – 0.7 and 0.7%; T6: complex diet + formic acid based- acidifier *blend* - 1.0 and 0.8% + lactic acid based- *blend* - 1.0 and 10% + 75% lactose and T7: complex diet + formic acid based -acidifier *blend* - 1.0 and 0.8%) + lactic acid based-*blend* - 1.0 and 1.0% + 50% lactose. All the diets were supplemented with 1.6 mg/kg folic acid, which was double the level used in Chapter 2 experiments. No treatment effect was observed on the performance of the animals, but higher numerical values were observed when the diet was supplemented with folic acid.

Keywords: acidifier, microbiology, folic acid, pH.

## Introdução

O efeito promotor de crescimento dos ácidos orgânicos é particularmente evidente nas primeiras semanas que segue o desmame. Leitões desmamados após três semanas de idade apresentam pior conversão alimentar e quadro infeccioso de diarreia, que podem ser resultados de um desenvolvimento incompleto do aparelho digestivo quando estes passam a ingerir alimentos sólidos. Contudo, estes efeitos se referem fundamentalmente a uma secreção insuficiente de HCl e enzimas digestivas pancreática (Roth, 2000). Entretanto, a secreção reduzida de HCl pode ser também a causa de proliferação de bactérias intestinais, com efeitos prejudiciais diretos sobre o desempenho dos leitões nessa faixa de idade. Contudo, o uso de aditivos, destacando os ácidos orgânicos, e em particular, o ácido fórmico, são utilizados com o objetivo de reduzir o pH do trato digestivo, aumentar ação da pepsina, reduzir a taxa de esvaziamento do estômago, aumentar a digestão de peptídeos e reduzir a proliferação de patógenos (Lima, 1999).

Vários trabalhos têm indicado a melhora no ganho de peso e conversão alimentar de leitões recebendo dietas suplementadas com ácido fórmico (Eckel et al., 1992; Partanen, 2001; Tsioloyannis et al., 2001), seus sais de cálcio (Kirchgebner & Roth, 1987b e 1990), sódio (Kirchgebner & Roth, 1987a), potássio (Paulicks et al., 1996 e 2000; Partanen, 2001) e *blends* (Mroz, 2002). Entretanto, a adição de quantidades excessivas de formatos na dieta pode causar distúrbios no *status* ácido-base de suínos levando a acidose metabólica, resultando em diminuição do consumo e redução do crescimento (Giesting et al., 1991; Eckel et al. 1992a; Eidelsburger et al. 1992e; Grassmann et al., 1992). A acumulação do formato no sangue pode ocasionar, ainda, toxemia ocular e até a morte (Makar et al., 1990; Teply, 1991).

O ácido fórmico é absorvido e transportado ao fígado, onde é metabolizado a dióxido de carbono em um processo requerendo tetraidrofolato. Os suínos, por sua vez, têm níveis extremamente baixos de tetraidrofolato hepático e níveis muito baixos da enzima-chave 10-formil tetraidrofolato desidrogenase na via do folato (Partanen, 2001); assim, sua habilidade para metabolizar formato é limitada (Johlin et al., 1987; Makar et al., 1990). Nesse sentido, a deficiência de ácido fólico pode levar a baixos níveis de tetraidrofolato, que é a forma coenzimática ativa, que atua na degradação do formato (McDowell, 2000).

Estudos demonstraram que a suplementação dietética de ácido fólico em suínos e outras espécies pode aumentar as reservas hepáticas de folato (Letendre et al., 1991; Lindemann, 1993), e a taxa de oxidação de formato (Polonen et al., 1997; 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de leitões de 21 a 42 dias de idade, alimentados com dietas acidificadas contendo *blend* à base de ácido fórmico, ácido láctico, com redução do nível de lactose suplementadas com ácido fólico na ração de leitões.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia (DZO), do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Viçosa, no período de Junho a Dezembro de 2002.

Foram utilizados 112 leitões, machos e fêmeas, desmamados aos 21 dias, alojados em creche de alvenaria, com piso de concreto, forro de madeira rebaixado, janelas de vidro tipo basculante, dotadas de gaiolas metálicas e suspensas, medindo 1,60 x 1,0 x 0,56 m, com piso em plástico expandido e com as laterais de tela metálica, dotadas de comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta.

Os leitões foram distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com sete tratamentos e oito repetições, com dois animais por unidade experimental. Foi adotado como critério na formação dos blocos peso e parentesco dos leitões.

As dietas experimentais utilizadas foram:

T1: dieta complexa sem acidificante (controle);

T2: dieta complexa + ácido fumárico - 1,2 e 1,0%;

T3: dieta complexa + *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico – 1,2 e 1,0%;

T4: dieta complexa + *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico – 1,0 e 0,8%;

T5: dieta complexa + *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico – 0,7 e 0,7%;

T6: dieta complexa + Blend de acidificantes à base de ácido fórmico - 1,0 e 0,8% + *blend* à base de ácido láctico - 1,0 e 10% + 75% da lactose; e

T7: dieta complexa + *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico - 1,0 e 0,8%) + *blend* a base de ácido láctico - 1,0 e 1,0% + 50% da lactose.

A composição centesimal e química das dietas encontra-se nas Tabelas 1, 2, 3 e 4.

Tabela 1: Composição centesimal das dietas experimentais da fase pré-inicial I (21 a 35 dias de idade)

Table 1: Centesimal composition of experimental diets of pre-initial I (21 at 35 days of age)

Ingredientes (Ingredients)	Tratamento (Treatments)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Milho Grão (Grain Corn)	32,85	30,63	32,22	32,02	33,54	33,45	34,57
Soja Farelo (Soybean meal)	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	22,00	22,50
Milho Pré-cozido (Pré-gelatinized corn)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Soro Leite Pó (Milk whey powder)	13,90	13,90	13,90	13,90	13,90	10,50	6,95
Soja Micronizada (Micronized soybean)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Plasma Sangüíneo	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Açúcar (Sugar)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Amido (Starch)	1,10	2,10	1,40	1,60	0,40	1,40	3,00
Óleo Soja (Soybean oil)	-	-	-	-	-	0,24	0,15
Fosfato Mono-bicálcico (Mono-Dicalcium phosphate)	1,10	1,11	1,10	1,30	1,27	1,21	1,52
Calcário (Limestone)	0,87	0,86	-	-	-	-	-
Óxido de Zn (Zinc oxide)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Sal comum (Salt)	0,19	0,18	0,18	0,18	0,19	0,22	0,30
L-Lisina HCl (L-Lysine HCl)	0,68	0,69	0,69	0,69	0,69	0,68	0,69
L-Treonina (L-Threonine)	0,35	0,37	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
DL-Metionina (DL-Methionine)	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31	0,32
L- Triptofano (L-tryptophan)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Min-Suino <sup>1</sup> (Mineral mix <sup>1</sup> )	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vitini-Suino <sup>2</sup> (Vitamin mix <sup>2</sup> )	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cloreto colina 60% (Choline chloride)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Antioxidante BHT (BHT antioxidant)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ácido fumárico (Fumaric acid)	-	1,2	-	-	-	-	-
Blend a base de ácido fórmico (BL)	-	-	1,2	1,0	0,7	1,0	1,0
Blend the base of acid formic (BL)							
Blend a base de ácido láctico (BLA)	-	-	-	-	-	1,0	1,0
Blend the base of acid lactic (BLA)							
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1</sup> Conteúdo/kg de ração (Content/kg of diet): vit. A - 10.000 UI; vit. D<sub>3</sub> - 1.500 UI; vit. E - 30 UI; vit. K<sub>3</sub> - 2 mg; vit. B<sub>1</sub> - 2 mg; vit. B<sub>2</sub> - 5 mg; vit. B<sub>6</sub> - 3 mg; vit. B<sub>12</sub> - 30 mcg; ácido fólico (folic acid) - 1,6 mg; ácido nicotínico (nicotinic acid) - 30 mg; ácido pantotênico (pantothenic acid) - 12 mg; biotina (biotin) - 0.100 mg; Se - 0.300 mg.; cloreto de colina 60% (Choline chloride), 500 mg; BHT, 0.100 mg; virginiamicina, 20 mg; carbadox, 40 mg

