

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ADIÇÃO DE ÁCIDO FUMÁRICO EM DIETAS  
ELABORADAS COM SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE  
MILHO: CONSERVAÇÃO DE DIETAS, DESEMPENHO  
DE PORCAS E LEITEGADAS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Cheila Roberta Lehnen**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2009**

**ADIÇÃO DE ÁCIDO FUMÁRICO EM DIETAS ELABORADAS  
COM SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE MILHO:  
CONSERVAÇÃO DE DIETAS, DESEMPENHO DE PORCAS E  
LEITEGADAS**

**por**

**Cheila Roberta Lehn**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Zootecnia**

**Orientador: Prof. Irineo Zanella**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2009**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**ADIÇÃO DE ÁCIDO FUMÁRICO EM DIETAS ELABORADAS COM  
SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE MILHO: CONSERVAÇÃO DE  
DIETAS, DESEMPENHO DE PORCAS E LEITEGADAS**

elaborada por  
**Cheila Roberta Lehen**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Zootecnia**

**Comissão Examinadora:**

**Irineo Zanella, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

**Alexandre de Mello Kessler, Dr. (UFRGS)**

**Arlei Rodrigues Bonet de Quadros, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 04 de março de 2009.

## **Dedicatória**

Ao meu namorado Jardel, pela demonstração de carinho e apoio.

A minha família por me incentivar a prosseguir nos estudos.

## **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade.

Aos professores Irineo Zanella e Paulo Alberto Lovatto pela amizade, incentivo, orientação e presença em minha formação.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, em especial ao Gerson Guarez Garcia e João Radünz Neto pelos ensinamentos e apoio.

Aos proprietários e funcionários da Granja Toropi, pela amizade, estrutura física e animais utilizados.

A equipe do Setor de Suínos, em especial ao Luciano, Carlos, Ines, Bruno, Raquel, Eloisa e Glauber pela amizade e responsabilidade.

Aos amigos e colegas da pós-graduação.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **ADIÇÃO DE ÁCIDO FUMÁRICO EM DIETAS ELABORADAS COM SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE MILHO: CONSERVAÇÃO DE DIETAS, DESEMPENHO DE PORCAS E LEITEGADAS**

AUTOR: CHEILA ROBERTA LEHNEN

ORIENTADOR: IRINEO ZANELLA

**Local e Data da Defesa: Santa Maria, 04 de março de 2009.**

O objetivo dessa dissertação foi avaliar a conservação e o efeito de dietas lactação elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico sobre os desempenhos de porcas lactantes e suas leitegadas. Foram utilizadas vinte porcas de genética comercial em um delineamento de blocos ao acaso com quatro tratamentos (dieta basal - DB, elaborada a cada 24h; DB + 0,3% de ácido fumárico - AF; DB + 0,6% AF e DB + 0,9% de AF) e cinco repetições cada. As dietas contendo ácido fumárico foram elaboradas a cada 48 horas. A acidificação das dietas foi 14% superior ( $P < 0,01$ ) em dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo 0,9% de ácido fumárico. A temperatura em 48 horas após a elaboração das dietas foi 8% inferior ( $P < 0,01$ ) em dietas contendo 0,9% de ácido fumárico em relação à dieta basal. A adição de até 0,9% de ácido fumárico reduz o pH das dietas. A adição de ácido fumárico reduz a temperatura das dietas a partir de 24 horas após a elaboração. O consumo médio diário de ração das porcas lactantes foi de 7,42 kg de matéria natural não diferindo ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. A adição de 0,9% de ácido fumárico nas dietas reduziu ( $P < 0,01$ ) em 6% o pH do leite. O ganho médio diário e o peso vivo médio dos leitões não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. A adição de ácido fumárico nas dietas não altera os desempenhos de porcas lactantes e de suas leitegadas, mas aumenta ( $P < 0,05$ ) a frequência de fezes normais dos leitões. Com base nas avaliações de pH e temperatura, é possível conservar dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho até 48 horas após a fabricação com a adição de 0,9% de ácido fumárico. A adição de ácido fumárico nas dietas melhora a condição sanitária de leitões na maternidade.

Palavras-chave: acidificantes; leite; microorganismos; pH; suínos; temperatura.

## **ABSTRACT**

Dissertation of Master  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **FUMARIC ACID IN HIGH MOISTURE CORN DIETS: PRESERVATION OF DIETS, PERFORMANCE OF LACTATING SOWS AND PIGLETS**

**AUTHOR: CHEILA ROBERTA LEHNEN**

**ADVISOR: IRINEO ZANELLA**

**Site and Date of Defence: Santa Maria, March, 04, 2009.**

The objective of this study was to evaluate the preservation and effect of lactation diets with high moisture corn containing fumaric acid on the performance of lactating sows and their piglets. Twenty sows of commercial genetic lines were used in a randomized complete block with four treatments (basal diet -BD, elaborated each 24 h; BD + 0.3% of fumaric acid - FA; BD + 0.6% FA and BD + 0.9% of FA) with five replications each. Diets with fumaric acid were elaborated each 48 hours. The acidification of diets was 14% higher ( $P<0.01$ ) in diets elaborated with high-moisture corn containing 0.9% of fumaric acid. The temperature in 48 hours after the elaboration of diets was 8% lower ( $P<0.01$ ) in diets containing 0.9% of fumaric acid than basal diet. The addition up to 0.9% fumaric acid reduces the pH of diets. Fumaric acid reduces the temperature of diets from 24 hours after its elaboration. The average daily food intake of lactating sows was 7.42 kg of natural matter not influenced ( $P>0.05$ ) by treatments. The 0.9% of fumaric acid addition in diets reduces in 6% ( $P<0.01$ ) the pH of milk. The average daily weight gain and average weaning live weight of piglets were not influenced ( $P>0.05$ ) between treatments. The addition of fumaric acid in diets does not alter the performance of lactating sows and piglets, but increases ( $P<0.05$ ) the normal feces frequency in piglets. Based on the assessment of pH and temperature, it is possible to preserve diets elaborated with high moisture corn until 48 hours after the production with the addition of 0.9% of fumaric acid. The addition of fumaric acid in the diet improves the health condition of piglets in the nursery.

Key-words: acidifiers; milk, microorganisms; pH; pigs; temperature

## **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1- Valores de pH observados em dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico.....	42
FIGURA 2- Temperatura da ração de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico.....	43
FIGURA 3- Frequência de fezes normais em leitões lactentes avaliados para dietas elaboradas com SGUM contendo diferentes níveis de ácido fumárico.....	62

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Equações de regressão do pH de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico (AF).....	30
TABELA 2 - Temperatura da ração de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico (AF).....	41
TABELA 3 - Desempenho de porcas lactantes alimentadas com dietas elaboradas com SGUM contendo diferentes níveis de ácido fumárico.....	59
TABELA 4 - Avaliação do pH do leite e da urina de porcas em lactação alimentadas com dietas elaboradas com SGUM contendo diferentes níveis de ácido fumárico.....	60
TABELA 5 - Peso e ganho médio diário de leitões de porcas em lactação alimentadas com dietas elaboradas com SGUM contendo diferentes níveis de ácido fumárico.....	61

## LISTA DE ABREVIATURAS

AF	Ácido fumárico
COOH <sup>-</sup>	Grupo carboxila
DB	Dieta basal
GLM	General linear model
H <sup>+</sup>	Íons de hidrogênio
HCl	Ácido clorídrico
OP	Ordem de parto
pKa	Constante de dissociação de íons de hidrogênio
pH	Potencial hidrogeniônico
SGUM	Silagem de grãos úmidos de milho

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Temperatura de silagem de grãos úmidos de milho durante a exposição aeróbica.....	75
APÊNDICE B – Vias de produção dos principais ácidos orgânicos e estimativa de perdas de MS e energia em diferentes tipos de fermentação em silagens.....	76
APÊNDICE C – Propriedades físico-químicas de diferentes ácidos orgânicos.....	77
APÊNDICE D – Modo de ação dos ácidos orgânicos sobre a membrana celular bacteriana..	78
APÊNDICE E – pH da ração de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho e ácido fumárico (AF).....	79
APÊNDICE F – Temperatura das rações e do ambiente durante o período experimental.....	80
APÊNDICE G – Produção bibliográfica durante o curso de Mestrado.....	81

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>CAPÍTULO 1 - ESTUDO BIBLIOGRÁFICO</b> .....	16
1.1 Silagem de grãos úmidos de milho.....	16
1.1.1 Composição química e respostas em suínos.....	17
1.1.2 População microbiana na silagem .....	18
1.1.3 Estabilidade aeróbica.....	19
1.1.4 Deterioração aeróbica .....	19
1.1.5 Indicadores de qualidade .....	20
1.1.6 Aditivos .....	21
1.2 Ácidos orgânicos .....	22
1.2.1 Propriedades físico-químicas.....	23
1.2.2 Mecanismos de ação.....	24
1.2.3 Escolha do ácido empregado .....	25
1.2.4 Ácido fumárico .....	26
<b>CAPÍTULO 2 – CONSERVAÇÃO DE DIETAS ELABORADAS COM SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE MILHO CONTENDO ÁCIDO FUMÁRICO</b> .....	28
RESUMO .....	29
ABSTRACT .....	29
INTRODUÇÃO.....	30
MATERIAL E MÉTODOS.....	32
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
CONCLUSÕES .....	36
AGRADECIMENTOS .....	37
REFERÊNCIAS .....	37
<b>CAPÍTULO 3 – ALIMENTAÇÃO DE PORCAS LACTANTES COM DIETAS ELABORADAS COM SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE MILHO CONTENDO ÁCIDO FUMÁRICO</b> .....	44
RESUMO .....	45

ABSTRACT .....	45
INTRODUÇÃO.....	46
MATERIAL E MÉTODOS.....	48
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	50
CONCLUSÕES .....	53
AGRADECIMENTOS .....	54
REFERÊNCIAS .....	54
<b>CAPÍTULO 4 - DISCUSSÃO GERAL</b> .....	<b>63</b>
<b>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES</b> .....	<b>66</b>
<b>CAPÍTULO 6 - REFERÊNCIAS</b> .....	<b>67</b>
<b>CAPÍTULO 7- APÊNDICES</b> .....	<b>74</b>

## INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira apresenta um rebanho de aproximadamente 32 milhões de cabeças, com produção anual de 2.998 mil toneladas de carne (ABIPECS, 2009). Os custos com a alimentação de suínos e a maximização do desempenho zootécnico são os principais objetivos na cadeia produtiva. A nutrição e alimentação de suínos correspondem em média a 65% dos custos totais de produção. Neste contexto, a utilização de ingredientes alternativos tem sido uma medida tomada para minimizar os custos na produção suinícola.

A silagem de grãos úmidos de milho (SGUM) é uma fonte energética alternativa que apresenta menos oscilações de preços em relação ao milho seco. Os custos com armazenamento e perdas pós-colheita são reduzidos (JOBIM et al., 2001). Além disso, ocorre melhor utilização das lavouras e, através da conservação anaeróbica, melhor qualidade sanitária dos grãos. Alguns componentes nutricionais podem ser alterados através do processo de fermentação, principalmente a fração de carboidratos solúveis, o qual aumenta a digestibilidade energética dos grãos conservados (SILVA et al., 2005).

Após a retirada da SGUM dos silos, é exigido dos produtores a manipulação diária da silagem para a elaboração das dietas em função de seu baixo tempo de conservação. Além disso, a baixa estabilidade aeróbica das silagens pode reduzir a qualidade nutricional e sanitária dos grãos, podendo reduzir a ingestão de nutrientes e interferir no desempenho de suínos. Diante disso, a utilização da SGUM na alimentação de monogástricos tem sido pouco explorada.

No Brasil, a utilização de conservantes em silagens de grãos úmidos, no entanto, ainda é pouco difundida. As bactérias do gênero *Lactobacillus sp.* podem reduzir o pH e competir com outros organismos fermentativos. Os ácidos orgânicos como o cítrico, acético e propiônico vem sendo explorados como conservantes devido à rápida acidificação no meio (DANNER et al., 2003). Através da redução e manutenção do pH baixo podem ser controlados fungos, leveduras e bactérias enterotoxigênicas.

A grande variação que ocorre entre culturas microbianas, composição bromatológica, processo de ensilagem e condições climáticas podem interferir nas respostas de conservantes na silagem (MUCK, 1988). Os problemas sanitários e de desempenho causados pela baixa estabilidade aeróbica das silagens impossibilitam a utilização da mesma por períodos superiores a 24 horas na alimentação de suínos.

O ácido fumárico apresenta alto poder de dissociação, o que permite rápida acidificação do meio. Na alimentação de suínos foram verificados benefícios de seu uso na digestão, absorção de nutrientes e controle de diarreias em leitões (PARTANEN; MROZ, 1999). A característica conservante do ácido fumárico, no entanto, é pouco explorada na alimentação animal.

Dessa forma, o objetivo desse estudo foi verificar as condições de conservação de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico por períodos superiores a 24 horas e o comportamento das mesmas sobre o desempenho de porcas lactantes e suas leitegadas. Nessa dissertação são apresentados um estudo bibliográfico sobre o tema, dois artigos científicos, a discussão geral, conclusões e as principais perspectivas.

# CAPÍTULO 1

## ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

### 1.1. Silagem de grãos úmidos de milho

O processo de ensilagem de grãos é utilizado há vários anos na América do Norte e na Europa. Esta prática iniciou-se no Brasil na década de 80 com a utilização de grãos úmidos de milho em conservação para alimentação de suínos (KRAEMER; VOORSLUYS, 1991). A ensilagem inicia-se com a colheita dos grãos de milho após o processo de maturação fisiológica, com teores de umidade variando de 25 a 35% (COSTA et al., 2002). A maturação fisiológica é caracterizada pelo momento em que cessa a translocação dos nutrientes da planta para os grãos sendo verificada pelo surgimento de uma camada preta na base dos grãos (JOBIM et al., 2001). Após a colheita, os grãos são moídos e armazenados em silos em condições de anaerobiose. A conservação da SGUM ocorre devido a redução do pH em meio anaeróbico. Em anaerobiose ocorre a produção de ácido lático, pela conversão de carboidratos solúveis e açúcares por bactérias ácido-láticas (JOBIM et al., 1997a).

A SGUM apresenta vantagens econômicas que a colocam como um ingrediente alternativo promissor na alimentação de monogástricos. A antecipação da colheita em 25 dias otimiza o uso da terra para a implantação de outras culturas, ocorre a redução dos custos de transporte e de armazenagem dos grãos. A substituição do milho seco pela SGUM na alimentação de suínos pode reduzir em 14% os custos de produção (OLIVEIRA et al., 2004). Além dos custos reduzidos, o processo de ensilagem melhora a qualidade nutricional (LOPES et al., 2002) e sanitária dos grãos, evitando a contaminação fúngica e de insetos (JOBIM et al., 1997b).

### 1.1.1. Composição química e respostas em suínos

A composição química da silagem de grãos úmidos de milho quando corrigida para 87,11% de matéria seca, apresenta 6,87% de proteína bruta; 3,96% de extrato etéreo, 2,06% de fibra bruta (OLIVEIRA et al., 2006); e 3.454 kcal/kg de energia digestível e 3.353 de energia metabolizável para suínos (SILVA, 2005). Em relação ao milho seco, a SGUM propicia maior disponibilidade de nitrogênio e teores digestíveis de MS e energia metabolizável superiores em suínos (SILVA et al., 2005). Porém, os valores da composição química encontrados na literatura são variáveis (OLIVEIRA et al., 2004; TSE, 2004). Alguns fatores podem interferir na composição como a seleção genética dos grãos, condições edafoclimáticas, a maturação fisiológica no momento da colheita, níveis de adubação, quantidade de sabugos e compactação da silagem no armazenamento (JOBIM et al., 1997a; OLIVEIRA et al., 2004).

Durante o processo fermentativo, ocorre a liberação de ácidos orgânicos provenientes da fermentação dos carboidratos solúveis pelas bactérias. O aumento da digestibilidade da SGUM está relacionado em parte com a ação do pH ácido sobre o amido. Adicionalmente, ocorre o processo calor-umidade definido pelo aquecimento na silagem em temperaturas de 52 a 61°C, provocadas pela liberação de calor durante o processo fermentativo. As atividades de calor-umidade e acidez provocam a ruptura da matriz protéica que recobre os grânulos, aumentando a superfície específica para a atividade enzimática (COSTA et al., 2002; LOPES et al., 2002).

As respostas obtidas em desempenho de leitões em creche indicam que a SGUM reduz a incidência de diarreias (LOPES, 2000; NETO, 2006). A acidificação estomacal, que nessa fase é insuficiente, pode aumentar a degradação da fração protéica e energética, reduzindo a quantidade de substrato para microorganismos patogênicos no trato gastrintestinal (LALLÈS et al., 2004). O ganho de peso e a conversão alimentar em animais alimentados com silagem de grãos úmidos de milho foram superiores em relação aos alimentados com milho seco (LOPES, 2000). O menor pH das rações, a redução na concentração de polissacarídeos não-amiláceos e maior atividade enzimática no trato gastrintestinal de leitões podem contribuir na elucidação desses resultados.

Estudos em digestibilidade realizados com suínos em creche, crescimento e terminação verificaram o aumento das frações digestível e metabolizável de energia (SILVA et al., 2005) e maior digestibilidade da MS, PB, Ca e P (TSE, 2004) de dietas SGUM em

relação aos grãos secos de milho. Dessa forma, a liberação de HCl e secreções gástricas será estimulada pela acidez do meio e a atividade enzimática poderá ser maior. Além disso, a redução do pH pode aumentar a dissociação de compostos minerais da dieta, formando complexos quelatados e melhorar a sanidade intestinal (JONGBLOED et al., 2000).