<sup>2</sup> Conteúdo/kg de ração (Content/kg of diet): Fe - 100 mg; Cu - 10 mg; Co - 1 mg; Mn - 40 mg; Zn - 100 mg; I - 1,5 mg

Tabela 2: Composição química calculada das dietas experimentais pré-inicial I (21 a 35 dias de idade)

Table 02: Calculated chemical composition of experimental diets of pre-initial I (21 at 35 days of age)

Nutrientes <i>Nutrients</i>	Tratamento ( <i>Treatments</i> )						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Energia Dig. ( <i>Digestive energy</i> ) Kcal/kg	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300
Prot. Bruta ( <i>Crude protein</i> ) %	20,10	19,99	20,07	20,07	20,09	20,23	20,28
Gordura ( <i>Fat</i> ) %	5,03	5,02	5,03	5,04	5,00	5,00	4,75
Cálcio % ( <i>Calcium</i> ) %	0,81	0,81	0,79	0,78	0,70	0,72	0,75
Fósf. Disponível ( <i>Available phosphorus</i> ) %	0,45	0,46	0,45	0,49	0,49	0,46	0,49
Metionina Dig. ( <i>Digestible methionine</i> ) %	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Lisina Digestível ( <i>Digestible lysine</i> ) %	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,91
Triptofano Dig. ( <i>Digestible thryptophan</i> ) %	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Treonina Dig. ( <i>Digestible threonine</i> ) %	0,21	0,23	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Sódio ( <i>Sodium</i> ) %	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
B-Value	26,84	12,34	11,54	11,59	11,61	4,87	4,07
Lactose ( <i>Lactose</i> ) %	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,56	5,00

Tabela 3: Composição centesimal das dietas experimentais da fase pré-inicial II (36 a 42 dias de idade)

Table 3: Centesimal composition of experimental diets of pre-initial II (36 at 42 days of age)

Ingredientes (Ingredients)	Tratamento (Treatments)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Milho Grão (Grain Corn)	44,61	43,02	43,66	44,11	44,27	43,55	43,79
Soja Farelo (Soybean meal)	29,00	29,50	29,40	29,50	29,50	30,00	31,00
Soro Leite Pó (Milk whey powder)	5,55	5,55	5,55	5,55	5,55	4,20	2,80
Soja Micronizada (Micronized soybean)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Milho Pré-cozido (Pre-gelatinized corn)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Amido (Starch)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Açúcar (Sugar)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Óleo Soja (Soybean oil)	0,85	0,94	1,00	0,79	0,73	1,16	1,23
Fosfato Mono-bicálcico (Mono-Dicalcium phosphate)	1,52	1,52	1,67	1,52	1,52	1,59	1,66
Calcário (Limestone)	0,76	0,76	-	-	-	-	-
Sal comum (Salt)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
L-Lisina HCl (L-Lysine HCl)	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,48	0,46
L-Treonina (L-Threonine)	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22
DL-Metionina (DL-Methionine)	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,21	0,22
L- Triptofano (L- thryptophan)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Min-Suino <sup>1</sup> (Mineral mix <sup>1</sup> )	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vit-Suino <sup>2</sup> (Vitamin mix <sup>2</sup> )	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cloreto colina 60% (Choline chlorine)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Antioxidante BHT (BHT antioxidant)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ácido fumárico (Fumaric acid)	-	1,00	-	-	-	-	-
Blend a base de ácido fórmico (BL) Blend the base of acid formic (BL)	-	-	1,00	0,80	0,70	0,80	0,80
Blend a base de ácido láctico (BLA) Blend the base of acid lactic (BLA)	-	-	-	-	-	1,00	1,00
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

<sup>1</sup> Conteúdo/kg de ração (Content/kg of diet): vit. A - 10.000 UI; vit. D<sub>3</sub> - 1.500 UI; vit. E - 30 UI; vit. K<sub>3</sub> - 2 mg; vit. B<sub>1</sub> - 2 mg; vit. B<sub>2</sub> - 5 mg; vit. B<sub>6</sub> - 3 mg; vit. B<sub>12</sub> - 30 mcg; ácido fólico (folic acid) - 1,6 mg; ácido nicotínico (nicotinic acid) - 30 mg; ácido pantotênico (pantothenic acid) - 12 mg; biotina (biotin) - 0.100 mg; Se - 0.300 mg.; cloreto de colina 60% (Choline chlorine), 500 mg; BHT, 0.100 mg; virginiamicina, 20 mg; carbadox, 40 mg

<sup>2</sup> Conteúdo/kg de ração (Content/kg of diet): Fe - 100 mg; Cu - 10 mg; Co - 1 mg; Mn - 40 mg; Zn - 100 mg; I - 1,5 mg

Tabela 4: Composição química calculada das dietas experimentais pré-inicial II (36 a 42 dias de idade)

Table 4: Calculated chemical composition of experimental diets of pre-initial II (21 at 42 days of age)

Nutrientes <i>Nutrients</i>	Tratamentos ( <i>Treatments</i> )						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Energia Dig. ( <i>Digestive energy</i> ) Kcal/kgx	3.330	3.330	3.330	3.330	3.330	3.330	3.330
Prot. Bruta ( <i>Crude protein</i> ) %	20,02	20,11	20,12	20,20	20,22	20,22	20,53
Gordura ( <i>Fat</i> ) %	5,40	5,43	5,52	5,33	5,28	5,55	5,51
Cálcio % ( <i>Calcium</i> ) %	0,78	0,78	0,78	0,70	0,67	0,70	0,70
Fósforo Disponível ( <i>Available phosphorus</i> ) %	0,45	0,45	0,47	0,45	0,45	0,45	0,46
Metionina Digestível ( <i>Digestible methionine</i> ) %	0,53	0,53	0,53	0,55	0,55	0,54	0,55
Lisina Digestível ( <i>Digestible lysine</i> ) %	1,59	1,60	1,60	1,60	1,60	1,59	1,59
Triptofano Digestível ( <i>Digestible thryptophan</i> ) %	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Treonina Digestível ( <i>Digestible threonine</i> ) %	1,00	1,00	1,00	1,00	1,02	1,00	1,01
Sódio ( <i>Sodium</i> ) %	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
B-Value	24,83	13,02	11,61	11,59	11,58	5,36	5,23
Lactose ( <i>Lactose</i> ) %	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00	2,00

Todas as dietas foram suplementadas com 1,6 mg/kg de ácido fólico, o dobro do nível utilizado nos experimentos do segundo artigo.

As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais dos leitões nesta fase, calculadas conforme recomendações de Rostagno et al. (2000), e os níveis de lactose, segundo Pupa (2000).

As análises de proteína bruta, de extrato etéreo, de cálcio e de fósforo, foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, segundo metodologia descrita por Silva (1999).

Durante o período experimental, a ventilação e a temperatura do ambiente foram controladas por abertura e fechamento das básculas existentes e também por meio de lâmpadas de aquecimento sobre as baias dos leitões.

As sobras da ração, caídas debaixo dos comedouros, foram coletadas diariamente e descontadas para determinação do consumo.  gua e ração foram fornecidas à vontade.

As variáveis avaliadas semanalmente foram: peso, ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD) e conversão alimentar (CA). Os animais foram pesados semanalmente e o controle da ração foi feito diariamente. Os dados de CRMD foram obtidos pelo consumo médio dos leitões de cada unidade experimental dividido pelo número de dias do intervalo; enquanto o GPMD foi obtido individualmente pela diferença de peso entre os períodos e dividindo-se pelo número de dias do intervalo.