### 1.1.2. População microbiana na silagem

No início do processo de fermentação, culturas como *Lactococcus lactis*, *Enterococcus faecalis*, *Pediococcus acidilactici*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus buchneri* crescem juntamente com microrganismos aeróbicos, como as leveduras, fungos e bactérias aeróbicas, devido à presença de ar entre as partículas (WARDYNSKY et al., 1993; DAWSON et al., 1998; KUNG et al., 2000). No entanto, a estabilização da anaerobiose, com queda de pH pelas bactérias lácticas diminui a população de microrganismos aeróbicos.

Em condições de alta temperatura ou queda lenta de pH do meio pode ocorrer o crescimento de microrganismos anaeróbicos deletérios como *Clostridium sp.* e *Listeria sp.* que produzem ácido butírico, amônia, CO<sub>2</sub> e água. A proliferação desses microrganismos aumenta quando a quantidade de bactérias lácticas for insuficiente ou a concentração de carboidratos solúveis for limitada.

As culturas fermentativas e seus produtos da fermentação são variáveis (DANNER et al., 2003). Adicionalmente, a interação de culturas homo e heterofermentativas e a quantidade de substrato podem interferir na composição química das silagens através da conversão de carboidratos em ácidos orgânicos e na degradação da proteína em aminoácidos e aminas (MCDONALD et al., 1991). A quantidade de substrato é determinante para o desenvolvimento de microrganismos fermentativos. As silagens de grãos úmidos de milho apresentam maiores concentrações de carboidratos solúveis em relação às silagens de forrageiras.

O emprego de inoculantes durante a conservação da SGUM foi avaliado por PHILLIP e FELLNER (1992) e SEBASTIAN et al.(1996) que verificaram menores valores de N-amoniaco e menores perdas de MS. Entretanto, não houve modificação no padrão fermentativo. A utilização de inoculantes é expressiva em forrageiras conservadas com o objetivo de melhorar a digestibilidade e modificar a composição química (SANTOS;

ZANINE, 2006). Grande parte dos inoculantes são associações de bactérias lácticas e enzimas como celulasas, hemicelulasas e amilases que podem aumentar a digestão de carboidratos estruturais e não estruturais, transformando estes carboidratos em açúcares solúveis e utilizados pela fermentação bacteriana (WEINBERG; MUCK, 1996).

### 1.1.3. Estabilidade aeróbica

A estabilidade aeróbica da silagem pode ser avaliada como o tempo de resistência da massa ensilada à degradação após a retirada do silo (EVANGELISTA et al., 2004), sendo também considerada como o tempo necessário para que a silagem atinja temperaturas superiores a 2°C em relação à temperatura ambiente (TAYLOR; KUNG, 2002). A produção de ácido lático e a maior compactação são fatores determinantes na estabilidade aeróbica (VELHO et al., 2007). No entanto, silagens bem preservadas são mais propensas à deterioração aeróbica (PATRICIO et al., 2006). Após a exposição ao ar, ocorre rápida multiplicação de bactérias do gênero *Clostridium sp.*, fungos e leveduras (SEBASTIAN et al., 1996). A alta concentração de ácido lático e de açúcares presente na silagem será utilizada por estes microorganismos, aumentando a temperatura da silagem através da conversão dos nutrientes em CO<sub>2</sub>, ácido butírico e etanol (Apêndice A) (WARDYNSKY et al., 1993; BORREANI et al., 2007).

### 1.1.4. Deterioração aeróbica

Os principais fatores que interferem nas perdas nutricionais durante a conservação e desensilagem estão relacionados com a quantidade de silagem retirada diariamente (KLEINSCHMIT et al., 2005). O perfil de fermentação e a utilização de aditivos (WEINBERG; MUCK, 1996), além do sistema de fechamento e vedação do silo (BORREANI et al., 2007). Características físicas como o conteúdo de MS, o tamanho de partículas e densidade de compactação da silagem, podem comprometer a qualidade nutricional (JOHNSON et al., 2002).

A exposição ao ar após a desensilagem e durante o fornecimento é acompanhada pela deterioração aeróbica resultando em perdas nutricionais, em virtude da redução da energia e comprometimento da fração protéica (KUNG et al., 2000). Nesta fase ocorre alta atividade de fungos e leveduras na degradação de ácido lático e de carboidratos solúveis. O processo de transformação libera calor no meio, verificado pelo aquecimento das silagens após a retirada dos silos (HILL; LEAVER, 2002). Em temperaturas maiores, a elevação da temperatura da silagem será maior, uma vez que a temperatura ambiente é considerada um ativador das reações químicas e microbiológicas na silagem (NEUMANN et al., 2007).

O elevado conteúdo de MS das silagens de grãos úmidos em relação às forrageiras pode influenciar na deterioração aeróbica devido à alta porosidade, sendo mais suscetíveis ao calor e perdas por atividade microbiana (MUCK, 1988). Adicionalmente, pode ocorrer baixa atividade de clostrídios na proteólise devido à baixa atividade de água (KIM; ADESOGAN, 2006). No entanto, em silagens quentes ( $>40^{\circ}\text{C}$ ) pode ocorrer a transformação de proteína em amônia, aminas e nitrogênio não protéico por enterobactérias (Apêndice B) (MCDONALD et al., 1991).

A estabilidade aeróbica e as respostas da fermentação foram avaliadas através de uma meta-análise (KLEINSCHMIT; KUNG, 2006). Neste estudo, verificou-se a insuficiência de trabalhos com silagem de grãos úmidos de milho sobre a estabilidade e deterioração aeróbica.

#### 1.1.5. Indicadores de qualidade

Os principais indicadores de qualidade da silagem são o pH, o teor de N amoniacal e a composição e quantidade de ácidos graxos voláteis produzidos (SILVA, 2005). A conservação da silagem se deve ao reduzido pH, mantendo o ambiente anaeróbico livre de enterobactérias e microorganismos deletérios. As silagens de grãos úmidos de milho de boa qualidade devem apresentar valores de pH entre 4,0 e 4,5 (MCDONALD et al., 1991). Os valores de pH podem ser alterados com o aumento dos teores de MS, amônia e queda dos níveis de ácido lático (SEBASTIAN et al., 1996). Os teores de N amoniacal não podem ser superiores a 10% do N total para a fermentação eficiente do material ensilado. Quanto maior for a teor de nitrogênio volátil, como porcentagem do nitrogênio total, pior será a qualidade da silagem, pois indica degradação de compostos protéicos (MCDONALD, 2006).

Os principais ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação são lático, acético, butírico, isobutírico, propiônico, valérico, isovalérico, succínico e fórmico (MCDONALD et al., 1991). Para a avaliação da qualidade da silagem consideram-se os ácidos lático, acético e butírico. As concentrações de ácido lático devem ser superiores aos demais ácidos produzidos. Por apresentar maior constante de dissociação, acidifica rapidamente o meio. A presença do ácido butírico indica atividade clostridiana e está relacionada ao aumento do pH e degradação de proteínas. Altos níveis de ácido acético indicam atividade de enterobactérias e elevação de pH. A presença em níveis elevados de ácidos como o acético e butírico podem ser considerados indicadores negativos da qualidade da silagem (LANES; NETA, 2008).

As principais metodologias empregadas para avaliar a qualidade da silagem de grãos úmidos de milho são através do método de dosagem de ergosterol (MORAES et al., 2003), contagem de unidades formadoras de colônias (PITT; MUCK, 1993), temperatura (KIM; ADESOGAN, 2006) e pH (PHILLIP; FELLNER, 1992).

#### 1.1.6. Aditivos

Os aditivos químicos e biológicos são utilizados para padronizar e aumentar a fermentação, especialmente em condições de baixa capacidade fermentativa (WEINBERG; MUCK, 1996). Os inoculantes contêm culturas vivas de *Lactobacillus* e *Streptococcus* que fermentam açúcares, convertendo-os em ácido lático. Essas bactérias aceleram o processo de acidificação da silagem, reduzindo as perdas de nutrientes, aumentando a estabilidade e a qualidade da silagem (RANJIT; KUNG, 2000).

A adição de acidificantes apresenta melhores resultados em silagens de baixa e lenta fermentação, ocorrendo principalmente em silagens com alto teor de MS (ÍTAVO et al., 2006). O ácido acético pode conferir atividade antifúngica devido à grande dissociação no meio (KIM; ADESOGAN, 2006). O ácido butírico encontrado em silagens sem inoculantes indica a presença de clostrídios. No entanto, a adição de ácidos em baixas concentrações pode aumentar a estabilidade aeróbica (DANNER et al., 2003). Resultados positivos foram verificados com a adição de ácido propiônico (DAWSON et al., 1998). A combinação de ácidos ou tamponantes não influenciam no pH, porém aumentam a estabilidade aeróbica da silagem. A manutenção da estabilidade aeróbica depende do tipo e da concentração dos ácidos utilizados (DANNER et al., 2003).

## 1.2. Ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos são ácidos graxos de cadeia curta com um a sete carbonos, parcialmente dissociados no meio. A presença do grupo  $\text{COOH}^-$  confere aos ácidos carboxílicos, entre outras propriedades, a de serem ácidos fracos e pouco corrosivos. Os ácidos estão distribuídos na natureza na forma de componentes naturais de plantas e tecidos animais. Podem ser encontrados na forma livre e em sais de cálcio, potássio e sódio (GAUTHIER, 2005). Em suínos, são produtos da fermentação microbiana, principalmente em nível de intestino grosso (DIBNER ; BUTTIN, 2002).

Na alimentação humana são utilizados como conservantes e acidulantes, além de conferir cor, odor e sabor aos alimentos e bebidas (MROZ, 2005). Na alimentação animal são empregados como acidificantes em dietas, onde podem apresentar ação antimicrobiana após a ingestão, conferindo a ação como promotor de crescimento (PARTANEN ; MROZ, 1999).

Alguns ácidos orgânicos podem ser empregados como conservantes em dietas devido à ação antifúngica e de reduzir o pH do meio, inibindo a atividade de catalases e descarboxilases exigidas para o crescimento microbiano (MROZ et al., 2000). Em dietas secas, no entanto, os ácidos orgânicos apresentam atividade reduzida, exercendo melhor suas funções após a ingestão e hidratação no sistema digestivo (BELLAYER; SCHEURMANN, 2004). Entretanto, DIXON e HAMILTON (1981) verificaram inibição da atividade microbiológica no milho ou ração contendo 35% de umidade com os ácidos sórbico, propiônico, benzóico e acético.

A adição de ácido benzóico em dietas para leitões em creche proporcionou aumento no ganho de peso, redução e alteração na microflora intestinal, sem interferir na digestibilidade dos nutrientes (KLUGE et al., 2006). FRANCO et al., (2005) verificaram que a mistura de diferentes ácidos orgânicos não modifica o pH gástrico, mas aumenta a utilização da dieta. PARTANEN e MROZ (1999) concluíram, através de meta-análise, que a inclusão de ácidos orgânicos na dieta apresenta benefícios, especialmente em leitões em creche, sendo associado às mudanças na microflora do trato gastrointestinal.

Em porcas, os ácidos orgânicos apresentam atividade antigalácticas e podem prevenir problemas no trato urinário. Além disso, podem contribuir na melhora da digestão, absorção e

retenção de nutrientes orgânicos e inorgânicos, reduzindo a volatilização da amônia e de poluentes (MROZ, 2005).

As variações de respostas nos estudos estão relacionadas aos diferentes tipos e dosagens de ácidos orgânicos (PARTANEN; MROZ, 1999). As diferenças na capacidade tamponante das dietas e a produção luminal de ácidos graxos em segmentos do trato gastrointestinal, podem interferir na microflora e na disponibilidade de substrato para o crescimento bacteriano, desta forma também interferir na ação dos ácidos orgânicos (GAUTHIER, 2002; MROZ, 2005).

### 1.2.1. Propriedades físico-químicas

Os ácidos orgânicos sob a forma de sais de cálcio, sódio e potássio são facilmente manipulados nos processos de elaboração de dietas e são menos voláteis em relação aos ácidos na forma livre. Adicionalmente, são menos corrosivos e mais solúveis em água (PARTANEN; MROZ, 1999).

Os ácidos orgânicos encontrados na forma livre são voláteis, podem apresentar odor e sabor fortes e pouca solubilidade em água. A manipulação destes somente ocorre após o encapsulamento das moléculas com coadjuvantes lipídicos. O encapsulamento permite com que os ácidos não volatilizem, podendo ser ingeridos sem interferir na palatabilidade (MROZ, 2005). Os ácidos encapsulados não sofrem reações de hidrólise até a chegada no intestino delgado, permitindo maior ação sobre o pH elevado nas porções do duodeno e jejuno. Assim, podem ser eficientes no controle de microorganismos que competem com o substrato (MROZ, 2003).

A eficácia dos ácidos em inibir a atividade microbiana depende de sua constante de dissociação ( $pK_a$ ) verificada quando a metade dos íons  $H^+$  estão dissociados em meio aquoso à temperatura de 25°C. Quanto maior a sua constante de dissociação ( $K$ ), menor será seu  $pK_a$  e maior será o poder acidificante do ácido. Ácidos orgânicos com maiores valores de  $pK_a$  são conservantes mais efetivos (FOEGEDING; BUSTA, 1991). A atividade antimicrobiana aumenta com o comprimento das cadeias de carbono que constituem o ácido e valores menores de  $pK_a$  (Apêndice C) (PARTANEN; MROZ, 1999). Além disso, a atividade dos ácidos pode estar relacionada ao peso molecular, visto que ácidos de menor peso molecular

(fórmico e propiônico) apresentam maior efeito nutricional do que ácidos com peso molecular maior (fumárico e cítrico) (BELLAVÉR; SCHEURMANN, 2004).

A capacidade tamponante (poder tampão) é a quantidade de ácido adicionada a 1 kg de alimento, necessário para alcançar o pH 3 ao final de uma hora, à temperatura de 37°C. Se a capacidade tamponante do alimento for muito alta, a variação de pH medida poderá ser pequena e o alimento poderá neutralizar os prótons dissociados pelo ácido. Sendo assim, o potencial acidificante do ácido não depende somente da quantidade e do tipo de ácido envolvido, mas também da capacidade tamponante dos ingredientes da dieta (MACHADO et al., 2007).

As peculiaridades físico-químicas dos ácidos orgânicos, tais como forma sólida ou líquida, aroma, constante de dissociação, ação corrosiva e propriedades higroscópicas, podem influenciar na palatabilidade e praticidade de uso, interferindo nos níveis máximos em que devem ser adicionados (MROZ, 2003).

### 1.2.2. Mecanismos de ação

Os ácidos orgânicos na forma indissociada são lipofílicos e podem atravessar, por difusão passiva, a membrana celular de fungos e bactérias (PARTANEN; MROZ, 1999). A capacidade de dissociação dos ácidos orgânicos e conseqüentemente, a redução do pH no meio confere aos ácidos a ação antimicrobiana. A célula bacteriana apresenta elevado pH em seu citoplasma, na presença de ácidos ocorre a dissociação, resultando na acidificação intracitoplasmática. Além disso, ocorre acúmulo de ânions  $H^+$  provocando toxidez e inibição de reações essenciais como a glicólise (GAUTHIER, 2005). Dessa forma, as atividades enzimáticas e sistemas de transporte de nutrientes são reduzidos, ocorrendo a morte celular ou a diminuição no crescimento bacteriano (DIBNER; BUTTIN, 2002).

Adicionalmente, o processo de transporte de prótons livres para o exterior da membrana celular, aumenta o gasto energético, podendo contribuir para a redução de disponibilidade de energia na proliferação celular (Apêndice D). Por sua vez, os ânions  $RCOO^-$  do ácido, impedem a síntese de DNA, interrompendo o processo de replicação das proteínas. A ação antimicrobiana dos ácidos é efetiva na maioria das culturas bacterianas. Resultados satisfatórios têm sido verificados em bactérias intolerantes ao pH ácido como

*Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*, *Campylobacter* e *Salmonella spp* (DIBNER; BUTTIN, 2002; GAUTHIER, 2005).

A atividade antimicrobiana dos ácidos orgânicos é responsável pelos efeitos de preservação nas dietas e nos alimentos (DIXON; HAMILTON, 1981; DIBNER; BUTTIN, 2002). O estado em que os ácidos orgânicos se apresentam (forma indissociada ou dissociada) é extremamente importante para definir a capacidade de inibir o crescimento bacteriano. Em geral, é necessário de dez a vinte vezes o nível de ácidos dissociados para inibir a atividade microbiana em relação aos ácidos indissociados (GAUTHIER, 2005). Isso pode ser observado pelos baixos níveis de sais de ácidos orgânicos empregados em relação aos avaliados na forma livre (PARTANEN et al., 2002). Entretanto, o encapsulamento pode auxiliar na eficiência e nas quantidades do ácido empregado, evitando a dissociação do ácido na dieta. Assim, a ação do ácido será mais eficiente quando atingir as porções do intestino delgado, sendo necessários menores níveis de utilização.

Os mecanismos de ação dos ácidos orgânicos no trato gastrointestinal não estão totalmente elucidados. Algumas atividades envolvendo a liberação de anions  $H^+$  dissociados no intestino podem servir como barreira contra a colonização de patógenos nas bordas em escova. Através da redução do pH gástrico, podem estimular a produção de HCl e ativar o pepsinogênio, auxiliando na digestão das proteínas (FRANCO et al., 2005). Os ácidos orgânicos podem ser utilizados como fonte energética e precursores da síntese de aminoácidos não essenciais, estimulando o crescimento das células epiteliais e aumentando a capacidade de absorção (MROZ, 2005).

### 1.2.3. Escolha do ácido empregado

A definição na escolha do ácido para a adição em dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho levou em consideração os seguintes aspectos: características físico-químicas ( $pK_a$ , capacidade tamponante, estado sólido e odor); eficácia de ação antimicrobiana *in vivo* e como conservante; dose e forma de mistura e variáveis de desempenho animal de estudos anteriores.

#### 1.2.4. Ácido fumárico

O ácido fumárico é um ácido orgânico dicarboxílico ( $C_4H_4O_4$ ) e ocorre naturalmente no metabolismo. Apresenta-se na forma cristalina, com aroma adstringente e inodoro. No organismo animal, o ácido fumárico é produzido através da degradação da fenilalanina e tirosina, participando do metabolismo intermediário do ciclo da uréia e da síntese de bases púricas (PARTANEN; MROZ, 1999).

O alto potencial de dissociação (pKa) com valores entre 3,02 e 4,38 (GAUTHIER, 2002), permite ao ácido fumárico sua utilização como agente antimicrobiano no trato gastrintestinal de leitões (KNARREBORG et al., 2002). Em relação a outros ácidos e antimicrobianos de síntese, o ácido fumárico apresenta boa eficácia no controle de diarreias pós-desmame (TSILOYIANNIS et al., 2001).

Grande parte dos estudos realizados com o ácido fumárico avalia o desempenho de leitões em creche. Nessa fase, os leitões estão suscetíveis a distúrbios gastrintestinais, ocasionados pelas alterações morfológicas do epitélio intestinal, devido às trocas de dietas. Adicionalmente, os leitões jovens apresentam secreção insuficiente de HCl, essencial na digestão dos nutrientes. A baixa utilização dos nutrientes da dieta pode servir como substrato para o desenvolvimento de patógenos (LALLÈS et al., 2004). O controle destes microorganismos e uma eventual redução no pH do trato gastrintestinal pode aumentar a utilização de nutrientes (RADECKI et al., 1988).

O ácido fumárico apresenta uma capacidade tamponante de 1,55 mEq/100g MS, resistindo bem à alcalinização do meio, permitindo sua utilização na redução do pH das dietas (PARTANEN; MROZ, 1999). O ácido fumárico reduz o pH das dietas com maior intensidade, confirmando suas características como conservante em alimentos e rações (MROZ et al., 2000). Porém, a capacidade tamponante dos ingredientes da dieta deve ser considerada. Dietas ricas em proteínas vegetais e fontes minerais apresentam alta capacidade tamponante (GAUTHIER, 2002). Nesses casos, a dissociação do ácido fumárico pode ser insuficiente, sem acidificar o pH da dieta e no trato gastrintestinal dos animais (DIBNER; BUTTIN, 2002). Assim, a capacidade tamponante das dietas contendo ácido fumárico pode interferir na digestibilidade dos aminoácidos (BLANK et al., 1999).

A adição de ácido fumárico em dietas não altera os balanços da energia, do nitrogênio e a digestibilidade da matéria seca (FALKOWSKI; AHERNE, 1984; RADECKI et al., 1988; GIESTING; EASTER, 1991). No entanto, apresentam valores superiores sendo explicados

pela melhor utilização da energia e proteína no metabolismo intermediário e pelas modificações na atividade enzimática.

Alguns aspectos podem explicar as variações nas respostas obtidas em estudos com o ácido fumárico, tais como: tipo de dieta e capacidade tamponante da mesma, níveis aplicados, forma apresentada (sais ou livre), idade dos animais e associação com outros ácidos.

## **CAPÍTULO 2**

### **CONSERVAÇÃO DE DIETAS ELABORADAS COM SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE MILHO CONTENDO ÁCIDO FUMÁRICO**

Artigo submetido em Janeiro de 2009 à Revista Ciência Rural, sendo apresentado segundo suas normas de publicação.

## **Conservação de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico**

### **Preservation of diets elaborated with high moisture corn with fumaric acid**

#### RESUMO

Um experimento foi realizado para avaliar o efeito do ácido fumárico sobre a conservação de dietas para porcas em lactação elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho. Foram utilizados quatro tratamentos (dieta basal - DB, elaborada a cada 24h; DB + 0,3% de ácido fumárico - AF; DB + 0,6% AF e DB + 0,9% de AF) com cinco repetições cada. As dietas contendo ácido fumárico foram elaboradas a cada 48 horas. A acidificação das dietas foi 14% superior ( $P < 0,01$ ) em dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo 0,9% de ácido fumárico em relação à dieta basal. A temperatura em 48 horas após a elaboração das dietas foi 8% inferior ( $P < 0,01$ ) em dietas contendo 0,9% de ácido fumárico em relação à dieta basal. A adição de até 0,9% de ácido fumárico reduz o pH das dietas. No entanto, o pH aumenta após a elaboração das dietas. A adição de ácido fumárico reduz a temperatura de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho a partir de 24 horas após a fabricação.

*Palavras-chave:* acidificantes, microorganismos, pH, suínos, temperatura

#### ABSTRACT

An experiment was carried out to evaluate the effect of fumaric acid on the preservation of lactating sows diets with high moisture corn. Four treatments were used (basal diet -BD, elaborated each 24h; BD + 0.3% of fumaric acid - FA; BD + 0.6% FA and BD + 0.9% of FA) with five replications each. Diets with fumaric acid were elaborated each 48 hours. The acidification of diets was 14% greater ( $P < 0.01$ ) in diets elaborated with high-moisture corn

containing 0.9% of fumaric acid over basal diet. The temperature in 48 hours after the elaboration of diets was 8% lower ( $P < 0.01$ ) in diets containing 0.9% of fumaric acid than in basal diet. The addition of up to 0.9% fumaric acid reduced the pH of diets. However, the pH increases after its elaboration. The addition of fumaric acid reduced the temperature of diets elaborated with high moisture corn from 24 hours after its fabrication.

*Key Words:* acidifiers, microorganisms, pH, pigs, temperature

## INTRODUÇÃO

O milho é o ingrediente de maior representatividade na alimentação de suínos em vista de sua qualidade nutricional e disponibilidade. Tradicionalmente o milho em grão utilizado nas dietas é armazenado com umidade média de 12% (LOPES et al., 2002). O processo de ensilagem, no entanto, permite a armazenagem de grãos com até 30% de umidade, podendo antecipar o período de colheita em até 30 dias, racionalizar o uso da terra, além de reduzir perdas pós colheita (OLIVEIRA et al., 2004).

A silagem de grãos úmidos de milho (SGUM), durante a conservação em meio anaeróbico, contribui na qualidade sanitária e pode melhorar a disponibilidade dos nutrientes (JOBIM et al., 1997). A SGUM apresenta teores digestíveis de matéria seca, energia bruta e metabolizável superiores aos grãos de milho seco (SILVA et al., 2005). Isso ocorre devido às alterações no endosperma dos grãos durante o processo fermentativo, que através do rompimento das pontes de hidrogênio, aumentam a disponibilidade dos grânulos de amido (LOPES et al., 2002). As vantagens técnicas e econômicas da SGUM têm favorecido sua utilização nas dietas de suínos. Porém o uso diário expõe a massa ensilada ao desenvolvimento de microorganismos (WARDYNSKY et al., 1993).

O comportamento da silagem após sua abertura e retirada do silo, pode ser identificado pela estabilidade aeróbica, que corresponde ao tempo de resistência da massa ensilada à

degradação após a retirada do silo (EVANGELISTA et al., 2004). A modificação no comportamento enzimático e de culturas microbianas pode modificar a estrutura e a qualidade nutricional da silagem após a abertura do silo (VELHO et al., 2006). A instabilidade aeróbica após a desensilagem pode estar relacionada aos microorganismos fermentativos presentes ou desenvolvidos durante a ensilagem (DANNER et al., 2003), aos aditivos e inoculantes (RANJIT & KUNG, 2000), ao conteúdo de MS dos grãos ensilados e a densidade de compactação (JOHNSON et al., 2002, VELHO et al., 2007).

A exposição ao ar torna metabolicamente ativos alguns microorganismos oportunistas, responsáveis pela degradação dos açúcares e pelo aumento da temperatura (RANJIT & KUNG, 2000). Além disso, a proliferação de bactérias do gênero *Clostridium sp.*, fungos e leveduras pode prejudicar a qualidade nutricional da silagem e provocar transtornos sanitários aos animais (MUCK, 1988). Nesse contexto, a alteração química, através da manutenção do pH no meio, pode reduzir a multiplicação destes microorganismos (MROZ, 2005).

Dessa forma, a utilização do ácido fumárico pode, através da acidificação do meio, controlar o crescimento de microorganismos aeróbicos e anaeróbicos indesejáveis. No entanto, há poucas informações no Brasil sobre a utilização de acidificantes em dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento do pH e da temperatura de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho e ácido fumárico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de fevereiro a março de 2008, em uma granja comercial situada na região central do Rio Grande do Sul. Foram utilizadas quatro rações elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo diferentes níveis de ácido fumárico. O

período experimental teve duração de 28 dias. Os tratamentos foram distribuídos em dieta basal - DB, elaborada a cada 24h; DB + 0,3% de ácido fumárico - AF; DB + 0,6% AF e DB + 0,9% de AF, com cinco repetições cada. As dietas contendo ácido fumárico foram elaboradas a cada 48 horas.

A SGUM utilizada no experimento foi armazenada com 27% de umidade e elaborada sem inoculantes. O ácido fumárico adicionado às dietas foi utilizado sob a forma “*feed grade*” (preparado para uso na alimentação animal) com apresentação sólida cristalina e grau de pureza de 99,9 por cento. Na dieta foram utilizados além da SGUM (64,4%), o farelo de soja integral desativado (16,0%), farelo de soja tostado (16,0%) e premix vitamínico e mineral (3,6%). As dietas foram elaboradas de acordo com as condições de fabricação e manejo de rotina da granja comercial. A silagem foi retirada do silo pela manhã (10 horas) e armazenada em sacos de polipropileno. Foram elaboradas, previamente, pré-misturas da silagem, ácido fumárico e suplemento vitamínico e mineral representando 10% das misturas totais. As dietas foram misturadas por 4 minutos em misturador vertical com capacidade de 500 quilogramas. As dietas prontas foram armazenadas em embalagens de polietileno e identificadas de acordo com o tratamento e repetição. A quantidade de ração armazenada na primeira semana em cada embalagem foi de 10kg para a dieta basal e 20kg para as dietas contendo ácido fumárico. Na segunda e terceira semanas foram armazenados 12kg para a dieta basal e 24kg para as dietas contendo ácido fumárico.

As variáveis medidas e observadas nas dietas foram (a) temperatura: medida diariamente a cada 12 horas. Para essas medidas foi utilizado um termômetro digital (0,1°C), introduzindo-o no ponto central da embalagem e a 15cm de profundidade. Foram avaliados os seguintes horários de coleta: 0, 12, 24, 36 e 48 horas para os períodos de início, sete, 14, 21 e 28 dias de experimento; (b) pH: as leituras foram realizadas diariamente a cada 24 horas. Foram coletados 10g de ração e diluídos em 25mL de água destilada de acordo com a

metodologia proposta por PHILLIP & FELLNER (1992), sendo avaliados às 0, 24 e 48 horas no início, sete, 14, 21 e 28 dias de experimento; (c) temperatura ambiente: medida diariamente a cada 12 horas. As dietas basais (dieta normal da granja) foram mantidas por 48 horas no ambiente experimental para as avaliações de pH e temperatura.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão e variância pelo procedimento GLM em nível de 5% de probabilidade. Os efeitos de ambiente (salas experimentais) e da quantidade armazenada nas embalagens foram analisados preliminarmente, porém sem significância, sendo retirados do modelo estatístico. Para a avaliação das dietas foi aplicado o modelo  $y_{ij} = \mu + T_{aci} + \varepsilon_{ij}$  ( $y_{ijk}$  são as variáveis dependentes;  $T_{aci}$  é o efeito dos níveis de ácido fumárico e  $\varepsilon_{ijk}$  é o erro aleatório residual). As eventuais diferenças entre as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico Minitab (MCKENZIE & GOLDMAN, 1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações de regressão para o pH nas dietas são apresentadas na tabela 1. A equação  $Y=5,57-0,192AF+0,0070hs$  ( $R^2=0,53$ ), verificada no início do experimento, indica uma redução de 0,192 unidades de pH da dieta para cada kg ou % de ácido fumárico adicionado por tonelada de ração e aumento de 0,007 unidades de pH a cada hora após a elaboração da ração. Aos sete dias, a redução do pH foi de 0,24 unidades para cada kg ou % de ácido fumárico adicionado por tonelada de ração um aumento de 0,008 unidades no pH a cada hora após sua elaboração ( $Y=5,63-0,244AF+0,0087hs$ ;  $R^2=0,80$ ). No período total foi verificada redução de 0,23 unidades de pH por kg de ácido fumárico adicionado à dieta e um aumento de 0,009 unidades no pH a partir da primeira coleta ( $Y=5,55-0,233AF+0,0096hs$ ;  $R^2=0,61$ ).

Na figura 1 são apresentados as médias de pH das dietas. As dietas basais apresentaram valores de pH superiores em todos os períodos de coleta. Considerando o comportamento do

pH durante as 48 horas após a elaboração das dietas, os valores de pH aumentaram em 5,6% (0,9%AF); 5,9% (0,6%AF); 9,8% (0,3%AF) e 12,3% em dietas basais. É provável que o aumento nos valores de pH em dietas basais e o aumento de pH observado em todas as dietas após a elaboração esteja relacionado com o desenvolvimento de microorganismos aeróbicos e anaeróbicos, indicando também, baixa estabilidade aeróbica após a retirada dos silos.

A proliferação de microorganismos aeróbicos, como fungos e leveduras, ocorre após a retirada da silagem dos silos. Estes microorganismos competem com bactérias ácido-láticas pela utilização dos carboidratos solúveis, produzindo etanol, CO<sub>2</sub> e ácidos voláteis, como o butírico (WARDYNSKY et al., 1993). Bactérias anaeróbicas do gênero *Clostridium sp.* apresentam maior utilização de carboidratos solúveis em silagens de maior conteúdo de MS, sendo encontradas em silagens de grãos úmidos de milho (MUCK, 1988). A baixa produção de ácido lático pelas bactérias fermentativas pode ser um indicativo do aumento do pH e de baixa estabilidade aeróbica na massa ensilada.

A atividade tamponante baixa e a resistência à alcalinização do meio possibilitam a utilização do ácido fumárico na redução do pH das dietas (GAUTHIER, 2002). A adição de ácido fumárico em dietas com altos teores de umidade, como a SGUM, pode reduzir a presença de coliformes, a atividade de fungos, leveduras e bactérias do gênero *Clostridium sp.* e *Escherichia sp.* (PARTANEN & MROZ, 1999). Assim, bactérias que apresentam alta atividade de degradação em pHs acima de 5,0 podem ter sua atividade reduzida.

A redução do pH das dietas permite a conservação e estabilização do meio bacteriano, mantendo a qualidade nutricional da silagem. Os ácidos orgânicos apresentam melhores respostas em silagens de grãos úmidos de milho devido ao alto conteúdo de MS que confere baixa e lenta fermentação. Entretanto, a adição de acidificantes deve considerar o teor de MS da silagem, a quantidade de açúcares solúveis e a capacidade tamponante de cada ácido (MUCK, 1988). Ácidos como o propiônico (DAWSON et al., 1998) e acético (DANNER et

al., 2003) apresentaram resultados positivos quanto à conservação e redução de microorganismos deterioradores em silagens. Neste estudo, no entanto, a elaboração das dietas com ingredientes tamponantes como o suplemento vitamínico e mineral e fontes protéicas de origem vegetal possam ter influenciado na elevação do pH após a fabricação. Quando a capacidade tamponante das dietas é alta, os prótons liberados pelo ácido fumárico podem ser neutralizados, não mantendo o pH reduzido. Dessa forma, bactérias tolerantes a pHs >5,0 podem aumentar sua atividade de degradação de carboidratos solúveis.

As leituras de temperatura nas dietas são apresentadas na tabela 2. No início (0h) das coletas, a temperatura das dietas contendo ácido fumárico foram 6,5% maiores ( $P<0,01$ ) em relação às dietas controle nos períodos de início de experimento, sete e 14 dias. Para as 24 horas de coleta, as dietas com adição de ácido fumárico apresentaram temperaturas inferiores ( $P<0,01$ ) em relação às dietas basais no início, sete, 14 e 28 dias. As dietas contendo 0,9% de ácido fumárico apresentaram redução na temperatura de 14% e 7% ( $P<0,01$ ) em 48 horas de avaliação nos primeiros 14 dias e no período total de avaliação em relação às dietas basais.

A temperatura das dietas pode ser influenciada pela temperatura ambiente, pelo processo de compactação, pela quantidade de sabugos e pela população de microorganismos presente na massa ensilada (RANJIT & KUNG, 2000). Neste estudo, a temperatura ambiente foi utilizada como co-variável, reduzindo a influência sobre os resultados obtidos nas leituras de temperatura em dietas.