Diariamente, os animais foram observados para a avaliao da consistência das fezes, utilizando o escore: 1) fezes duras e firmes; 2) fezes de consistência normal; 3) fezes pastosas, não-diarréicas; e 4) fezes aquosas, características de quadro diarréico.

Os dados de desempenho foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa SAEG, desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV, 1999), e as m dias comparadas pelo teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade. O peso inicial dos leitões, aos 21 dias de idade, foi usado como co-variável nas análises de variância para as variáveis avaliadas.

## Resultados e Discussão

Não foram observados efeitos dos acidificantes sobre o ganho GPMD dos leitões nos períodos semanais estudados; entretanto, houve efeito ( $P < 0,05$ ) sobre todo o período (21 a 49 dias), onde o ácido fumárico foi maior do que os *blends*, mas não foi superior ao controle, que, por sua vez, foi igual aos demais tratamentos. O CRMD não foi afetado nas duas primeiras semanas, mas foi significativo ( $P < 0,05$ ) na terceira semana, onde o controle apresentou maior consumo de ração. Também, houve efeito sobre o período total (21 a 49 dias) nos tratamentos-controle e com ácido fumárico ( $P < 0,05$ ), onde os leitões consumiram mais ração do que os demais tratamentos. A CA só foi influenciada na terceira semana (36 a 42 dias), onde o tratamento contendo ácido fumárico foi melhor do que o controle; entretanto, foi igual aos *blends*.

Estes resultados são conflitantes com aqueles apresentados por Eckel et al. (1992), citados por Roth (2000), quando observaram que a suplementação com ácido fórmico (1,2%) melhorou significativamente o ganho de peso e a conversão alimentar em 22,1 e 7,5%, com relação ao controle, respectivamente. Entretanto, quando foram adicionados níveis maiores do suplemento (2,8%) houve redução significativa do ganho de peso (15,1%) e pior conversão alimentar comparado ao controle.

Várias investigações mencionadas por Roth (2000), têm demonstrado que, junto com o ácido fórmico livre, os seus sais possuem efeitos positivos ( $P < 0,05$ ) sobre o desempenho de leitões pós-desmama em relação ao controle. Quando as rações dos animais foram suplementadas com formato de sódio, formato de cálcio e diformato de potássio, o GPMD e a CA melhoraram em 4,9 e 5,4; 9,3 e 4,6; e 22,9 e 7,5%, respectivamente. Entretanto, Tokach et al. (1995) não observaram efeito da utilização do formato de cálcio sobre o desempenho de leitões recém-desmamados em relação ao controle.

O compilado de literatura de 1970 a 2001, apresentado em revisão por Partanen e Mroz (1999), usando a técnica de meta-análise de dados publicados, constataram respostas positivas e significativas para GPMD, CRMD e CA, em relação ao controle e ao ácido fumárico, para adição de ácido fórmico e seus sais na dieta leitões de leitões pós-desmama (7 a 22 kg).

Neste trabalho, a razão do fraco desempenho dos leitões, observada nos tratamentos suplementada com acidificantes à base de ácido fórmico, pode estar em

função da ineficiência de sua taxa de oxidação, que é dependente, segundo (Partanen e Mroz, 1999), do nível de folato hepático (tetrahidrofolato), substrato importante para a síntese de enzimas-chaves no seu metabolismo intermediário. Entretanto, os suínos possuem níveis de reserva muito baixo dessa vitamina, o que os torna limitados na sua habilidade de metabolizar o ácido fórmico (Johlin et al., 1987; Makar et al., 1990). Porém, as reservas de folato hepático poderão ser aumentadas por meio da suplementação adequada de ácido fólico (Partanen, 2001).

Polonen et al. (2002) investigaram a interação ácido fólico e ácido fórmico em raposas-azuis (*Alopex lagopus*), e não observaram efeito no crescimento dos animais suplementados com ácido fólico; entretanto, níveis crescentes diminuíram a meia-vida do ácido fórmico no organismo de maneira linear.

Os resultados de peso médio inicial (PMI), peso médio final (PMF), ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD) e conversão alimentar (CA) dos leitões, encontram-se na Tabela 5.

Não foram observados efeitos dos acidificantes sobre o ganho GPMD, CRMD e CA dos leitões nos períodos estudados. Entretanto, foi observado que numericamente o GPMD, no período de 21 a 42 dias, foi maior para os leitões alimentados com as dietas dos T3, T4 e T7 quando comparado ao T1 (controle) e T2 (ácido fumárico). Estes resultados estão de acordo aqueles apresentados por Eckel et al. (1992), citados por Roth (2000), quando observaram que a suplementação com ácido fórmico (1,2%) melhorou significativamente o ganho de peso e a conversão alimentar em 22,1 e 7,5%, com relação ao controle, respectivamente.

Várias investigações, mencionadas por Roth (2000), têm demonstrado que junto com o ácido fórmico livre, os seus sais possuem efeitos positivos ( $P < 0,05$ ) sobre o desempenho de leitões pós-desmama, em relação ao controle. Quando as rações dos animais foram suplementadas com formato de sódio, formato de cálcio e diformato de potássio, o GPMD melhorou em 4,9; 9,3 e 22,9%, respectivamente. Entretanto, Tokach et al. (1995) não observou efeito da utilização do formato de cálcio sobre o desempenho de leitões recém-desmamados, em relação ao controle.

Observou-se, também que, retirada parte da lactose daquelas dietas experimentais suplementadas com *blend* à base de ácido láctico (T6 e T7), tendeu apresentar valores de GPMD acima daquele do controle, no período de 21 a 42 dias de idade dos leitões.

Tabela 5: Valores de peso corporal, consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso médio diário (GPMD) e conversão alimentar (CA) de leitões dos 21 aos 42 dias de idade, submetidos a dietas experimentais

Table 5: Values of weight body, average daily feed intake (ADFI), average daily weight gain (ADWG) and feed:gain ration (FGR) of piglets since 21 at 42 days old submitted experimental diets.

Variáveis (Variables)	Tratamentos (Treatments)							CV (%)
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
Peso corporal <i>Weight body</i> (kg)								
Inicial	5,75	5,46	5,43	5,49	5,46	5,57	5,49	
Final	12,49	12,73	13,13	13,30	12,53	12,43	13,12	
CRMD (g/dia) <i>ADFI</i> (g/day)								
21 a 28 dias/day	267	271	268	258	229	234	254	23,07
29 a 35 dias/day	435	480	495	483	437	448	489	14,91
36 a 42 dias/day	564	579	594	547	547	542	596	15,72
21 a 35 dias/day	352	376	380	371	333	341	372	16,85
21 a 42 dias/day	423	444	452	430	405	408	447	13,85
GPMD (g/dia) <i>ADWG</i> (g/day)								
21 a 28 dias/day	256	259	266	249	215	222	243	28,41
29 a 35 dias/day	346	389	405	429	364	392	405	15,87
36 a 42 dias/day	431	415	456	441	448	389	473	19,60
21 a 35 dias/day	301	324	335	339	290	307	324	17,20
21 a 42 dias/day	344	355	376	374	343	335	374	14,04
CA (g/g) <i>FGR</i> (g/g)								
21 a 28 dias/day	1,15	1,11	1,15	1,22	1,20	1,19	1,20	26,30
29 a 35 dias/day	1,31	1,24	1,27	1,16	1,30	1,19	1,23	15,57
36 a 42 dias/day	1,41	1,42	1,35	1,28	1,24	1,48	1,26	14,22
21 a 35 dias/day	1,23	1,21	1,20	1,19	1,25	1,19	1,21	11,39
21 a 42 dias/day	1,29	1,26	1,25	1,23	1,25	1,29	1,23	10,83

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Student Newman Keuls ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto ao CRMD, foi observado que numericamente T3 e T4 apresentaram maior consumo do que o controle, e que quando se utilizou 1,2% do *blend* de acidificantes (T3), o consumo foi maior quando se utilizou o ácido fumárico (T2). A retirada da lactose (T6 e T7) implicou em uma tendência de menor consumo.

Em relação a CA, os tratamentos T3, T4, T5 e T7 apresentaram melhor conversão do que o controle (T1) e o ácido fumárico (T2).

Analisando os dados de uma maneira geral, constata-se que o nível de 0,7% de *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico foi insuficiente para estimular o desempenho, e que o nível de inclusão de 1,0% apresentou melhor índice de ganho de peso e conversão alimentar e o de 1,2%, maior consumo.

A redução do teor de lactose substituída por ácido láctico e acidificante, de uma maneira geral, o número foi melhor do que o controle.

Paulicks et al. (2000), avaliando a adição de K-diformiato em dietas de leitões de 21 a 63 dias de idade, obtiveram melhora significativa no GPMD e CA contra uma dieta-controle, utilizando 0,3 mg/kg de ração de ácido fólico.

Corassa (2004), ao avaliar níveis crescentes de ácido fólico em rações suplementadas com ácido fórmico, observou efeito quadrático dos tratamentos sobre o GPMD e a CA; entretanto, não verificou efeito dos tratamentos sobre o CRMD, diferentemente das informações compiladas por Dove & Cook (2001), que notaram aumento no consumo em função da adição de ácido fólico.

Observou-se melhor desempenho e maior coerência nos dados deste experimento quando comparados com aqueles da “Análise II” do segundo artigo, quando se utilizou 0,8 mg/kg de ácido fólico nas dietas experimentais. Nesse sentido, a adição de 1,6mg/kg de ácido fólico às dietas, suplementadas com acidificantes à base de ácido fórmico, podem ter contribuído para a melhora do desempenho dos leitões nesta fase.

### **Conclusões**

Dietas para leitões de 21 a 42 dias de idade devem ser suplementadas com a inclusão de 1,0% de *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico, e o nível de lactose exigido pelos leitões nesta mesma fase, pode ser reduzido em 50% quando se utiliza o *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico e *blend* de ácido láctico em 1,0 e 1,0%, respectivamente, desde que ocorra o nível de inclusão de 1,6 mg/kg de ácido fólico.

## 2. CONCLUSÕES GERAIS

O farelo de soja apresenta 91,80; 83,40; 90,26; 82,88; 82,70; 90,63; 78,48; 75,80; 71,01; 77,99; 84,00; 88,13; 72,30; 65,98; 74,64; 82,07 e 85,25% de coeficiente de digestibilidade aparente para arginina, fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, metionina + cistina, treonina, valina, ácido aspártico, ácido glutâmico, alanina, cisteína, glicina, serina e tirosina, respectivamente; enquanto a soja micronizada apresenta 91,47; 78,03; 88,50; 77,14; 77,82; 91,48; 76,98; 65,75; 62,47; 69,54; 80,90; 86,46; 65,13; 53,88; 69,32; 76,90; 80,76 de coeficiente de digestibilidade aparente para a mesma seqüência de aminoácidos supramencionada.

Dieta suplementada com ácido fumárico (1,5%) propiciou melhor desempenho dos leitões de 21 a 49 dias de idade e a adição de acidificantes promovem a redução do pH do bolo alimentar na região pilórica do estômago.

Dietas para leitões de 21 a 42 dias de idade devem ser suplementadas com a inclusão de 1,0% de *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico, e o nível de lactose exigido pelos leitões nesta mesma fase pode ser reduzido em 50% quando se utiliza o *blend* de acidificantes à base de ácido fórmico e *blend* de ácido láctico em 1,0 e 1,0%, respectivamente, desde que ocorra o nível de inclusão de 1,6 mg/kg de ácido fólico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, C.A. Acidifiers: important components of pig feeds. **Technical Information**, Kemin Industries (Asia) Pte Limited. 2000.
- ALLE, G.L., TOUCHETTE, K.J. Efectos de la nutrición sobre la salud intestinal y el crecimiento de lechones. 1998. In: **Avances En Nutrición Y Alimentación Animal**. FEDNA. 14p. 1998.
- ALLINGER, N.L.; CAVA, M.P.; JONGH, D.C. de; JOHNSON, C.R.; LEBEL, N.A. e STEVENS, C.L. 1978. **Química orgânica**. 2. ed. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro. 961 p.
- APOLÔNIO, L.R. **Coeficientes de Digestibilidade ileal de aminoácidos de alimentos utilizados em dietas para suínos**. Viçosa – MG: UFV, 2001. 48p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- BATTERHAM, E.S., Ileal Digestibilities of Amino Acids in Feedstuffs for Pigs. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed). **Amino acids in Animal Farm Nutrition**. Wallingford: CAB International, 1994, p. 113-131.
- BELLAVER, C., ZANOTTO, D.L., BRUM, P.R., GUIDONI, A.L., LIMA, G.J.M.M. Coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos em ingredientes para dietas, determinados com suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998, v.4, p.342-344.
- BERGSTROM, J.R.; NELSSSEN, J.L. et al. An evaluation of several diet acidifiers commonly utilized in pig starter diets to improve growth performance. **Swine Day**. 74-78. 1996.

- BERGSTROM, J.R.; TOKACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; NELSSSEN, J.L. e SIGNER, T.L. Influence of buffered propionic and fumaric acids on starter pig performance. **Swine Day**. 122-125. 1994.
- BLANK, R. et al. Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibilities in early-weaned pigs. **J. Anim. Sci.**, 77:2974-2984, 1999.
- BLANK, R. et al. Effect of fumaric acid supplementation and dietary buffering capacity on the concentration of microbial metabolites in ileal digesta of young pigs. **Can. J. Anim. Sci.**, 81:345-353, 2001.
- CERA, K.R., MAHAN, D.C., CROSS, R.F., et al. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. **J. Anim. Sci.**, v. 66, n.2, p. 574-584, 1988.
- CORASSA, A. **Mananoligossacarídeos, Ácidos Orgânicos, Probióticos e Níveis de Ácido Fólico em Dietas para Leitões de 21 A 49 Dias de Idade**. Viçosa – MG: UFV, 2004. 65p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- DONKOH, A.; MOUGHAN, P.J.; SMITH, W.C. True digestibility of amino acids in meat and bone meal for the growing pig-application of a routine rat digestibility assay. **Animal Feed Science and Technology**, v.49, p.73-86, 1994.
- DOVE, C.R. & COOK, D.A. Water-Soluble Vitamins in Swine Nutrition. In: LEWIS, A.J. & SOUTHERN, L.L. **Swine Nutrition**. 2ª Ed. p.315-356. 2001.
- EASTER, R.A. Acidification of diets for pigs. In: **Recent Developments in Pig Nutrition**, 2, 1993, Nottingham. **Anais...** Loughborough: Nottingham University Press, 1993. p.256-266.
- ECKEL, B., KIRCHGEßNER, M. & ROTH, F.X. Influence of formic-acid on daily weight-gain, feed-intake, feed conversion rate and digestibility .1. Communication investigations about the nutritive efficacy of organic-acids in the rearing of piglets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. 67: 93-100. 1992.
- EIDELSBURGER, U., KIRCHGEßNER, M., ROTH, F.X. Influence of fumaric acid, hydrochloric-acid, sodium formate, tylosin and toyocerin on daily weight-gain, feed-intake, feed conversion rate and digestibility. 11. Investigations about the nutritive efficacy of organic-acids in the rearing of piglets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. 68: 82-92. 1992.
- EUROLYSINE – ITCF. **Ileal digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs**, 1995, 53p.