O comportamento da temperatura de dietas avaliadas durante 48 horas está apresentado na figura 2. O aumento da temperatura ambiente pode elevar a temperatura da silagem, sendo responsável pela ativação de reações químicas e microbiológicas (NEUMANN et al., 2007). Além disso, ocorre a liberação de calor durante o processo de transformação dos nutrientes pelos microorganismos anaeróbicos, leveduras e fungos (PARTANEN & MROZ, 1999). É provável que na faixa de pH verificada neste estudo, parte dos microorganismos

deterioradores tenha sido controlada. No entanto, o aumento na concentração de carboidratos solúveis, através da adição de outros ingredientes da dieta, interfira na produção de calor e manutenção de temperaturas mais elevadas.

A temperatura interfere diretamente na taxa de deterioração da massa ensilada, aumentando a atividade microbiana, refletindo em maior oxidação da MS e liberação de CO<sub>2</sub>. As elevações de temperatura podem ser verificadas até dez dias após a exposição aeróbica (HILL & LEAVER, 2002). Este aquecimento pode aumentar a formação de complexos Maillard (MUCK, 1988), resultando em perdas na qualidade nutricional (PATRICIO et al., 2006). Adicionalmente, ocorre a formação de ácidos que interferem na palatabilidade da dieta como butírico e propanediol (DANNER et al., 2003) e derivados de cetonas (KIM & ADESOGAN, 2006).

A utilização de ácidos orgânicos como conservante em grãos e forrageiras ensiladas vem sendo pesquisadas (PATRICIO et al., 2006, NEUMANN et al., 2007). No entanto, os estudos com silagens de grãos úmidos de milho sobre a manutenção da estabilidade aeróbica e a conservação por períodos superiores a 24 horas são incipientes e pouco conclusivos.

## CONCLUSÕES

A adição de até 0,9% de ácido fumárico reduz o linearmente pH das dietas. No entanto, o pH aumenta ao longo das horas avaliadas.

A adição de ácido fumárico reduz a temperatura das dietas a partir de 24 horas após a elaboração.

## AGRADECIMENTOS

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas concedidas à Cheila Roberta Lehen, Carlos Augusto Rossi e Luciano Hauschild. Ao Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão

da bolsa de Produtividade em Pesquisa a Paulo Alberto Lovatto. Ao Enio Einloft Scholz e funcionários da Granja Toropi, pela colaboração.

#### REFERÊNCIAS

DANNER, H. et al. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, v.69, p.562-567, 2003.

DAWSON, T. E. et al. Improved fermentation and aerobic stability of ensiled, high moisture corn with the use of *propionibacterium acidipropionici*. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.1015-1021, 1998.

EVANGELISTA, A. R. et al. Perdas na conservação de forragens. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2004. Universidade Estadual de Maringá. p 75-112.

GAUTHIER, R. The mode of action of acidifiers and the interest they generate in the growing-finishing phase. In: CURRENT DEVELOPMENTS IN PIG PRODUCTION, 2002. Maisons-Alfort.

HILL, J.; LEAVER, J. D. Changes in chemical composition and nutritive value of urea treated whole crop wheat during exposure to air. **Animal Feed Science and Technology**, v.102, p.181-195, 2002.

JOHNSON, L. M. et al. Corn silage management: Effects of maturity, inoculation and mechanical processing on pack density and aerobic stability. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.434-444, 2002.

KIM, S. C.; ADESOGAN, A. T. Influence of ensiling temperature, simulated rainfall, and delayed sealing on fermentation characteristics and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.3122-3132, 2006.

- LOPES, A. B. R. C. et al. Efeito do processo de ensilagem de grãos úmidos de milho nas características microscópicas do amido. **Brazilian Journal Food and Technology**, v.5, p.177-181, 2002.
- MCKENZIE, J.; GOLDMAN, R. N. **The Student Edition of Minitab for Windows Manual: Release 12**. Belmont: Addison-Wesley Longman, Incorporated, Softcover ed., 1999. 592p.
- MROZ, Z. Organic acids as potential alternatives to antibiotic growth promoters for pigs. **Advances in Pork Production**, v.16, p.169-182, 2005.
- MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2992-3002, 1988.
- NEUMANN, M. et al. Efeito do tamanho de partícula e da altura de corte de plantas de milho na dinâmica do processo fermentativo da silagem e no período de desensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1602-1613, 2007.
- OLIVEIRA, R. P. D. et al. Valor nutritivo e desempenho de leitões alimentados com rações contendo silagem de grãos úmidos de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.146-156, 2004.
- PARTANEN, K. H.; MROZ, Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. **Nutrition Research Reviews**, v.12, p.117-145, 1999.
- PATRICIO, V. M. I. et al. Avaliação nutricional da silagem de grãos úmidos de sorgo de alto ou de baixo conteúdo de taninos para leitões na fase de creche. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1406-1415, 2006.
- PHILLIP, L. E.; FELLNER, V. Effects of bacterial inoculation of high-moisture ear corn on its aerobic stability, digestion, and utilization for growth by beef steers. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3178-3187, 1992.

RANJIT, N. K.; KUNG, L., JR. The Effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a Chemical Preservative on the Fermentation and Aerobic Stability of Corn Silage. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.526-535, 2000.

SILVA, A. A. et al. Digestibilidade e balanços metabólicos da silagem de grãos úmidos de milho para suínos. **Ciência Rural**, v.35, p.877-882, 2005.

VELHO, J. P. et al. Alterações bromatológicas nas silagens de milho submetidas a crescentes tempos de exposição ao ar após "desensilagem". **Ciência Rural**, v.36, p.916-923, 2006.

VELHO, J. P. et al. Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1532-1538, 2007.

WARDYNSKY, F. A. et al. Effect of microbial inoculation of high-moisture corn on fermentation characteristics, aerobic stability and cattle performance. **Journal Animal Science**, v.71, p.2246-2252, 1993.

Tabela 1. Equações de regressão do pH de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico (AF)

Período	Equação	R <sup>2</sup>	Probabilidade <sup>1</sup>
Início	$Y=5,57-0,192AF^*+0,0070hs^{**}$	0,53	<0,001
7 dias	$Y=5,63-0,244AF+0,0087hs$	0,80	<0,001
14 dias	$Y=5,52-0,180AF+0,0077hs$	0,64	<0,001
21 dias	$Y=5,46-0,265AF+0,0143hs$	0,77	<0,001
28 dias	$Y=5,54-0,280AF+0,0114hs$	0,61	<0,001
Total	$Y=5,55-0,233AF+0,0096hs$	0,61	<0,001

<sup>1</sup>P - probabilidade (P<0,05); R<sup>2</sup> – coeficiente de regressão; \*kg/ton de ácido fumárico; \*\* horas após a elaboração da ração.

Tabela 2 - Temperatura da ração de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico (AF)

Horário de coleta, h	Período experimental*					
	Início	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	Total <sup>4</sup>
0						
Dieta Basal (DB)	29,9	30,1 <sup>a</sup>	30,6 <sup>a</sup>	30,3	28,1 <sup>a</sup>	29,8 <sup>a</sup>
DB + 0,3% AF	29,6	33,5 <sup>b</sup>	31,2 <sup>b</sup>	30,0	29,2 <sup>b</sup>	30,6 <sup>b</sup>
DB + 0,6% AF	30,1	31,2 <sup>c</sup>	31,7 <sup>b</sup>	30,2	29,5 <sup>b</sup>	30,5 <sup>b</sup>
DB + 0,9% AF	30,4	31,3 <sup>c</sup>	31,8 <sup>b</sup>	29,7	29,7 <sup>b</sup>	30,5 <sup>b</sup>
epr <sup>2</sup>	1,08	0,39	0,77	1,12	0,98	1,06
Probabilidade <sup>3</sup>						
Tratamento	0,35	0,01	0,01	0,47	0,01	0,01
24						
Dieta Basal (DB)	26,5 <sup>a</sup>	30,6 <sup>ab</sup>	28,2	31,0	28,5 <sup>a</sup>	28,6 <sup>a</sup>
DB + 0,3% AF	25,0 <sup>b</sup>	32,6 <sup>a</sup>	29,5	31,1	29,1 <sup>b</sup>	29,3 <sup>b</sup>
DB + 0,6% AF	25,2 <sup>b</sup>	28,4 <sup>b</sup>	28,1	30,3	26,8 <sup>ab</sup>	27,8 <sup>ab</sup>
DB + 0,9% AF	24,8 <sup>b</sup>	27,9 <sup>bc</sup>	28,0	32,8	27,3 <sup>ab</sup>	29,1 <sup>b</sup>
Epr	0,79	1,51	1,74	2,87	2,45	2,66
Probabilidade						
Tratamento	0,01	0,01	0,06	0,19	0,04	0,01
48						
Dieta Basal (DB)	30,6 <sup>a</sup>	35,5 <sup>a</sup>	33,0 <sup>a</sup>	32,4	29,0	32,0 <sup>a</sup>
DB + 0,3% AF	27,7 <sup>b</sup>	31,1 <sup>b</sup>	31,0 <sup>a</sup>	31,5	29,6	30,5 <sup>ab</sup>
DB + 0,6% AF	26,8 <sup>b</sup>	29,9 <sup>b</sup>	31,4 <sup>a</sup>	32,8	30,2	30,5 <sup>ab</sup>
DB + 0,9% AF	26,4 <sup>b</sup>	30,5 <sup>b</sup>	29,4 <sup>b</sup>	33,5	28,5	29,9 <sup>b</sup>
Epr	2,06	2,04	3,04	3,60	2,97	3,28
Probabilidade						
Tratamento	0,02	0,01	0,01	0,54	0,48	0,01

\*médias de temperatura do least squares means (LSM) e a temperatura ambiente utilizada como co-variável; <sup>2</sup>epr - erro padrão residual, <sup>3</sup>P - probabilidade (P<0,05); <sup>a, b, c</sup> letras diferentes na mesma coluna e horário de coleta diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05); <sup>4</sup>efeito do período utilizado no modelo estatístico.

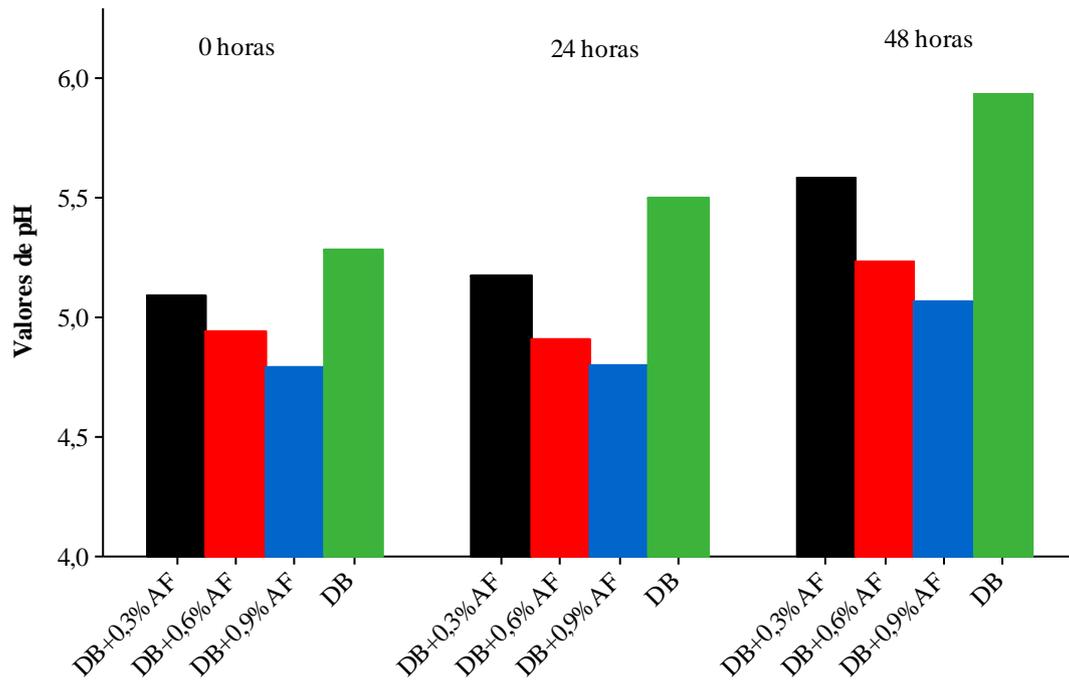


Figura 1. Valores de pH observados em dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico

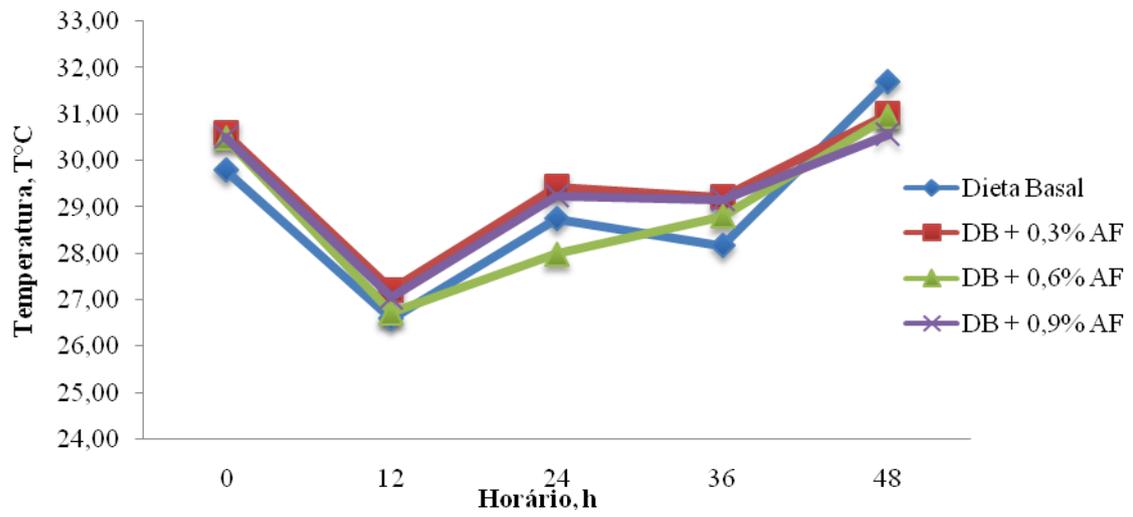


Figura 2. Temperatura da ração de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico

## **CAPÍTULO 3**

### **ALIMENTAÇÃO DE PORCAS LACTANTES COM DIETAS ELABORADAS COM SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE MILHO CONTENDO ÁCIDO FUMÁRICO**

Artigo submetido em Novembro de 2008 à Revista Ciência Rural, sendo apresentado segundo suas normas de publicação.

**Alimentação de porcas lactantes com dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos  
de milho contendo ácido fumárico**

**Lactating sows feeding with high moisture corn diets containing fumaric acid**

RESUMO

Um experimento foi realizado para estudar o efeito de dietas de lactação elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico sobre os desempenhos de porcas lactantes e suas leitegadas. Foram utilizadas vinte porcas de genética comercial em um delineamento de blocos ao acaso com quatro tratamentos (dieta basal - DB, elaborada a cada 24 h; DB + 0,3% de ácido fumárico - AF; DB + 0,6% AF e DB + 0,9% de AF) com cinco repetições cada. As dietas contendo ácido fumárico foram elaboradas a cada 48 horas. O consumo médio diário de ração das porcas lactantes foi de 7,42 kg de matéria natural não diferindo ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos. A adição de 0,9% de ácido fumárico nas dietas reduziu ( $P<0,01$ ) em 6% o pH do leite. O ganho médio diário e o peso vivo médio dos leitões não diferiram ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos. A adição de ácido fumárico nas dietas não altera os desempenhos de porcas lactantes e de suas leitegadas, mas aumenta ( $P<0,05$ ) a frequência de fezes normais dos leitões.

*Palavras-chave:* acidificantes, condição corporal, leite, pH, suínos

ABSTRACT

An experiment was carried out to evaluate the effect of lactation diets with high moisture corn containing fumaric acid above the performance of lactating sows and their piglets. Twenty sows of commercial genetic lines were used in a randomized complete block

with four treatments (basal diet -BD, elaborated each 24 h; BD + 0.3% of fumaric acid - FA; BD + 0.6% FA and BD + 0.9% of FA) with five replications each. Diets with fumaric acid were elaborated each 48 hours. The average daily feed intake of lactating sows was 7.42 kg of natural matter and was not influenced ( $P>0.05$ ) by treatments. The 0.9% of fumaric acid addition in diets reduced in 6% ( $P<0.01$ ) the pH of milk. The average daily weight gain and average weaning live weight of piglets were not influenced ( $P>0.05$ ) between treatments. The addition of fumaric acid in diets does not alter the performance of lactating sows and piglets, but increased ( $P<0.05$ ) the normal feces frequency in piglets.

*Key Words:* acidifiers, body condition, pH, milk, pigs

## INTRODUÇÃO

A produção de milho no Brasil é de 40 milhões de toneladas, das quais 28% são utilizadas na alimentação de suínos (SINDIRAÇÕES, 2007). Embora este cereal apresente maior disponibilidade energética para monogástricos seus preços no mercado sofrem muitas variações. Diante disso, a substituição por ingredientes alternativos pode contribuir com a redução nos custos de produção.

A silagem de grãos úmidos de milho (SGUM) tem sido proposta como alternativa no controle dos custos, sendo utilizada por manter a qualidade sanitária dos grãos e reduzir os custos de transporte e armazenagem. Por outro lado, o processo de desensilagem aumenta o pH da silagem, contribuindo com a proliferação de bactérias aeróbicas (WARDYNSKY et al., 1993). De modo geral, a população microbiana aeróbica é responsável pela degradação dos açúcares e pelo aumento da temperatura (RANJIT & KUNG, 2000), comprometendo a qualidade nutricional da silagem (VELHO et al., 2006). A alteração química, através da manutenção do pH no meio, pode reduzir a multiplicação destes microorganismos após a

exposição ao ar (MROZ, 2005). Além disso, a acidificação de dietas pode contribuir no desempenho de porcas e leitegadas.

Os ácidos orgânicos e seus sais podem ser utilizados na conservação de dietas permitindo a estabilidade do pH e a redução da capacidade tamponante (STEINER et al., 2006). Em suínos, os ácidos orgânicos podem apresentar ação antimicrobiana (PARTANEN & MROZ, 1999) e imunoestimulante (TSILOYIANNIS et al., 2001). Podem auxiliar na digestibilidade e absorção de nutrientes através do aumento do tempo de retenção gástrica do bolo alimentar (MROZ, 2005).

O ácido fumárico ( $C_4H_4O_4$ ) destaca-se entre os ácidos orgânicos por apresentar alto potencial de dissociação (pKa) com valores entre 3,02 e 4,38 (GAUTHIER, 2002). No organismo animal, o ácido fumárico é produzido através da degradação da fenilalanina e tirosina, participando do metabolismo intermediário do ciclo da uréia e da síntese de bases púricas (PARTANEN & MROZ, 1999). O poder de dissociação do ácido fumárico permite sua utilização como agente antimicrobiano no trato gastrointestinal de leitões (KNARREBORG et al., 2002) e como conservante em alimentos (MROZ et al., 2000). Adicionalmente, sua atividade tamponante baixa lhe confere resistência à alcalinização do meio, o que possibilita sua utilização na redução do pH das dietas (PARTANEN & MROZ, 1999).

No entanto, a baixa estabilidade do pH da silagem não permite a conservação por períodos superiores a 24 horas. Desse modo, exige elaboração diária das dietas sendo motivo de baixa utilização na suinocultura. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de porcas lactantes e de suas leitegadas alimentadas com dietas elaboradas com silagem de grãos contendo diferentes níveis de ácido fumárico elaboradas a cada 48 horas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de fevereiro a março de 2008, em uma granja comercial situada na região central do Rio Grande do Sul. Foram utilizadas 20 porcas de ordens de parto de 1 a 8, com 11 leitões lactentes em média. O período experimental foi de 27 dias (6 dias pré-parto e 21 de lactação). As porcas foram alojadas em celas parideiras, equipadas com comedouros semi-automáticos, bebedouros automáticos e escamoteadores com aquecimento elétrico, distribuídas em duas salas.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições cada. O fator de bloqueamento utilizado foi a ordem de parto (OP) (bloco 1 - OP 1 a 3; bloco 2 - OP 4 a 6; bloco 3 - OP  $\geq 7$ ). Os tratamentos foram distribuídos em Tratamento 1 - basal (dieta normal da granja) elaborada a cada 24 h; Tratamento 2 - dieta basal + 0,3% de ácido fumárico; Tratamento 3 - dieta basal + 0,6% de ácido fumárico; Tratamento 4 - dieta basal + 0,9% de ácido fumárico. As dietas contendo ácido fumárico foram elaboradas a cada 48 horas.

Os grãos úmidos de milho foram armazenados com 27% de umidade sem a adição de inoculantes, ensilados por 120 dias, até a abertura para utilização na fabricação de rações pela granja. O ácido fumárico foi utilizado na forma “*feed grade*”, com apresentação sólida cristalina e grau de pureza de 99,9 por cento. As porcas lactantes receberam dietas isonutritivas e formuladas segundo as exigências nutricionais do (NRC, 1998) ajustadas com base na matéria seca do milho em 12% de umidade. As dietas foram elaboradas com silagem de grãos úmidos de milhos (64,4%), farelo de soja integral desativada (16,0%), farelo de soja tostada (16,0%) e premix vitamínico e mineral (3,6%).

As dietas foram elaboradas de acordo com as condições de fabricação e manejo de rotina da granja comercial. A silagem foi retirada do silo pela manhã e armazenada em sacos de polipropileno. Foram elaboradas, previamente, pré-misturas da silagem, ácido fumárico e

suplemento vitamínico e mineral representando 10% das misturas totais. As dietas foram misturadas por 4 minutos em misturador vertical com capacidade de 500 quilogramas. O manejo alimentar das porcas foi à vontade. As dietas foram fornecidas na primeira semana às 7, 13 e 18 horas, na segunda e terceira semanas às 7, 13, 18 e 24 horas. Após o fornecimento, as sobras de ração foram coletadas e pesadas. A partir dos sete dias, os leitões receberam ração comercial micropelletizada. A ventilação das salas foi controlada com abertura e fechamento de cortinas, de acordo com temperatura ambiental e conforto térmico das porcas.

As variáveis medidas e estimadas nas porcas foram (a) espessura de toicinho de entrada, semanal e saída da maternidade (medida com aparelho de ultra-som Renco Lean Meater a 5,5 cm da linha média lombar a partir da última costela, em ambos os lados) (YOUNG & AHERNE, 2005); (b) consumo de ração (com pesagem das sobras diariamente às 14 h); (c) conversão alimentar das porcas (considerando o consumo médio diário de ração e o ganho de peso dos leitões) e (d) leituras de pH no leite e na urina (medidas semanalmente com pHâmetro digital). As variáveis medidas e observadas nos leitões foram (a) pesos (das leitegadas e ganho diário) ao nascer, semanal e saída da maternidade e (b) consistência de fezes (verificada diariamente, mediante escore de classificação em normal, pastosa e líquida).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM em nível de 5% de significância. Segundo o modelo analítico  $y_{ij} = \mu + T_{aci} + \beta_{amb} + \alpha_{OP} + \varepsilon_{ij}$  onde  $y_{ijk}$  são as variáveis dependentes;  $T_{aci}$  é o efeito dos níveis de ácido fumárico;  $\beta_{amb}$  é o efeito do ambiente (salas experimentais);  $\alpha_{OP}$  é o efeito das ordens de parto e  $\varepsilon_{ijk}$  é o erro aleatório residual. As eventuais diferenças entre as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey. Para a consistência de fezes dos leitões foi utilizado o Teste do Qui-quadrado. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico Minitab (MCKENZIE & GOLDMAN, 1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do desempenho das porcas lactantes são apresentados na tabela 1. Não houve influência ( $P>0,05$ ) dos tratamentos, ordens de parto e ambiente para o consumo de ração, conversão alimentar e espessura de toucinho de porcas lactantes. É provável que a palatabilidade de dietas elaboradas com SGUM e a adição de ácido fumárico não interfira no consumo de alimento de porcas lactantes.

Dietas contendo silagem de grãos úmidos de milho apresentam melhor palatabilidade quando comparadas aos grãos secos. Isso pode estar relacionado à produção de ácidos orgânicos durante o processo de fermentação anaeróbica (OLIVEIRA et al., 2004). A adição de ácido fumárico na forma de sais ou “*feed grade*”, no entanto, não interfere na palatabilidade (MROZ, 2005). A redução do pH da dieta permite a dissociação de compostos minerais podendo formar complexos minerais quelatados, os quais melhoram a sanidade intestinal e reduzem a taxa de esvaziamento gástrico (JONGBLOED et al., 2000). Dessa forma, a utilização de ácido fumárico nas dietas pode estimular a liberação de secreções gástricas e a atividade enzimática (MROZ et al., 2000), melhorando a digestão dos nutrientes.

As medidas de 15 a 20,1 mm de ET obtidas durante a lactação indicam baixa mobilização de reservas corporais. Valores abaixo de 14 mm de ET podem comprometer a eficiência reprodutiva e valores superiores a 20 mm de ET ao parto podem reduzir o consumo de alimento na lactação (YOUNG & AHERNE, 2005). No entanto, o consumo adequado no período da gestação e a adaptação à demanda nutricional na lactação possibilitam a manutenção das reservas corporais (ROSSI et al., 2008). Além disso, a condição corporal das fêmeas é influenciada pelo estágio de produção, ordem de parto e relacionada a fatores genéticos e nutricionais do rebanho (MAES et al., 2004).

Os resultados do pH do leite e da urina são apresentados na tabela 2. Neste estudo, a acidificação do leite foi verificada em porcas alimentadas com dietas contendo ácido

fumárico. Porcas lactantes alimentadas com dietas contendo 0,9% de ácido fumárico tiveram redução em 5% ( $P < 0,01$ ) o pH do leite aos 7 dias e em 7% ( $P < 0,01$ ) aos 14 dias de lactação. O pH é uma função logarítmica, onde pequenas variações em seu valor correspondem a grandes concentrações de  $H^+$  dissociados no meio. Os valores obtidos neste estudo demonstram que as concentrações de  $H^+$  no leite foram 2,6 vezes maiores em todas as porcas alimentadas com dietas contendo ácido fumárico. A equação  $y = 6,89 - 0,353 \text{trat}$  ( $R^2 = 0,84$ ) corresponde a diminuição do pH do leite aos sete dias de lactação, onde ocorre uma redução de 0,35 unidades de pH do leite para cada kg de ácido fumárico adicionados em uma tonelada de ração.

O leite da porca apresenta alta capacidade tamponante contribuindo para o aumento do pH estomacal dos leitões. A adição de acidificantes, no entanto, pode facilmente modificar o pH do leite, devido a liberação de  $H^+$  durante a lactogênese (GAUTHIER, 2002). A acidificação do leite possibilita a redução do pH estomacal dos leitões, aumenta a secreção de renina, o que favorece a formação de coágulos do leite ingerido, melhorando a digestibilidade (PERIS & CALAFAT, 2001), e também, pode aumentar a secreção e ativação de enzimas como a pepsina e inativar inibidores de tripsina (DIBNER & BUTTIN, 2002).

Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos na avaliação do pH da urina de porcas lactantes. É provável que a utilização de ácido fumárico em dietas elaboradas com SGUM não altere o metabolismo urinário das porcas, podendo ser explicada, em parte, pelo tipo de ácido empregado (CANH et al., 1998). O ácido fumárico é um ácido dicarboxílico, o qual é absorvido sob a forma de fumarato por gradientes de  $Na^+$  até a corrente sanguínea sendo utilizado no ciclo de Krebs para a formação de energia (WOLFFRAM et al., 1992). O ácido benzóico, no entanto, reduz o pH urinário através da excreção do ácido hipúrico, o qual libera mais  $H^+$ , acidificando o meio (CANH et al., 1998, MROZ et al., 2000). Dessa forma, alguns fatores como a capacidade tamponante da dieta, o tipo de acidificante e a

composição nutricional das dietas podem influenciar no pH da urina e na emissão de amônia em suínos (AARNINK & VERSTEGEN, 2007).

Os resultados do desempenho das leitegadas de porcas alimentadas com dietas contendo ácido fumárico são apresentados na Tabela 3. O peso e o ganho médio diário de leitões lactentes de porcas alimentadas com diferentes níveis de ácido fumárico não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pelos efeitos de tratamento, ordem de parto e ambiente.

Parte dos resultados obtidos pode ser explicada pela variação entre leitegadas dentro dos tratamentos. Essa diferença pode ser atribuída a variação corporal das fêmeas e ao estágio de lactação (MILLIGAN et al., 2002). Embora o ácido fumárico tenha melhorado a condição sanitária das leitegadas, não foram verificadas diferenças significativas quanto ao ganho de peso dos leitões. Resultados semelhantes foram obtidos com a adição de ácido fumárico e benzóico em dietas elaboradas com SGUM para porcas lactantes (WESCHENFELDER, 2008).

A adição de ácido fumárico em dietas a base de milho-farelo de soja pode melhorar a digestão protéica, no entanto, estes resultados não são confirmados em dietas contendo subprodutos do leite (PARTANEN & MROZ, 1999). As variações de respostas nos estudos estão relacionadas à idade e categoria animal, às diferentes formas e níveis de ácido fumárico utilizados, ao tipo de dieta e capacidade tamponante da mesma e a produção luminal de ácidos graxos voláteis que possibilitam o controle da microbiota (MROZ, 2005).

As fezes normais apresentaram maior frequência ( $P<0,05$ ) em leitões lactentes de porcas alimentadas com dietas contendo 0,3 e 0,9% de ácido fumárico (Figura 1.). As fezes pastosas e líquidas foram maiores ( $P<0,05$ ) em leitões lactentes de porcas alimentadas com dieta basal.

A baixa produção de ácido clorídrico pelos leitões nessa fase e a capacidade tamponante de dietas pré-iniciais comprometem a digestão dos nutrientes, podendo aumentar a

quantidade de substratos para as bactérias patogênicas (CANIBE & JENSEN, 2003, WALSH et al., 2004). A proteína de fonte vegetal e misturas minerais ligam-se ao HCl livre, diminuindo a disponibilidade ácida para a digestão protéica e aumentando o pH do meio, favorável para o crescimento bacteriano (PERIS & CALAFAT, 2001). A acidificação do leite verificada neste estudo pode beneficiar no controle de microorganismos patogênicos reduzindo a competição pelos nutrientes (BLANK et al., 1999). A ação antimicrobiana do ácido fumárico está relacionada ao alto poder de dissociação. Quando o ácido está na forma indissociada atravessa a membrana celular bacteriana, se dissociando no citoplasma alcalino, no qual libera prótons e reduz o pH intracelular. Dessa forma, inibe a ação de enzimas microbianas (catalases e descarboxilases) e o sistema de transporte celular de nutrientes (PARTANEN & MROZ, 1999, GAUTHIER, 2002).

A redução do pH no alimento ingerido apresenta efeitos positivos sobre os processos de digestão, principalmente sobre as proteínas, através do aumento da atividade da pepsina em pH ácido (MROZ, 2005), aumentando a digestibilidade ileal dos aminoácidos (BLANK et al., 1999). Adicionalmente, a presença de ácidos orgânicos no trato gastrintestinal pode estimular a proliferação de células epiteliais (PARTANEN & MROZ, 1999), e aumentar a absorção dos nutrientes através do crescimento das vilosidades (WALSH et al., 2004).

A adição de ácido fumárico pode contribuir no controle de microorganismos patogênicos em leitões em creche (CANIBE et al., 2001). No entanto, suas respostas em leitões lactentes são pouco conhecidas. Os efeitos positivos do ácido fumárico verificados na acidificação do leite das porcas e no escore de fezes de leitões são promissores. Porém, são necessários maiores estudos com animais em lactação.

## CONCLUSÕES

Dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico não alteram o desempenho de porcas lactantes e de leitões. A adição de 0,9% de ácido fumárico em dietas reduz o pH do leite de porcas lactantes. Leitões lactentes de porcas alimentadas com dietas contendo ácido fumárico apresentam maior frequência de fezes normais.

#### AGRADECIMENTOS

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de mestrado de Cheila Roberta Lehnem e doutorado de Carlos Augusto Rossi e Luciano Hauschild. Ao Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Produtividade em Pesquisa de Paulo Alberto Lovatto. Ao Enio Einloft Scholz e funcionários da Granja Toropi, pela colaboração.

#### REFERÊNCIAS

AARNINK, A. J. A.; VERSTEGEN, M. W. A. Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. **Livestock Science**, v.109, p.194-203, 2007.

BLANK, R.; MOSENTHIN, R.; SAUER, W. C. et al. Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibilities in early-weaned pigs. **Journal Animal Science**, v.77, p.2974–2984, 1999.

CANH, T. T.; AARNINK, A. J. A.; MROZ, Z. et al. Influence of electrolyte balance and acidifying calcium salts in the diet of growing-finishing pigs on urinary pH, slurry pH and ammonia volatilisation from slurry. **Livestock Production Science**, v.56, p.1-13, 1998.

CANIBE, N.; JENSEN, B. B. Fermented and nonfermented liquid feed to growing pigs: Effect on aspects of gastrointestinal ecology and growth performance. **Journal Animal Science**, v.81, p.2019-2031, 2003.

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

DIBNER, J. J.; BUTTIN, P. Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. v.11, p.453-463, 2002.

GAUTHIER, R. The mode of action of acidifiers and the interest they generate in the growing-finishing phase. In: CURRENT DEVELOPMENTS IN PIG PRODUCTION, 2002 **Anais**. Maisons-Alfort., 2002.

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

KNARREBORG, A.; MIQUEL, N.; GRANLI, T. et al. Establishment and application of an in vitro methodology to study the effects of organic acids on coliform and lactic acid bacteria in the proximal part of the gastrointestinal tract of piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v.99, p.131-140, 2002.

MAES, D. G. D.; JANSSENS, G. P. J.; DELPUTTE, P. et al. Back fat measurements in sows from three commercial pig herds: relationship with reproductive efficiency and correlation with visual body condition scores. **Livestock Production Science**, v.91, p.57-67, 2004.

MCKENZIE, J.; GOLDMAN, R. N. **The Student Edition of Minitab for Windows Manual: Release 12** Softcover. ed. Belmont: Addison-Wesley Longman, Incorporated, 1999. 592p.

MILLIGAN, B. N.; FRASER, D.; KRAMER, D. L. Within-litter birth weight variation in the domestic pig and its relation to pre-weaning survival, weight gain, and variation in weaning weights. **Livestock Production Science**, v.76, p.181-191, 2002.

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

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

NRC. Nutrient requirements of swine. 10 ed. Washington: National Academy, 189p., 1998.

OLIVEIRA, R. P. D.; FURLAN, A. C.; MOREIRA, I. et al. Valor nutritivo e desempenho de leitões alimentados com rações contendo silagem de grãos úmidos de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.146-156, 2004.