- FAN, M.Z.; SAUER, W.C.; DE LANGE, C.F.M. Amino acid digestibility in soybean meal, extruded soybean and full-fat canola for early-weaned pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 52, p. 189-203, 1995.
- FONTAINE, J. Acidifying pig starter rations. **Feed Mix**, v.2, n.3, p.23-25, 1994.
- FULLER, M.F.; DARCY-VRILLON; LAPLACE, J.P. et al. The measurement of dietary amino acid digestibility in pigs, rats and chickens: a comparison of methodologies. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.305-324, 1994.
- GAUTHIER, R. Avanços atuais em suinocultura. **Pork Word**, Ano 3, nº 15, p.98-102, 2003.
- GIESTING, D.W. & EASTER, R.A. Effect of protein source and fumaric acid supplementation on apparent ileal digestibility of nutrients by young pigs. **Journal of Animal Science**. v.69. p.2497-2503, 1991.
- GOIHL, J. Experiments suggest organic acids could be beneficial in pig diets. **Feedstuffs**. June, 27:11-12, 1994.
- GRASSMANN, E., ROTH, F.X., KIRCHGESSNER, M. Metabolic effects by dietary use of formic acid. 6. Investigations about nutritive efficacy of organic acids in the rearing of piglets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.67(5). p.250, 1992.
- GREEN, S.; BERTRAND, S.L.; DURON, M.J.C. et al. Digestibility of amino acids in soya-bean, sunflower and groundnut meal, measured in pigs with ileo-rectal anastomosis and isolation of the large intestine. **Journal Science Food Agricultural**, v.42, p.119-128, 1988.
- HENRY, R.W., PICKARD, D.W., HUGHES, P.E. Citric acid and fumaric acid as food additives for early-weaned piglets. **Animal Production**, 40, 505-509. 1985.
- JOHLIN, F.C., FORTMAN, C.S., NGHIEM, D.D., & TEPHLY, T.R. Studies on the role of folic acid and folate-dependant enzymes in human methanol poisoning. **Molecular Pharmacology**. 31, 557-561. 1987.
- JONES, F.T.; RICHARDSON, K. Fallacies exist in current understanding of salmonella. **Feedstuffs** 68(4): 1-22, 25, 1996.
- JONSSON, E., CONWAY, P. Probiotics for pigs. In: Fuller, R. **Probiotics – The Scientific Basis**. London: Chapman and Hall, 1992, p.259-316.
- JUST, A.; JORGENSEN, H.; FERNÁNDEZ, J.A. Correlations of protein deposited in growing female pigs to ileal and faecal digestible crude protein and amino acids. **Livestock Production Science**, v. 12, p. 145-159, 1985.

- KIRCHGEßNER, M. & ROTH, F.X. Nutritive effect of calcium formate in combination with free acids in the feeding of piglets. **Agrobiological Research**. 43: 53-64. 1990.
- KIRCHGEßNER, M. & ROTH, F.X. Use of formats in piglet nutrition. 2. Sodium formate. **Landwirtschaft Forsch.** 40: 287-294. 1987b.
- KIRCHGEßNER, M. & ROTH, F.X. Use of formats in the feeding of piglets. 1. Calcium formate. **Landwirtschaft Forsch.** 40: 141-152. 1987a
- KUANA, S. Pontos críticos de controle de *Salmonella* em fábricas de ração. In: **A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS**. 2.ed. Editado por Wilson Roberto Soares Mattos et al.—Piracicaba: FEALQ. 927p.2001.
- KYRIAKIS, S.C. The effects of avilamycin in the control of stress-induced post-weaning diarrhoea in piglets. **Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics**. 12, 296–301. 1989.
- LAPLACE, J.P. Amino acid availability in pig feeding. In **WORLD CONGRESS OF ANIMAL FEEDING**, 19, 1986, Madrid. **Anais...** Madrid: 1986, p.109-128.
- LEHNINGER, A.L. 1976. **Bioquímica**. Vol.2. 2.ed. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo. 436p.
- LEIBHOLZ, J. An evaluation of total and digestible lysine as a predictor of lysine availability in protein concentrates for young pigs. **British journal of Nutrition**, v. 53, p.615-624, 1985.
- LETENDRE, M., GIRARD, C.L. MATTE, J.J. & BERNIER, J.F. Effect of intramuscular injections of folic acid on folates status and growth performance of weanling pigs. **Canadian Journal of Animal Science**. 71. 1223-1231. 1991.
- LIMA, G.J.M.M. Uso de Aditivos na Alimentação de Suínos. In: Simpósio sobre as Implicações do Uso de Aditivos na Produção Animal. **Anais...** Piracicaba, novembro de 1999. p.51 a 68.
- LINDEMANN, M.D., BLODGETT, D.J., KORNEGAY, E.T., SCHURING, G.G. Potential ameliorators of aflatoxicosis in weanling/growing swine. **Journal of Animal Science**. 71, 171. 1993.
- LÜCK, E. **Chemische Lebensmittelkonservierung**. Stoffe, Wirkungen, Methoden. Springer-Verlag, Heidelberg.1986.
- MAKAR, A.B., TEPHLY, T.R., SAHIN,G., OSWEILLER, G Formate metabolism in young swine. **Toxicology and Applied Pharmacology**. 105:315. 1990.

- MARTY, B.J.; CHAVEZ, E.R.; De LANGE, C.F.M. Recovery of amino acids at the distal ileum for determining apparent and true ileal amino acid digestibilities in growing pigs fed various heat-processed full-fat soybean products. **Journal of Animal Science**, v. 72, p.2029-2037, 1994.
- MAXWELL, C.V., SOHN, K.S., BROCK, K.S. Effect of acidification on starter pig performance. **Anim. Sci. Res. Rep.**, p.333-339, 1993.
- McDOWELL, L.R. **Vitamins in Animal and Human Nutrition**. Yowa State University Press, Yowa. 2000. 793p.
- MROZ, Z. Acidifiers, phytases and their interactions in feeding of pigs and poultry. In: **Additives and new feed technologies. Effects of their interactions and specifications of use**. Andrés Pinaluba, S.A., 2002, 51p.
- MURRAY, R. K.; GRANNER, D.K.; MAYES, P.A. e RODWELL, V.W. 1998. **Harper: bioquímica**. 8.ed. Editora Atheneu, São Paulo.860p.
- NIELSEN, P.E. Denmark's approach to problem free feeding. **Feed Mix** 6, 15–17. 1998.
- NOGUEIRA, E.T. **Digestibilidade ileal de proteína e de aminoácidos de alimentos protéicos determinada pelas técnicas da cânula T simples e da anastomose íleo-retal com suínos**. Viçosa – MG: UFV, 2000. 72p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- OMOGBENIGUN, F. O., NYACHOTI, C. M., SLOMINSKI, B. A. The effect of supplementing microbial phytase and organic acids to a corn-soybean based diet fed to early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**. 81:1806–1813. 2003.
- OSTERMANN, J.D. 2002. Médico Veterinário. **Ciclo internacional de conferências**. Metachenn Indl. e Coml. LTDA.
- OWUSU-ASIEDU, A., NYACHOTI, C.M., MARQUARDT, R.R. Response of early-weaned pigs to an enterotoxigenic *Escherichia coli* (K88) challenge when fed diets containing spray-dried porcine plasma or pea protein isolate plus egg yolk antibody, zinc oxide, fumaric acid, or antibiotic. **Journal of Animal Science**. 81:1790–1798. 2003.
- PARTANEN, K. Organic Acids-Their Efficacy and Modes of Action in Pigs. In: PIVA, A., BACH KNUDSEN, K.E., LINDBERG, J.E. **Gut Environment of pigs**. p.201 a 217. 2001
- PARTANEN, K.H. e MROZ, Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. **Nutrition Research Reviews**. 12: p.117-145. 1999.

- PAULICKS, B. R. ROTH, F. X., KIRCHGESSNERJ, M. Effects of potassium diformate (Formi 1 LHS) in combination with different grains and energy densities in the feed on growth performance of weaned piglets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. 84, 102-111. 2000.
- PAULICKS, B.R., ROTH, F.X., KIRCHGEBNER, M. Dose effects of potassium diformate (Formi(TM) LHS) on the performance of growing piglets. **Agribiological Research**. 49 (4): 318-326. 1996.
- PIVA, A; BACH KNUDSEN, K.E. e LINDBERG, J.E. 2001. **Gut environment of pigs**. 1.ed. The Nottingham University Press: Nottingham, United Kingdom. 260p.
- PLUSKE, J.R., WILLIAMS, I.H., AHERNE, F.X. Nutrition of the neonatal pig. In: VARLEY, M.A. (Ed.) **The neonatal pig: development and survival**. Wallingford, UK. CAB International, 1995, 187-235p.
- POLÖNEN, I.; VAHTERISTO, L.T.; TANHUANPÄÄ, E.J. Effect of Folic Acid Supplementation on Folate Status and Formate Oxidation Rate in Mink (*Mustela vison*). **Journal of Animal Science**. 75:1569-1574. 1997.
- POLÖNEN, I; VALAJA, J.; JALAVA, T. et al. Effect of hepatic folic acid status on formic acid metabolism in blue foxes (*Alopex lagopus*). **Animal Feed Science and Technology**. 99: 189-194. 2002.
- POLÖNEN, I; VALAJA, J.; JALAVA, T. et al. Effect of hepatic folic acid status on formic acid metabolism in blue foxes (*Alopex lagopus*). **Animal Feed Science and Technology**. 99: 189-194. 2002.
- PUPA, J.M.R. **Avaliação de alimentos e desenvolvimento de dietas líquidas para leitões nas fases pré e pós-desmame**. Viçosa – MG: UFV, 2000. 122p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- RADCLIFFE, J. S., ZHANG, Z., KORNEGAY, E. T. J. The effects of microbial phytase, citric acid, and their interaction in a corn-soybean meal-based diet for weanling pigs. **Animal Science**. 76:1880–1886. 1998.
- RHÔNE POULENC ANIMAL NUTRITION. **Feed ingredients formulation in digestible amino acids**. Rhodimet Nutrition Guide. 2<sup>nd</sup>. ed. 1993. 55p.
- RISLEY, C. R., KORNEGAY, Z. E. T., LINDEMANN, M. D., WOOD, C. M., EIGELT, D.W.N. Effect of Feeding Organic Acids on Selected Intestinal Content Measurements at Varying Times Postweaning in Pigs. **Journal of Animal Science**. 70:198-206. 1992.
- RODAS, B.Z., MAXWELL, C.V. e BROCK, K.S. Diet acidification effects on performance of early-weaned pigs. **Anim. Sci, Res. Rep.**, p.175-179, 1995.

- ROSTAGNO, H.S. e PUPA, J.M.R. Fisiologia da digestão e alimentação de leitões. In: **SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E MANEJO DE LEITÕES**, Campinas, SP, 1998. *Anais...* Campinas, p.60-87.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas Brasileiras)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2000. 141p.
- ROSTAGNO, H.S.; FEATHERSON, W. R. Estudos de métodos de determinação de disponibilidade de aminoácidos em pintos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 6:54-75, 1977.
- ROTH, F.X. Ácidos orgánicos en nutrición porcina: eficacia y modo de acción. XVI Curso de Especialización. FEDNA. 11p. 2000. [www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/00CAP9.pdf](http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/00CAP9.pdf). acessado em 22/07/2003.
- SAUER, W.C.; OZIMEK, L. Digestibility of amino acids in swine: Results and their practical applications. A review. **Livestock Production Science**, v. 15, p. 367-388, 1986.
- SERRANO, V.O.S. **Digestibilidade dos aminoácidos de suplementos protéicos em suínos, submetidos ou não a anastomose íleo-retal**. Viçosa – MG: UFV, 1989. 55p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1989.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos; (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1990, 160p.
- TEIXEIRA, A.O. **Efeito de dietas simples e complexas sobre a morfologia intestinal de leitões até 35 dias de idade**. Viçosa: UFV, 1999. 60P. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. 1999.
- TEPLY, T.R. The toxicity of methanol. **Life Sciences**. 48. 1031-1041. 1991.
- TOKACH, M.D.; NELSSON, J.L.; GOODBAND, R.D e KATS, L.J. Influence of fumaric acid and calcium formate on starter pig performance. *Swine Day*. 83-86. 1995.
- TSILOYIANNIS, V.K., KYRIAKIS, S.C., VLEMMAS, J., SARRIS, K. The effect of organic acids on the control of porcine post-weaning diarrhea. **Research in Veterinary Science**. 70, 287–293. 2001.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. SAEG - **Sistema para Análises Estatísticas e Genética**. Versão 8.0. Viçosa-MG: 1999. (Manual do usuário).
- VANDERWAL, P. Salmonella control of feedstuffs by pelleting or acid treatment. **World's Poultry Sci. J.** 35:70-78. 1979.

VARLEY, M.A. 1995. **The neonatal pig: development and survival**. Wallingford, UK. CAB International. 342p.

WALSH, M.; SHOLLY, D.; KELLY, D. et al. The effects of supplementing weanling pig diets with organic and inorganic acids on growth performance and microbial shedding. **Swine Res. Report**. 89-98. 2003.

ZALDIVAR, J. Use of chemical products in sterilizing salmonella in fishmeal. In: **The Proceedings of The International Association of Fishmeal Manufacturers Annual Conference**, Reykjavik, Iceland 87:22-34, 1990.

## ANEXO

Tabela 1 – Fórmulas, características físicas e químicas dos ácidos orgânicos utilizados na acidificação de rações

Ácido	Estrutura	pK <sub>a</sub>	Estado físico a 20°C	MJ/kg E.L.* suíno	kcal/kg E.L. suíno	MJ/kg E.M.** aves
Fórmico	HCOOH	3,7	líquido	-	-	-
Acético	CH <sub>3</sub> COOH	4,8	líquido	9,60	2294	12,15
Propiônico	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	4,9	líquido	14,05	3466	17,80
Butírico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH	4,8	líquido	17,65	4218	22,50
Lático	CH <sub>3</sub> CH(OH)COOH	3,1	líquido	11,45	2737	14,55
Fumárico	COOHCH:CHCOOH	3,0/4,4	sólido	8,90	2127	11,35
Cítrico	COOHCH <sub>2</sub> C(OH) (COOH)CH <sub>2</sub> COOH	3,1/4,8/ 6,4	sólido	8,10	1936	10,30
Formato de Cálcio	HCOOCa	-	sólido	11,60	2760	14,20
Propionato de Cálcio	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOCa	-	sólido	10,20	2438	13,90
Sórbico	CH <sub>3</sub> CH:CHCH:CHC OOH	4,8	sólido	-	-	-
Málico	COOHCH(OH)CH (OH) COOH	3,4/5,1	líquido	-	-	-
Tartárico	COOHCH(OH)CH (OH) COOH	2,9/4,2	líquido	-	-	-

\* Energia líquida.

\*\* Energia metabolizável.

Fontes: Allinger et al, 1978; Adams, 2000 e Partanen e Mroz, 1999.

Obs. A energia bruta para ácido fórmico é de 5,8 kJ/g (Fonte: Roth, 2000).

Tabela 2 – Faixas de inclusões recomendadas dos ácidos orgânicos mais comumente usados na ração animal em percentagem (%)

Ácidos	Leitões		Crescimento –Terminação	
	Min <sup>1</sup>	Max <sup>2</sup>	Min <sup>1</sup>	Max <sup>2</sup>
Fórmico	0,5	1,0	0,4	0,9
Acético	0,75	1,5	0,6	0,9
Propiônico	0,8	1,2	0,6	0,8
Butírico	1,0	2,0	0,8	1,2
Lático <sup>3</sup>	1,2	2,0	0,8	1,2
Fumárico	0,8	2,0	0,6	1,2
Cítrico	0,8	1,5	0,6	0,8
Formato Ca <sup>++</sup>	0,7	1,5	0,6	0,8
Formato Na <sup>+</sup>	0,7	1,5	0,6	0,8
Propionato Ca <sup>++</sup>	1,0	2,0	0,75	1,0

<sup>1/</sup> Quantidade mínima que possui algum efeito positivo.