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

PERIS, S.; CALAFAT, F. Acidification and other physiological additives. In: BRUFAU, J. **Feed manufacturing in the Mediterranean region. Improving safety: From feed to food**. . ed. Reus-Spain: CIHEAM-IAMZ, 2001. p. 63-70.

RANJIT, N. K.; KUNG, L., JR. The Effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal Dairy Science**, v.83, p.526-535, 2000.

ROSSI, C. A. R.; LOVATTO, P. A.; WESCHENFELDER, V. A. et al. Metanálise da relação entre espessura de toicinho e variáveis corporais e reprodutivas de porcas gestantes e lactantes. **Ciência Rural**, v.38, p.206-212, 2008.

SINDIRAÇÕES. [2007] **Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal**. Disponível em: <http://www.sindiracoes.org.br/>. Acesso em: 20 maio 2008.

STEINER, A.; ABREU, M.; CORREIA, L. et al. Metabolic response to combined mild heat pre-treatments and modified atmosphere packaging on fresh-cut peach. **European Food Research and Technology** v.222, p.217-222, 2006.

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

VELHO, J. P.; MÜHLBACH, P. R. F.; GENRO, T. C. M. et al. Alterações bromatológicas nas silagens de milho submetidas a crescentes tempos de exposição ao ar após "desensilagem". **Ciência Rural**, v.36, p.916-923, 2006.

WALSH, M. C.; PEDDIREDDI, L.; RADCLIFE, J. S. Acidification of nursery diets and the role of diet buffering capacity. **Swine Research Report -Purdue University**, p.25-36, 2004.

WARDYNSKY, F. A.; RUST, S. R.; YOKOYAMA, M. T. Effect of microbial inoculation of high-moisture corn on fermentation characteristics, aerobic stability and cattle performance. **Journal Animal Science**, v.71, p.2246-2252, 1993.

WESCHENFELDER, V. **Alimentação de porcas lactantes alimentadas com dietas contendo silagem de grãos úmidos de milho e ácidos orgânicos**, Santa Maria - RS Universidade Federal de Santa Maria, 2008 80p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

WOLFFRAM, S.; HAGEMANN, C.; GRENACHER, B. et al. Characterization of the transport of tri- and dicarboxylates by pig intestinal brush-border membrane vesicles, **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.101A, p. 759-767, 1992.

YOUNG, M.; AHERNE, F. Monitoring and maintaining sow condition. **Advances in Pork Production**, v.16, p. 299, 2005.

Tabela 1. Desempenho de porcas lactantes alimentadas com dietas elaboradas com SGUM contendo diferentes níveis de ácido fumárico

Tratamentos	Período da lactação				Total
	7 dias	14 dias	21 dias	médio	
	Consumo de ração, kg				
Basal	6,87	8,11	8,55	7,74	157
0,3% Ac. Fumárico	5,53	7,68	8,63	7,28	153
0,6% Ac. Fumárico	6,47	7,82	8,47	7,59	159
0,9% Ac. Fumárico	6,20	6,98	7,86	7,00	147
epr <sup>2</sup>	0,54	0,96	1,04	0,58	13
Probabilidade <sup>3</sup>					
Tratamento	0,18	0,37	0,43	0,41	0,34
Ordem de Parto	0,51	0,60	0,58	0,39	0,23
Ambiente	0,17	0,74	0,76	0,76	0,32
	Conversão alimentar <sup>3</sup>				
Basal	3,85	3,63	3,50	3,66	-
0,3% Ac. Fumárico	3,66	3,06	3,37	3,37	-
0,6% Ac. Fumárico	4,35	3,21	3,46	3,74	-
0,9% Ac. Fumárico	3,61	3,11	3,55	3,45	-
Epr	1,20	0,98	0,54	0,55	-
Probabilidade					
Tratamento	0,88	0,99	0,69	0,40	-
Ordem de Parto	0,60	0,42	0,12	0,10	-
Ambiente	0,99	0,82	0,14	0,89	-
	Espessura tocinho, mm				
Basal	19,1	18,8	18,2	19,00	-
0,3% Ac. Fumárico	16,3	17,1	17,4	16,70	-
0,6% Ac. Fumárico	18,0	17,4	17,3	17,34	-
0,9% Ac. Fumárico	16,0	15,7	15,0	15,52	-
epr	6,2	5,7	5,5	5,7	-
Probabilidade					
Tratamento	0,95	0,96	0,88	0,96	-
Ordem de Parto	0,78	0,75	0,75	0,71	-

<sup>1</sup>erro padrão residual; <sup>2</sup> nível de 5% de probabilidade; <sup>3</sup> consumo diário de ração/ganho de peso diário da leitegada.

Tabela 2. Avaliação do pH do leite e da urina de porcas em lactação alimentadas com dietas elaboradas com SGUM contendo diferentes níveis de ácido fumárico

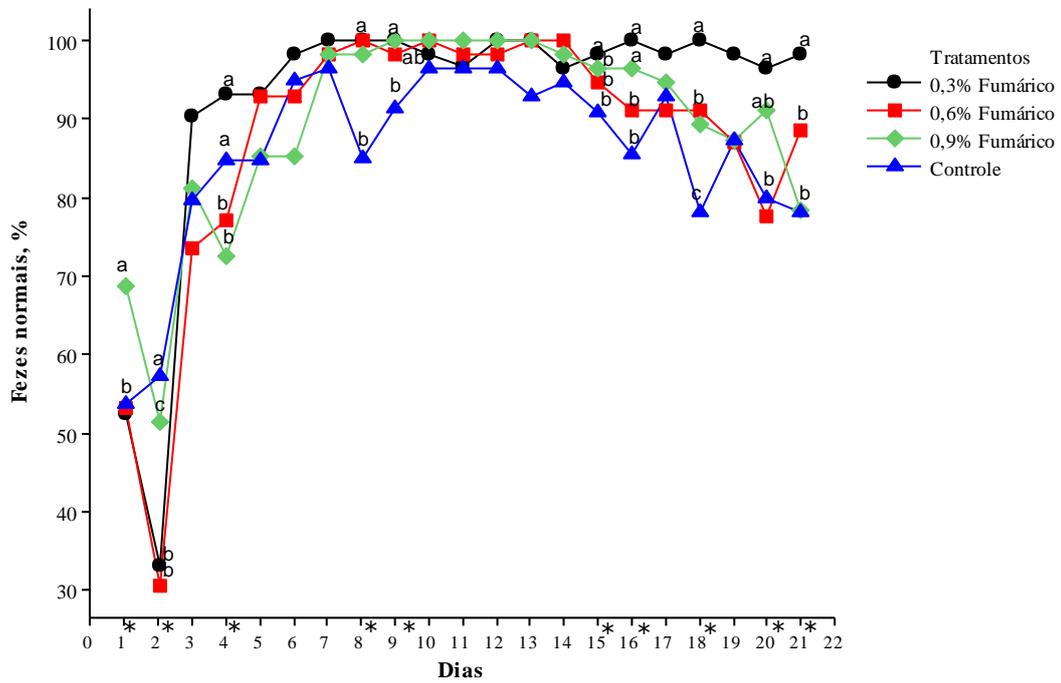
Tratamentos	Início	Período da lactação		
		7 dias	14 dias	21 dias
pH do leite				
Basal	7,00	6,84 <sup>a</sup>	7,08 <sup>a</sup>	6,94
0,3% Ac. Fumárico	6,98	6,84 <sup>a</sup>	6,80 <sup>ab</sup>	6,88
0,6% Ac. Fumárico	6,86	6,74 <sup>a</sup>	6,98 <sup>ab</sup>	6,96
0,9% Ac. Fumárico	6,86	6,52 <sup>b</sup>	6,60 <sup>b</sup>	6,66
epr <sup>2</sup>	0,16	0,14	0,22	0,21
Probabilidade <sup>3</sup>	0,57	0,01	0,01	0,60
pH da urina				
Basal	7,70	7,25	7,08	7,86
0,3% Ac. Fumárico	7,80	7,26	7,32	7,54
0,6% Ac. Fumárico	7,80	7,27	7,40	7,54
0,9% Ac. Fumárico	7,70	7,35	7,27	7,42
epr	0,15	0,16	0,21	0,44
Probabilidade	0,61	0,99	0,20	0,45

<sup>1</sup>epr, erro padrão residual; <sup>2</sup>nível de 5% de probabilidade; <sup>a,b</sup> letras diferentes na mesma coluna diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 3. Peso e ganho médio diário de leitões de porcas em lactação alimentadas com dietas elaboradas com SGUM contendo diferentes níveis de ácido fumárico

Tratamentos	Período da lactação			
	Ao nascer	7 dias	14 dias	21 dias
		Peso vivo, kg		
Basal	1,44	2,66	3,90	5,66
0,3% Ac. Fumárico	1,41	2,44	3,92	5,26
0,6% Ac. Fumárico	1,33	2,37	3,93	5,52
0,9% Ac. Fumárico	1,35	2,39	3,84	5,47
epr <sup>1</sup>	0,20	0,38	0,41	0,48
Probabilidade <sup>2</sup>				
Tratamento	0,92	0,74	0,53	0,97
Ordem de Parto	0,49	0,93	0,30	0,43
Ambiente	0,54	0,68	0,92	0,80
		Ganho médio diário, kg		
		7 dias	14 dias	21 dias
Basal		0,174	0,212	0,250
0,3% Ac. Fumárico		0,147	0,229	0,192
0,6% Ac. Fumárico		0,149	0,237	0,226
0,9% Ac. Fumárico		0,148	0,230	0,232
Epr		0,04	0,02	0,05
Probabilidade				
Tratamento		0,58	0,11	0,68
Ordem de Parto		0,53	0,20	0,99
Ambiente		0,37	0,47	0,82

<sup>1</sup>epr, erro padrão residual; <sup>2</sup>nível de 5% de probabilidade.



<sup>a,b</sup> Letras diferentes no mesmo dia diferem pelo teste de Fischer ( $P < 0,05$ );

Figura 1. Frequência de fezes normais em leitões lactentes avaliados para dietas elaboradas com SGUM contendo diferentes níveis de ácido fumárico

## **CAPÍTULO 4**

### **DISCUSSÃO GERAL**

As metodologias empregadas para avaliar a qualidade da silagem geralmente são realizadas em laboratórios. Alguns métodos como contagem de unidades formadoras de colônias, avaliação da composição química de ácidos graxos voláteis e dosagem de ergosterol não podem ser utilizados em experimentos em granjas. O pH e a temperatura coletados diariamente são métodos acessíveis e que podem auxiliar nos resultados sobre a qualidade da silagem. Outro aspecto relevante é a avaliação das porcas e leitegadas como uma resposta à qualidade das dietas de SGUM após 48 horas de elaboração.

Com relação ao pH das dietas, os resultados quando analisados por horário de coleta, apresentaram redução significativa para os níveis de ácido fumárico (AF) (Apêndice E). Dietas contendo 0,9% AF indicam redução ( $P < 0,01$ ) de 0,87 pontos de pH em relação à dieta basal após 48 horas de elaboração das dietas. De modo geral, houve redução de 0,51 pontos nos valores de pH de dietas AF em relação à dieta basal. A dissociação de  $H^+$  as dietas do ácido fumárico foi 3,24 vezes maior do que em dietas basais.

Neste estudo, em todas as leituras de temperatura nas dietas foram coletados, igualmente dados de temperatura ambiente, sendo este utilizado como co-variável na análise dos dados (Apêndice F). Em dias quentes, as dietas contendo SGUM apresentam temperaturas elevadas, podendo aumentar a liberação de produtos da oxidação, como ácidos graxos voláteis e, comprometer a palatabilidade das dietas (PATRICIO et al., 2006). Em climas tropicais, as silagens apresentam maior deterioração aeróbica após a abertura dos silos (BORREANI et al., 2007). Desse modo, a retirada da SGUM dos silos em diferentes temperaturas pode apresentar resultados variáveis quanto à população de microorganismos aeróbicos e anaeróbicos. Outro fator que pode modificar o comportamento da estabilidade aeróbica da SGUM é o conteúdo retirado diariamente. Estes fatores têm sido apenas estudados em silagem de milho de planta inteira e podem interferir diretamente na qualidade da silagem após a exposição aeróbica (ASCHBELL et al., 2002). Assim, efeitos como temperatura e conteúdo retirado no momento da desensilagem necessitam de maiores observações, com objetivo de elucidar aspectos

relacionados à ativação química e biológica de enzimas e microorganismos durante o processo de deterioração.

A adição de ácidos orgânicos como conservantes em dietas tem sido pouco explorada devido à baixa utilização de ingredientes úmidos, como a SGUM na alimentação animal. Com base nos resultados de pH e temperatura observados, o ácido fumárico pode ser uma alternativa como conservante de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho. Em avaliações posteriores, os níveis utilizados podem ser maiores, desde que as respostas não interfiram negativamente no desempenho zootécnico.

O comportamento verificado pela consistência das fezes dos leitões, no entanto, não apresenta resposta linear dos efeitos da adição do ácido fumárico na dieta. É provável que além da acidificação das dietas, o ácido fumárico possa influenciar no pH estomacal das porcas lactantes e reduzir o pH estomacal dos leitões através da ingestão do leite acidificado. As respostas obtidas com a acidificação de dietas para leitões apresentam resultados variáveis (FREITAS et al., 2006; GONG et al., 2008). No entanto, na literatura não existem relatos sobre a acidez estomacal de leitões através da ingestão de leite acidificado. A acidificação do pH das dietas e do leite de porcas alimentadas com dietas contendo ácido fumárico confirma a eficácia do ácido em dissociar-se facilmente em meio aquoso (GAUTHIER, 2002).

É importante salientar que alguns microorganismos podem apresentar resistência à acidez do meio, devido à produção de ácidos graxos voláteis no trato gastrintestinal e a adição de acidificantes na dieta (CANIBE et al., 2001a). O principal mecanismo de adaptação está relacionado à composição dos ácidos graxos da membrana celular bacteriana, interferindo na permeabilidade da membrana. Adicionalmente, a localização dos microorganismos no trato gastrintestinal, os tipos de colônias microbianas e a quantidade de substrato podem diferir entre leitegadas (PARTANEN; MROZ, 1999). Dessa forma, a colonização microbiana pode interferir na magnitude dos resultados.

O ácido fumárico não melhora as condições sanitárias do trato urinário de porcas lactantes. As vias metabólicas nas quais o ácido fumárico participa, não compreendem a acidificação do ácido hipúrico, o qual poderia alterar o pH urinário e controlar populações de microorganismos patogênicos (MROZ, 2005). Dessa forma, os resultados observados indicam que o ácido fumárico apresenta efetividade sobre características nutricionais, interferindo nos processos de digestão e absorção. Adicionalmente, a efetividade dos sais orgânicos pode ser comprometida por microminerais adicionados à dieta (CANIBE et al., 2001b). Entretanto, futuras avaliações devem levar em consideração as interações entre minerais, os quais devem ser retirados da dieta experimental.

Diante dos resultados obtidos verifica-se a necessidade de maiores estudos sobre a atividade conservante dos ácidos orgânicos. O emprego de metodologias como contagem de unidades de formadoras de colônias e composição química após a desensilagem podem contribuir na elucidação dos resultados. Além disso, o ajuste de dosagem do ácido empregado e as condições de armazenamento após a desensilagem necessitam maiores avaliações.

Neste estudo, os níveis adicionados foram insuficientes para determinar respostas significativas no desempenho zootécnico de porcas e leitegadas. No entanto, os resultados observados indicam que a adição de ácido fumárico em dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho pode ser uma alternativa viável no controle da deterioração aeróbica após a elaboração das dietas. Além disso, apresenta resultados positivos na condição sanitária de leitões na maternidade. Portanto, os resultados obtidos podem contribuir de forma consistente para explorar esta área de pesquisa.

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSÕES**

A adição de ácido fumárico reduz o pH e a temperatura de dietas de silagem de grãos úmidos de milho a partir de 24 horas após a elaboração. Com base nas avaliações de pH e temperatura, é possível conservar dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho até 48 horas após a fabricação com a adição de 0,9% de ácido fumárico.

Dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico não alteram o desempenho zootécnico de porcas lactantes e de suas leitegadas.

A adição de 0,9% de ácido fumárico em dietas reduz o pH do leite de porcas lactantes. O efeito positivo sobre a acidificação do leite melhorou a condição sanitária dos leitões. Sendo verificada baixa incidência de diarréias em leitões de porcas alimentadas com dietas contendo ácido fumárico.

O trabalho revelou a necessidade de continuar os estudos sobre a conservação de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho após a retirada dos silos levando em conta o tipo de ácido empregado e aspectos relacionados à estabilidade e deterioração aeróbica.

## REFERÊNCIAS

ABIPECS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. **Relatório Anual**. São Paulo, SP, 2009. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/>>. Acesso em: 15 jan 2009.

ASHBELL et al. The effects of the temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, Somerset, v. 28, n. 5, p. 261-263, May, 2002.

BELLAVER, C.; SCHEURMANN, G. **Aplicação dos ácidos orgânicos na produção de aves de corte**. 2004. Palestra realizada na CONFERÊNCIA AVESUI, maio, 2004.

BLANK, R. et al. Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibilities in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, n. 11, p. 2974-2984, Nov., 1999.

BORREANI, G.; TABACCO, E.; CAVALLARIN, L. A new oxygen barrier film reduces aerobic deterioration in farm-scale corn silage. **Journal of Dairy Science**, Stanford, v. 90, n. 10, p.4701-4706, Oct., 2007.