<sup>2/</sup> Quantidade máxima que não possui efeito negativo sobre o consumo.

<sup>3/</sup> Palatável, possuindo influência positiva sobre o consumo.

Fonte: Ostermann (2002).

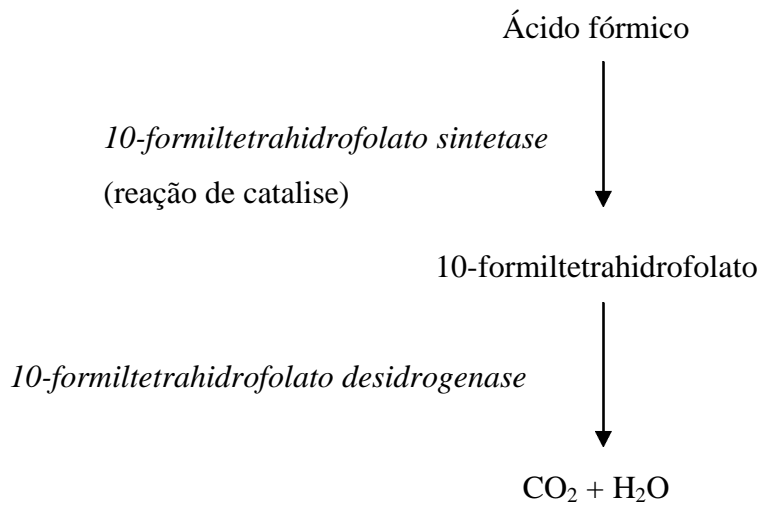


Figura 1 – Metabolismo do ácido fórmico.

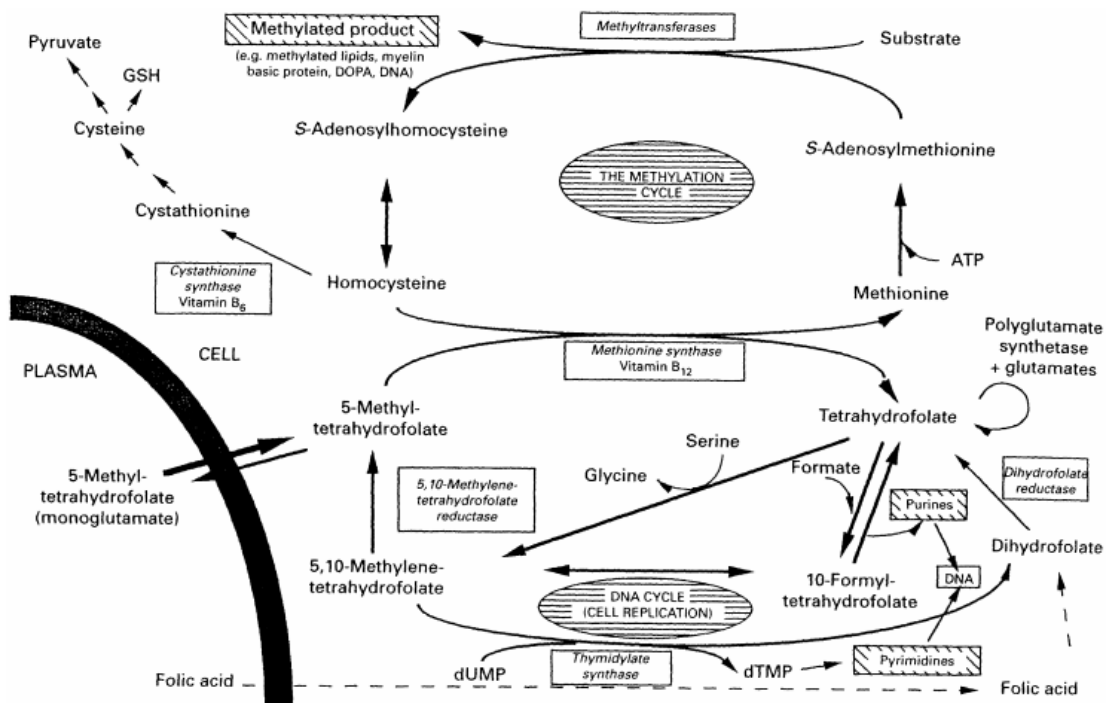


Figura 2 – Ciclo do ácido fólico.

Tabela 3 – Relação de enzimas que possuem sua atividade aumentada em função da adição de ácido orgânico na ração

Ácido	Enzimas
Fórmico	$\alpha$ -Cetoglutarato desidrogenase
	Glutamato-piruvato transaminase
Fumárico	Aspartato transferase
	Succinato desidrogenase
	Fumarase
Cítrico	Transaminases (Glutamato desidrogenase, Glutamato-oxaloacetato transaminase e glutamato-piruvato transaminase)

Fonte: Partanen e Mroz (1999).

Tabela 4 – Valores de *B-value* de alguns ingredientes utilizados na formulação de rações

Ingrediente	PH (10% em solução)	<i>B-value</i>	<i>Ca<sup>++</sup> digestível</i> g/kg**
Lactato*	1,7	- 780,0	0
Fumarato*	1,8	-1190,0	0
Citrato*	1,4	- 738,0	0
Fosfato bicálcico	7,3	248,00	194,0
Fosfato monocálcico	3,6	180,0	160,0
Calcário	9,7	1750,0	230,0
Milho	6,1	3,5	0,3
Cevada	5,8	3,0	0,5
Mandioca	5,2	1,3	0,8
Trigo	6,7	3,7	0,5
Leite em pó (pH 4)	6,5	37,0	6,0
Soro de Leite em pó	6,4	31,0	7,0
Farelo de trigo	6,7	11,4	0,2
Farinha de peixe	6,2	25,4	23,0
Farelo de soja (45%)	6,5	25,3	1,5
Far. Carne/ ossos	6,3	32,0	24,0
Farinha carne	6,0	26,0	8,5

\* valor correto (*B-value* no pH 4 por causa da falta de atividade antibacteriana como molécula).

\*\* digestibilidade do cálcio – disponibilidade de cálcio no pH 5 para as matérias-primas.

Fonte: Ostermann (2002).

Tabela 5 – Alguns aspectos do modo de ação dos ácidos orgânicos e seus sais

Lugar	Modo de ação	Efeito
Alimento	Redução do pH. Efeito antimicrobiano (bactérias, leveduras, fungos).	Conservação e higiene alimento
Estômago	Ajuste mais rápido do pH ácido, favorecimento da ação da pepsina	Apoio à digestão gástrica
Intestino delgado	Efeito antimicrobiano do ânion	Otimização da flora intestinal
Metabolismo	Utilização energética como molécula fisiológica	Fornecimento de nutrientes

Fonte: Roth (2000).