CANIBE, N. **An overview of the effect of organic acids on gut flora and gut health**, Denmark, 2001a. Disponível em: <<http://www-afac.slu.se/Workshop%20Norge>>. Acesso em: 12 jan 2009.

CANIBE, N. et al. Effect of k-diformate in starter diets on acidity, microbiota, and the amount of organic acids in the digestive tract of piglets, and on gastric alterations. **Journal Animal Science**, Savoy, v. 79, n. 8, p. 2123-2133, Aug., 2001b.

COSTA, C.; ARRIGONI, M. B.; SILVEIRA, A. C. **Conservação de grãos úmidos de cereais para alimentação animal**. 2002. Palestra realizada na I CONFERÊNCIA VIRTUAL GLOBAL SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BOVINOS DE CORTE, set. 2002.

DANNER, H. et al. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 69, n. 1, p.562-567, 2003.

DAWSON, T. E.; RUST, S. R.; YOKOYAMA, M. T. Improved fermentation and aerobic stability of ensiled, high moisture corn with the use of propionibacterium acidipropionici. **Journal of Dairy Science**, Stanford, v. 81, n.4, p. 1015-1021, Apr., 1998.

DIBNER, J. J.; BUTTIN, P. Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. **Journal of Applied Poultry Research**, Stanford, v. 11, n. 4, p. 453-463, Winter, 2002.

DIXON, R. C.; HAMILTON, P. B. Evaluation of some organic acids as mold inhibitors by measuring CO<sub>2</sub> production from feed and ingredients. **Poultry Science**, Stanford, v. 60, n. 12, p. 2182-2188, Dec., 1981.

EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; PEREIRA, R. C. **Perdas na conservação de forragens**. 2004. Palestra realizada no SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, out. 2004.

FALKOWSKI, J. F.; AHERNE, F. X. Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 58, n. 4, p. 935-938, Apr., 1984.

FOEGEDING, P. M.; BUSTA, F. F. Chemical food preservatives. In: BLOCK, S. S. **Desinfection, sterilization and preservation**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991. p. 802-832.

FRANCO, L. D. et al. Effect of combinations of organic acids in weaned pig diets on microbial species of digestive tract contents and their response on digestibility. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, München, v. 89, n. 3-6, p. 88-93, Apr./June, 2005.

FREITAS, L. S. et al. Avaliação de ácidos orgânicos em dietas para leitões de 21 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1711-1719, ago., 2006.

GAUTHIER, R. The mode of action of acidifiers and the interest they generate in the growing-finishing phase. 2002. Palestra realizada no CURRENT DEVELOPMENTS IN PIG PRODUCTION, set. 2002.

GAUTHIER, R. **Organic acids and essential oils, a realistic alternative to antibiotic growth promoters in poultry**. 2005. Palestra realizada no I FÓRUM INTERNACIONAL DE AVICULTURA, AVESUI, ago. 2005.

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**, Savoy, v. 69, n. 6, p. 2497-2503, June, 1991.

GONG, J. et al. Characterization of ileal bacterial microbiota in newly-weaned pigs in response to feeding lincomycin, organic acids or herbal extract. **Livestock Science**, Foulum, v. 116, n. 1-3, p. 318-322, July, 2008.

HILL, J.; LEAVER, J. D. Changes in chemical composition and nutritive value of urea treated whole crop wheat during exposure to air. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 102, n. 1-4, p. 181-195, Dec., 2002.

ÍTAVO, C. C. B. F. et al. Padrão de fermentação e composição química de silagens de grãos úmidos de milho e sorgo submetidas ou não a inoculação microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n.3, p. 655-664, jun., 2006.

JOBIM, C. C.; CECATO, U.; CANTO, M. W. D. **Utilização de silagem de grãos de cereais na alimentação animal**. 2001. Palestra realizada no SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, nov. 2001.

JOBIM, C. C. et al. Presença de microorganismos na silagem de grãos úmidos de milho ensilado com diferentes proporções de sabugo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 201-204, fev., 1997a.

JOBIM, C. C.; REIS, R. A.; RODRIGUES, J. A. R. Avaliação da silagem de grãos úmidos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n.3, p. 311-315, mar., 1997b.

JOHNSON, L. M. et al. Corn silage management: Effects of maturity, inoculation and mechanical processing on pack density and aerobic stability. **Journal of Dairy Science**, Stanford, v. 85, n.2, p. 434-444, Feb., 2002.

JONGBLOED, A. W. et al. The effects of microbial phytase, organic acids and their interaction in diets for growing pigs. **Livestock Production Science**, Wageningen, v. 67, n. 1-2, p. 113-122, Dec., 2000.

KIM, S. C.; ADESOGAN, A. T. Influence of ensiling temperature, simulated rainfall, and delayed sealing on fermentation characteristics and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Stanford, v. 89, n. 8, p. 3122-3132, Aug., 2006.

KLEINSCHMIT, D. H.; KUNG, L., JR. A meta-analysis of the effects of lactobacillus buchneri on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. **Journal of Dairy Science**, Stanford, v. 89, n. 10, p. 4005-4013, Oct., 2006.

KLEINSCHMIT, D. H.; SCHMIDT, R. J.; KUNG, L., JR. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Stanford, v. 88, n. 6, p. 2130-2139, June, 2005.

KLUGE, H.; BROZ, J.; EDER, K. Effect of benzoic acid on growth performance, nutrient digestibility, nitrogen balance, gastrointestinal microflora and parameters of microbial metabolism in piglets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, München, v. 90, n. 7-8, p. 316-324, Aug., 2006.

KNARREBORG, A. et al. Establishment and application of an in vitro methodology to study the effects of organic acids on coliform and lactic acid bacteria in the proximal part of the gastrointestinal tract of piglets. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 99, n. 1-4, p. 131-140, Aug., 2002.

KRAEMER, J.; VOORSLUYS, J. L. Silagem de milho úmido uma opção para o gado leiteiro. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz: 1991. p. 257-261.

KUNG, L., JR. et al. Microbial populations, fermentation end-products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. **Journal of Dairy Science**, Stanford, v. 83, n. 7, p. 1479-1486, July, 2000.

LALLÈS, J.-P. et al. Gut function and dysfunction in young pigs: Physiology. **Animal Research**, INRA, v. 53, n. 4, p. 301-316, July/Aug., 2004.

LANES, E. C.; NETA, J. J. S. Como evitar perdas na ensilagem de milho. **Revista Eletrônica de Veterinária**, Garça, v. 9, n. 5, p. 1-12, 1. sem. 2008.

LOPES, A. B. C. R. **Silagem de grãos úmidos de milho em rações de suínos nas fases iniciais** 2000. 46 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

LOPES, A. B. R. C. et al. Efeito do processo de ensilagem de grãos úmidos de milho nas características microscópicas do amido. **Brazilian Journal Food and Technology**, São Paulo, v. 5, p. 177-181, anual, 2002.

MACHADO, G. S.; FONTES, D. O.; CORRÊA, G. S. S. et al. Ácidos orgânicos na alimentação de suínos. **FEPMVZ - Cadernos técnicos de veterinária e zootecnia**. Belo Horizonte, v. 53, p. 33-60, 2. sem., 2007.

MCDONALD, P. **Nutricion animal**. 6. ed. Zaragoza: Acribia, 2006. 581 p.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2nd ed. Marlow, Bucks, UK: Chalcombe Publications, 1991. 340 p.

MORAES, R. J. Q. et al. Dosagem de ergosterol como indicador de contaminação fúngica em milho armazenado. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 70, n. 4, p.483-489, 3. trim., 2003.

MROZ, Z. **Organic acids of various origin and phisico-chemical forms as potential alternatives to antibiotic growth promoters**. 2003. Palestra realizada no INTERNATIONAL SIMPOSIUM ON DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, May, 2003.

MROZ, Z. Organic acids as potential alternatives to antibiotic growth promoters for pigs. In: BANFF PORK SEMINAR, 2005, Banff. **Proceedings...**, University of Alberta, 2005, p. 169-182.

MROZ, Z. et al. The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 78, n. 10, p. 2622-2632, Oct., 2000.

MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, Stanford, v. 71, n. 11, p. 2992-3002, Nov., 1988.

NETO, J. V. **Milho duro e dentado na forma de grãos secos e silagem de grãos úmidos para leitões dos 7 aos 15 kg**. 2006. 44 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

NEUMANN, M. et al. Efeito do tamanho de partícula e da altura de corte de plantas de milho na dinâmica do processo fermentativo da silagem e no período de desensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1602-1613, out., 2007.

OLIVEIRA, R. P. D. et al. Valor nutritivo e desempenho de leitões alimentados com rações contendo silagem de grãos úmidos de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 146-156, fev., 2004.

OLIVEIRA, V.; LOVATTO, P. A.; RIEGER, C. Utilização de silagem de grãos úmidos de milho na alimentação de suínos. 2006. Palestra realizada no SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO ANIMAL, nov. 2006.

PARTANEN, K. et al. Performance of growing-finishing pigs fed medium- or high-fibre diets supplemented with avilamycin, formic acid or formic acid-sorbate blend. **Livestock Production Science**, v. 73, n. 2-3, p.139-152, Jan., 2002.

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

PATRICIO, V. M. I. et al. Avaliação nutricional da silagem de grãos úmidos de sorgo de alto ou de baixo conteúdo de taninos para leitões na fase de creche. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n.4, p. 1406-1415, Ago., 2006.

PHILLIP, L. E.; FELLNER, V. Effects of bacterial inoculation of high-moisture ear corn on its aerobic stability, digestion, and utilization for growth by beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 70, n. 10, p. 3178-3187, Oct., 1992.

PITT, R. E.; MUCK, R. E. A diffusion model of aerobic deterioration at the exposed of bunker silos. **Journal of Agricultural and Engineering Research**, v. 55, n.1, p. 11-26, May, 1993.

RADECKI, S. V.; JUHL, M. R.; MILLER, E. R. Fumaric and citric acids as feed additives in starter pig diets: Effect on performance and nutrient balance. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 66, n. 10, p. 2598-2605, Oct., 1988.

RANJIT, N. K.; KUNG, L., JR. The effect of lactobacillus buchneri, lactobacillus plantarum, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Stanford, v. 83, n. 3, p. 526-535, Mar., 2000.

SANTOS, E. M.; ZANINE, A. M. Silagens de gramíneas tropicais. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 2, n. 1, p.32-45, 1. sem., 2006.

SEBASTIAN, S. et al. Comparative assessment of bacterial inoculation and propionic acid treatment of aerobic stability and microbial populations of ensiled high-moisture ear corn. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, n. 2, p. 447-456, Feb., 1996.

SILVA, A. A. et al. Digestibilidade e balanços metabólicos da silagem de grãos úmidos de milho para suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 877-882, jul./ago., 2005.

SILVA, A. D. A. **Silagem de grãos úmidos de milho: Digestibilidade e balanços metabólicos.** 2005. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

TAYLOR, C. C.; KUNG, L., JR. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. **Journal of Dairy Science**, Stanford, v. 85, n. 6, p. 1526-1532, June, 2002.

TSE, M. L. P. **Valor nutricional da silagem de grãos úmidos de milho com diferentes graus de moagem para leitões na fase de creche.** 2004. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

TSILOYIANNIS, V. K. et al. The effect of organic acids on the control of porcine post-weaning diarrhoea. **Research in Veterinary Science**, Londres, v. 70, n. 3, p. 287-293, June, 2001.

VELHO, J. P. et al. Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n.5, p. 1532-1538, out., 2007.

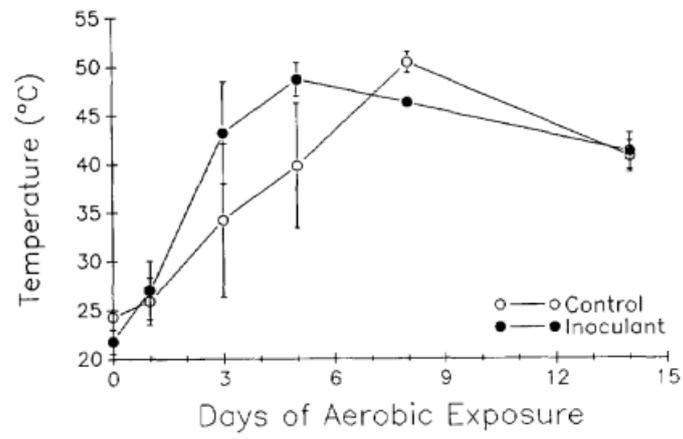
WALSH, M. C.; PEDDIREDDI, L.; RADCLIFE, J. S. Acidification of nursery diets and the role of diet buffering capacity. In: MIDWEST SWINE NUTRITION PROCEEDINGS, 2004, Ohio. **Proceedings...**, Ohio State University Extension, 2004, p. 25-36.

WARDYNSKY, F. A.; RUST, S. R.; YOKOYAMA, M. T. Effect of microbial inoculation of high-moisture corn on fermentation characteristics, aerobic stability and cattle performance. **Journal Animal Science**, Savoy, v. 71, n.8, p. 2246-2252, Aug., 1993.

WEINBERG, Z. G.; MUCK, R. E. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. **FEMS Microbiology Reviews**, Madrid, v. 19, n.1, p. 53-58, Oct., 1996.

## **APÊNDICES**

**APÊNDICE A – Temperatura de silagem de grãos úmidos de milho durante a exposição aeróbica <sup>1</sup>**



<sup>1</sup>Adaptado de WARDYNSKI et al. (1993).

**APÊNDICE B – Vias de produção dos principais ácidos orgânicos e estimativa de perdas de MS e energia em diferentes tipos de fermentação em silagens<sup>1</sup>**

Tipo de fermentação	Perdas	
	Matéria seca	Energia
<b>Lática Homofermentativa</b>		
<i>1 glicose → 2 ácido lático</i>	0,0%	0,7%
<b>Lática Heterofermentativa</b>		
<i>1 glicose → 1 ácido lático</i>		
<i>+ 1 etanol</i>	24,0%	1,7%
<i>+ 1 CO<sub>2</sub></i>		
<i>3 frutose → 1 ácido lático</i>		
<i>+ 2 manitol</i>	4,8%	1,0%
<i>+ 1 ácido acético</i>		
<i>+ 1 CO<sub>2</sub></i>		
<b>Enterobacteriana</b>		
<i>1 glicose → 1 ácido acético</i>		
<i>+ 1 etanol</i>	41,1%	16,6%
<i>+ 2 CO<sub>2</sub></i>		
<i>+ 2 H<sub>2</sub></i>		
<b>Clostridiana</b>		
<i>2 ácido lático → 1 ácido butírico</i>		
<i>+ 2 CO<sub>2</sub></i>	51,1%	18,4%
<i>+ 2 H<sub>2</sub></i>		
<i>3 alanina → 2 ácido propiônico</i>		
<i>+ ácido acético</i>	22,0%	19,0%
<i>+ 3 NH<sub>3</sub></i>		
<i>+ 1 CO<sub>2</sub></i>		

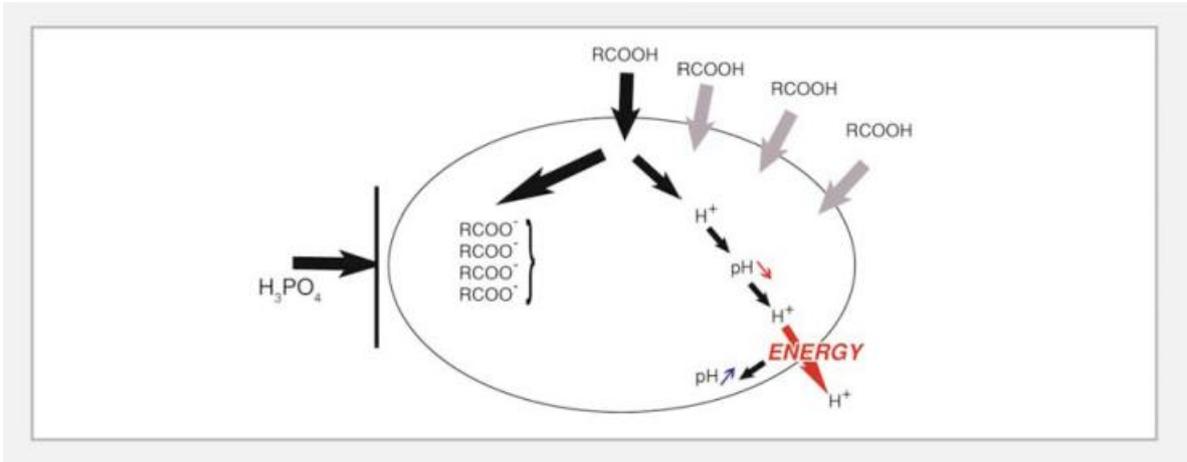
<sup>1</sup>Adaptado de McDONALD et al. (1991).