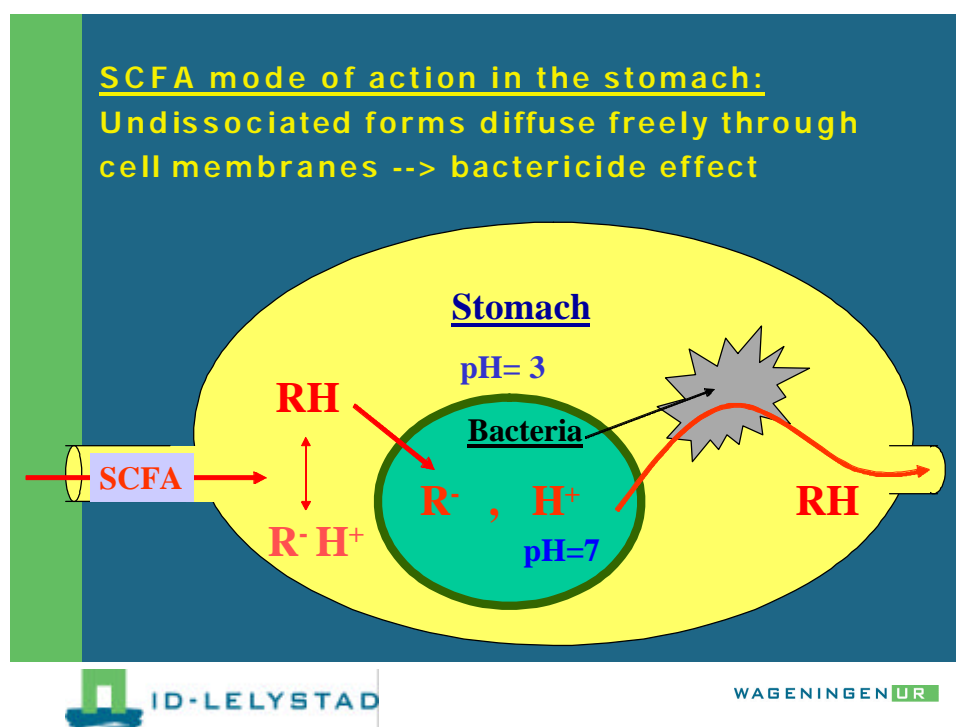


Figura 2 – Modelo esquemático de ação dos ácidos orgânicos sobre as bactérias sensíveis (Fonte: Mroz, 2002).

Tabela 6 – Relação das faixas de pH dos diferentes segmentos do aparelho digestivo e valores de  $pK_a$  de alguns ácidos orgânicos

pH	0	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Fórmico				■									
Acético					■								
Propiônico						■							
Butírico							■						
Lático				■									
Fumárico			■		■								
Cítrico			■					■					
Sórbico							■						
Málico				■									
Tartárico			■		■								
Fosfórico		■											■
Estômago			■	■	■	■	■	■	■				
Intestino Delgado					■	■	■	■	■				
Cólon								■	■	■	■		

Tabela 7 – Determinação experimental para concentração inibitória mínima – CIM de ácidos orgânicos dissociados e não-dissociados

Microrganismos	Ácidos orgânicos	CIM <sup>A</sup>	CIM <sup>B</sup>
<i>E. coli</i> M 23	Lático	8,32	-
<i>Y. enterocolitica</i>	Lático	5-10	-
<i>E. coli</i>	Propiônico	70	800
<i>Staphylococcus aureus</i>	Propiônico	19	830
<i>Bacillus cereus</i>	Propiônico	17	380
<i>E. coli</i>	Sórbico	1	100
<i>E. coli</i>	Sórbico	1	350
<i>Staphylococcus aureus</i>	Sórbico	0,6	400
<i>Bacillus cereus</i>	Sórbico	1,2	110
<i>Listeria innocua</i>	Lático (Lactato de sódio)	4,9	1.250

<sup>A</sup> CIM, ácido orgânico não-dissociado ( $\mu$ mole).

<sup>B</sup> CIM, ácido orgânico dissociado ( $\mu$ mole).

Fonte: Gauthier (2003).

## **METODOLOGIAS PARA LEITURA DE pH, HISTOLOGIA E MICROBIOLOGIA**

Foram escolhidos os animais com peso mais próximo da média da unidade experimental. Os animais foram dessensibilizados e sangrados imediatamente. Em seguida, as vísceras foram removidas para a uma bancada onde se procederam as leituras e as coletas. As leituras de pH foram realizadas utilizando-se um medidor de pH portátil. O estômago foi pinçado nas regiões cárdica e pilórica, e duas incisões de 4 cm foram realizadas para introdução do sensor para a primeira leitura de pH nas regiões distintas. No duodeno, a leitura foi tomada junto à flexura duodeno-jejunal.

O intestino delgado dos leitões foi dissecado e amostras transversais de aproximadamente de 2 cm do duodeno foram coletadas e imersas em solução fixadora (solução de Bouin). As amostras foram removidas do fixador 24 horas depois, lavadas e transferidas para a solução de álcool etílico, a 70%, até a confecção das lâminas histológicas. Após ser desidratado, o segmento intestinal foi recortado em fragmentos de aproximadamente de 1 cm, diafanizados em benzol e incluídos em parafina. Com o micrótomo JUNG MULTICUT 2045, realizaram-se seções com 7  $\mu$ m de espessura, as quais foram coletadas de modo que entre uma seção e a subsequente fossem eliminadas no mínimo 30 seções. O método de coloração adotado foi hematoxilina e eosina (Teixeira, 1999). As lâminas histológicas foram preparadas no laboratório de Histologia do Departamento de Veterinária da Universidade Federal de Viçosa. As medidas de altura de vilosidade e profundidade de criptas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, utilizando-se o analisador de imagem “Image-pro Plus 1.3.2” (1994) e microscópio óptico OLYMPUS BX 50. Para cada lâmina foram selecionadas e medidas 30 vilosidades e 30 criptas.

Os conteúdos de estômago e íleo foram coletados de leitões recém-sacrificados e acondicionados em potes plásticos previamente identificados. Logo após, as amostras foram enviadas para a MICROVET (Microbiologia Veterinária Especial Ltda.), onde se procedeu à contagem bacteriana UFC (Unidades Formadoras de Colônias). No laboratório para análise microbiológica procedeu-se a seguinte seqüência:

### *Coloração em Gram*

- com a alça de platina flambada, fez-se um esfregaço da amostra na lâmina;
- deixou-se o esfregaço secar ao ar e fixou-se passando na chama por duas a três vezes;
- coloriu-se o esfregaço com uma solução de cristal violeta por um minuto;
- lavou-se com água destilada;
- colocou-se a solução de lugol por um minuto;
- lavou-se com água destilada;
- descoloriu-se com álcool 95% por 15 s, agitando levemente a lâmina;
- lavou-se com água destilada;
- coloriu-se com fuccina por 0,5 minuto;
- lavou-se e secou-se com papel absorvente; e
- observou-se no microscópio.

A bactéria gram-positiva cora-se em azul e a gram-negativa em vermelho.

*E. coli* → bastonetes curtos gram-negativa.

*Streptococcus* → cocos gram-positiva.

*Clostridium* → bastonetes gram-positiva.

Contagem total de aeróbios mesófilos em amostras de estômago e íleo pela técnica “Pour Plate”:

- pesaram-se 10 g da amostra (conteúdo estomacal ou ileal) e adicionaram-se 90 ml de solução salina no frasco de diluição;
- agitou-se o frasco de diluição;
- fizeram-se diluições sucessivas de  $10^{-2}$  a  $10^{-6}$  para estômago e de  $10^{-4}$  a  $10^{-8}$  para íleo;
- pipetou-se a quantidade necessária;
- abriu-se levemente a tampa da placa de Petri e deixou-se cair o inóculo, em duplicata;
- adicionou-se 10 a 15 mililitros de ágar nutriente liquefeito a uma temperatura entre 42 e 45 °C.
- deixou-se esfriar;

- colocaram-se as placas invertidas na estufa a uma temperatura de 32 a 35 °C por 48 horas.

- após 48 horas de incubação, procedeu-se a contagem das colônias desenvolvidas na placa através do contador de colônias; e

- os resultados foram expressos em UFC/ml da amostra.

em que

\* UFC = unidades formadoras de colônias;

\*  $UFC = n^{\circ} \text{ colônias} \times \text{inverso da diluição/inoculo (ml)}$ ; e

\* obs.: utilizou-se para contagem, a placa que teve de 25 a 250 colônias.