**APÊNDICE C – Propriedades físico-químicas de diferentes ácidos orgânicos<sup>1</sup>**

<i>Nomes</i>	<i>Fórmula</i>	<i>pKa<sup>2</sup></i>	<i>Solubilidade em H<sub>2</sub>O</i>	<i>Massa, g/mol</i>	<i>Densidade</i>	<i>Forma</i>	<i>Atividade tamponante relativa</i>	<i>Energia bruta, MJ/kg</i>
Fórmico	HCOOH	3,75	Muito boa	46,03	1,220	Líquido	1,96	5,8
Acético	CH <sub>3</sub> COOH	4,76	Muito boa	60,05	1,049	Líquido	1,50	14,8
Propiônico	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	4,87	Muito boa	74,08	0,993	Líquido	1,22	20,8
Lático	CH <sub>3</sub> CH(OH)COOH	3,86	Boa	90,08	1,206	Líquido	1,00	15,1
Fumárico	COOHCH:CHCOOH	3,30 e 4,37	Baixa	116,07	1,635	Sólido	1,55	11,5
Cítrico	COOHCH <sub>2</sub> C(OH)(COOH)CH <sub>2</sub> COOH	3,14; 5,95; 6,39	Boa	192,12	1,665	Sólido	1,41	10,3

<sup>1</sup>Adaptado de VIOLA e VIEIRA (2003), EIDELSBURGER (2001) e ADAMS (1999). <sup>2</sup>pKa é o potencial de dissociação de um ácido, sendo expresso pelo logaritmo negativo da constante de dissociação (Ka) do ácido (-log Ka). O pH no qual metade de um ácido está na forma dissociada (cedendo prótons do grupo carboxílico) é o pKa desse ácido.

**APÊNDICE D – Modo de ação dos ácidos orgânicos sobre a membrana celular bacteriana<sup>1</sup>**



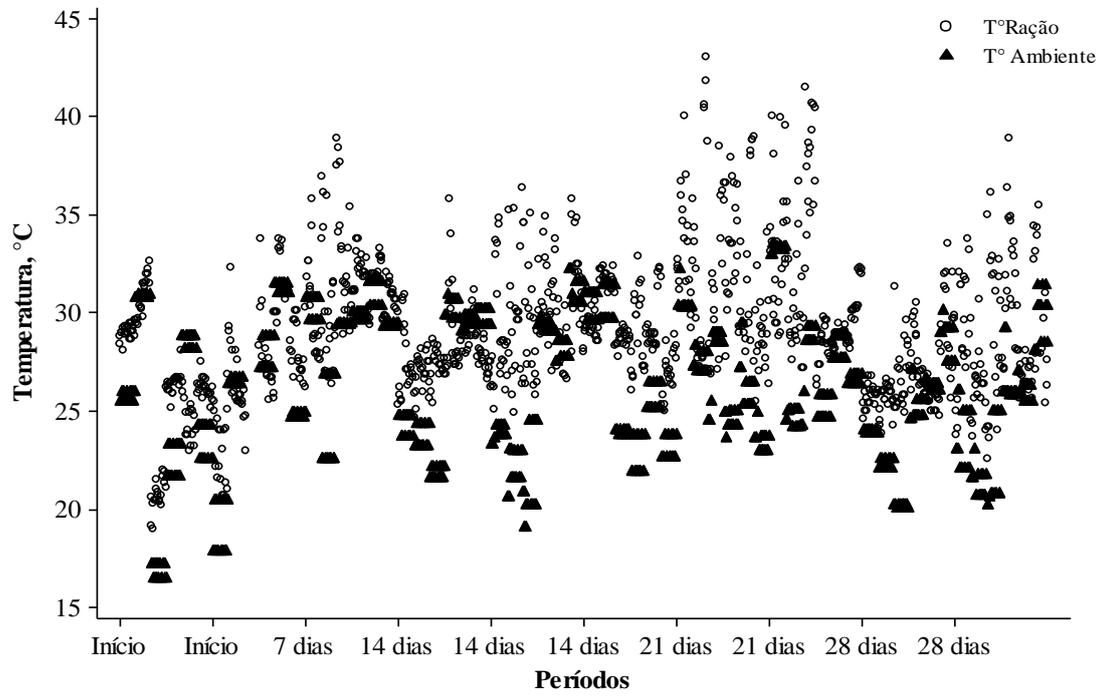
<sup>1</sup>Adaptado de GAUTHIER (2005).

**APÊNDICE E – pH da ração de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho e ácido fumárico (AF)<sup>1</sup>**

Horário de coleta, h	Período experimental					
	0	Início	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
Dieta Basal (DB)	5,35 <sup>a</sup>	5,29 <sup>a</sup>	5,34 <sup>a</sup>	5,16 <sup>a</sup>	5,23 <sup>a</sup>	5,28 <sup>a</sup>
DB + 0,3% AF	5,19 <sup>b</sup>	5,16 <sup>b</sup>	5,16 <sup>b</sup>	4,98 <sup>a</sup>	4,95 <sup>b</sup>	5,08 <sup>b</sup>
DB + 0,6% AF	5,07 <sup>c</sup>	4,96 <sup>c</sup>	5,04 <sup>c</sup>	4,64 <sup>b</sup>	4,85 <sup>bc</sup>	4,94 <sup>c</sup>
DB + 0,9% AF	4,92 <sup>d</sup>	4,88 <sup>c</sup>	4,92 <sup>d</sup>	4,48 <sup>b</sup>	4,64 <sup>c</sup>	4,79 <sup>d</sup>
epr <sup>1</sup>	0,05	0,05	0,08	0,07	0,25	0,17
Probabilidade <sup>2</sup>						
Tratamento	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<hr/>						
24						
Dieta Basal (DB)	5,47 <sup>a</sup>	5,56 <sup>a</sup>	5,45 <sup>a</sup>	5,41 <sup>a</sup>	5,56 <sup>a</sup>	5,50 <sup>a</sup>
DB + 0,3% AF	5,26 <sup>b</sup>	5,24 <sup>b</sup>	5,24 <sup>ab</sup>	5,31 <sup>a</sup>	4,97 <sup>b</sup>	5,18 <sup>b</sup>
DB + 0,6% AF	5,11 <sup>c</sup>	4,98 <sup>c</sup>	4,98 <sup>b</sup>	4,97 <sup>b</sup>	4,65 <sup>bc</sup>	4,90 <sup>cd</sup>
DB + 0,9% AF	5,00 <sup>d</sup>	4,88 <sup>d</sup>	4,84 <sup>b</sup>	4,81 <sup>b</sup>	4,61 <sup>c</sup>	4,80 <sup>d</sup>
epr	0,47	0,06	0,24	0,18	0,30	0,24
Probabilidade						
Tratamento	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<hr/>						
48						
Dieta Basal (DB)	6,00 <sup>a</sup>	6,01 <sup>a</sup>	5,78 <sup>a</sup>	6,06 <sup>a</sup>	5,92 <sup>a</sup>	5,93 <sup>a</sup>
DB + 0,3% AF	5,42 <sup>a</sup>	5,50 <sup>b</sup>	5,71 <sup>a</sup>	5,58 <sup>a</sup>	5,58 <sup>b</sup>	5,58 <sup>b</sup>
DB + 0,6% AF	5,28 <sup>a</sup>	5,14 <sup>c</sup>	5,30 <sup>b</sup>	5,14 <sup>b</sup>	5,27 <sup>c</sup>	5,23 <sup>c</sup>
DB + 0,9% AF	4,98 <sup>b</sup>	5,02 <sup>c</sup>	5,21 <sup>b</sup>	5,10 <sup>b</sup>	4,98 <sup>d</sup>	5,06 <sup>d</sup>
epr	0,06	0,18	0,18	0,16	0,27	0,28
Probabilidade						
Tratamento	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

<sup>1</sup>epr - erro padrão residual, <sup>2</sup>P - probabilidade (P<0,05); <sup>a, b, c</sup> letras diferentes na mesma coluna e horário de coleta diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05); <sup>3</sup>efeito do período utilizado no modelo estatístico.

## APÊNDICE F – Temperatura das rações e do ambiente durante o período experimental<sup>1</sup>



## APÊNDICE G – Produção bibliográfica durante o curso de Mestrado

### Artigos completos em periódicos

CARVALHO, Amanda D'Avila, ZANELLA, Irineo, *LEHNEN, Cheila Roberta*, ANDRETTA, Ines, LANFERDINI, Eloiza, HAUSCHILD, Luciano, LOVATTO, Paulo Alberto Digestibilidade aparente de dietas e metabolismo de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral processada. **Ciência Rural**, v.38, p.477 - 483, 2008.

ROSSI, Carlos Augusto Rigon, LOVATTO, Paulo Alberto, WESCHENFELDER, Volnei Antônio, *LEHNEN, Cheila Roberta*. Meta-análise da relação entre espessura de tocinho e variáveis corporais e reprodutivas de porcas gestantes e lactantes. **Ciência Rural**, v.38, p.206 - 212, 2008.

ROSSI, Carlos Augusto Rigon, LOVATTO, Paulo Alberto, WESCHENFELDER, Volnei Antônio, *LEHNEN, Cheila Roberta*, FRAGA, Bruno Neutzling, ANDRETTA, Ines, CERON, Marcos Speroni. Meta-análise da relação entre espessura de tocinho e variáveis nutricionais de porcas gestantes e lactantes. **Ciência Rural**, v.38, p.1085 - 1091, 2008.

HAUSCHILD, Luciano, LOVATTO, Paulo Alberto, CARVALHO, Amanda D'Avila, ANDRETTA, Ines, *LEHNEN, Cheila Roberta* Relação do zinco e cobre plasmáticos com componentes nutricionais e desempenho de leitões: uma meta-análise. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.427 - 432, 2008.

HAUSCHILD, Luciano, LOVATTO, Paulo Alberto, *LEHNEN, Cheila Roberta*, CARVALHO, Amanda D'Avila, ALEBRANTE, Leandro. Utilização do triticale e de enzimas em dietas para suínos: digestibilidade e metabolismo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, p.470 - 476, 2008.

HAUSCHILD, Luciano, LOVATTO, Paulo Alberto, *LEHNEN, Cheila Roberta*, CARVALHO, Amanda D'Avila, GARCIA, Gerson Guarez, MALLMANN, Carlos Augusto Digestibilidade e metabolismo de dietas de suínos contendo zearalenona com adição de organoaluminossilicato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.219-224, 2007.

LOVATTO, Paulo Alberto, *LEHNEN, Cheila Roberta*, ANDRETTA, Ines, CARVALHO, Amanda D'Avila, HAUSCHILD, Luciano Meta-análise em pesquisas científicas - enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.285 - 294, 2007.

CARVALHO, Amanda D'Avila, HAUSCHILD, Luciano, *LEHNEN, Cheila Roberta*, ANDRETTA, Ines, ZANELLA, Irineo, LOVATTO, Paulo Alberto. Processamento da Soja Integral e Uso em Dietas para Suínos: Digestibilidade e Metabolismo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.2023 - 2028, 2007.

LOVATTO, Paulo Alberto, *LEHNEN, Cheila Roberta*, BERTOLIN, Kalyne, CAVAZINI, Neimar, HAUSCHILD, Luciano. Relação entre fumonisinas na dieta de leitões na creche e a ocorrência do vício de sucção, desempenho e características de alguns órgãos. **Ciência Rural**, v.37, p.1091-1096, 2007.

### Artigos completos aceitos para publicação

ANDRETTA, Ines, LOVATTO, Paulo Alberto, LANFERDINI, Eloiza, *LEHNEN, Cheila Roberta*, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, CARVALHO, Amanda D'Avila, HAUSCHILD,

Luciano, FRAGA, Bruno Neutzling, GARCIA, Gerson Guarez. Alimentação de leitões pré-púberes com dietas contendo aflatoxinas ou zearalenona. **Archivos de Zootecnia** (Universidad de Córdoba), 2009.

LOVATTO, Paulo Alberto, WESCHENFELDER, Volnei Antônio, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, *LEHNEN, Cheila Roberta*, ANDRETTA, Ines. Alimentação de porcas lactantes com dietas contendo silagem de grãos úmidos de milho e ácidos orgânicos. **Ciência Rural**, 2009.

ROSSI, Carlos Augusto Rigon, LOVATTO, Paulo Alberto, *LEHNEN, Cheila Roberta*, MAZUTTI, André, GUILARDI, Paulo Henrique, PIRES, Bárbara Pereira. Indução e sincronização de estro em porcas lactantes através de gonadotrofinas eCG e hCG. **Archivos de Zootecnia** (Universidad de Córdoba), 2009.

#### **Artigos completos submetidos**

*LEHNEN, Cheila Roberta*; LOVATTO, Paulo Alberto; ZANELLA, Irineo; ROSSI, Carlos Augusto, HAUSCHILD, Luciano; MELCHIOR, Raquel. Conservação de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico. **Ciência Rural**, enviado em Janeiro/ 2009.

*LEHNEN, Cheila Roberta*; LOVATTO, Paulo Alberto; ANDRETTA, Ines; CAVAZINI, Neimar; HAUSCHILD, Luciano, ROSSI, Carlos Augusto. Alimentação de leitões com dietas contendo extratos cítricos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, enviado em Dezembro, 2008.

*LEHNEN, Cheila Roberta*; LOVATTO, Paulo Alberto; ZANELLA, Irineo; ROSSI, Carlos Augusto, HAUSCHILD, Luciano; MELCHIOR, Raquel. Alimentação de porcas lactantes com dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico, **Ciência Rural**, enviado em Novembro/ 2008.

*LEHNEN, Cheila Roberta*; LOVATTO, Paulo Alberto; ROSSI, Carlos Augusto HAUSCHILD, Luciano; ANDRETTA, Ines; FRAGA, Bruno; GARCIA, Gerson Guarez. Digestibilidade das dietas e metabolismo de suínos alimentados com dietas contendo bentonita sódica natural, **Ciência Rural**, enviado em Agosto/ 2008.

LOVATTO, Paulo Alberto; *LEHNEN, Cheila Roberta*; ANDRETTA, Ines; HAUSCHILD, Luciano; LOVATO, Gustavo Dias. Modelagem da ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura gaúcha: interface vegetal. **Ciência Rural**, enviado em Julho/ 2008.

#### **Resumos simples em anais de eventos**

CERON, Marcos Speroni, GARCIA, Gerson Guarez, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, *LEHNEN, Cheila Roberta*, LOVATO, Gustavo Dias, ANDRETTA, Ines. Adição de antimicrobianos sintéticos na dieta de leitões In: 23a JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 2008, Santa Maria, RS.

LOVATO, Gustavo Dias, GARCIA, Gerson Guarez, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, *LEHNEN, Cheila Roberta*, POROLNIK, Glauber, ZANELLA, Irineo. Alimentação de porcas lactantes com dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico In: 23a JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 2008, Santa Maria, RS.

LEHNEN, Cheila Roberta, ZANELLA, Irineo, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, GARCIA, Gerson Guarez, POROLNIK, Glauber, LOVATTO, Paulo Alberto. Avaliação do pH do leite e da urina de porcas lactantes alimentadas com dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico In: 23a JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 2008, Santa Maria, RS.

KLEIN, Cristieli Carolina, LEHNEN, Cheila Roberta, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, POROLNIK, Glauber, ZANELLA, Irineo. Conservação de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico In: 23a JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 2008, Santa Maria, RS.

POROLNIK, Glauber, ZANELLA, Irineo, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, LEHNEN, Cheila Roberta, KLEIN, Cristieli Carolina, LOVATO, Gustavo Dias. Desempenho de leitões de porcas alimentadas com dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico In: 23a JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 2008, Santa Maria, RS.

ANDRETTA, Ines, LOVATTO, Paulo Alberto, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, LEHNEN, Cheila Roberta, LANFERDINI, Eloiza, POROLNIK, Glauber. Meta-análise da relação do ácido linoléico conjugado com componentes nutricionais e qualidade de carcaça e carne em suínos In: 23a JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 2008, Santa Maria, RS.

CERON, Marcos Speroni, LOVATTO, Paulo Alberto, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, LEHNEN, Cheila Roberta. Leitões em fase de creche alimentados com dietas contendo ácido ascórbico e bioflavonóides In: 22a JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 2007, Santa Maria, RS.

TAFFAREL, Tais Regina, LOVATTO, Paulo Alberto, LEHNEN, Cheila Roberta, GARCIA, Gerson Guarez, ANDRETTA, Ines, LANFERDINI, Eloiza. Desempenho e características de fezes de suínos alimentados com dietas contendo bentonita sódica In: 22a JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 2007, Santa Maria - RS.

LOVATO, Gustavo Dias, LOVATTO, Paulo Alberto, LEHNEN, Cheila Roberta, ANDRETTA, Ines, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, FRAGA, Bruno Neutzling. Modelagem da ingestão e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura gaúcha: uma interface vegetal In: 22a JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 2007, Santa Maria - RS.

ANDRETTA, Ines, LOVATTO, Paulo Alberto, LEHNEN, Cheila Roberta, LOVATO, Gustavo Dias, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, LANFERDINI, Eloiza. Modelagem do fluxo de suínos destinados ao abate no Rio Grande do Sul In: 22a JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 2007, Santa Maria - RS.

FRAGA, Bruno Neutzling, LOVATTO, Paulo Alberto, WESCHENFELDER, Volnei Antônio, LEHNEN, Cheila Roberta, ANDRETTA, Ines, LANFERDINI, Eloiza. USO de acidificantes na conservação de silagem In: 22a JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 2007, Santa Maria - RS.

MELCHIOR, Raquel, LOVATTO, Paulo Alberto, ANDRETTA, Ines, WESCHENFELDER, Volnei Antônio, LEHNEN, Cheila Roberta, FRAGA, Bruno Neutzling. Uso de acidificantes na silagem de grão úmido de milho em dietas para porcas lactantes: avaliação das leitegadas In: 22a JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, Santa Maria - RS.

PIRES, Bárbara Pereira, LOVATTO, Paulo Alberto, GARCIA, Gerson Guarez, LANFERDINI, Eloiza, TAFFAREL, Tais Regina, *LEHNEN, Cheila Roberta*. Vulvometria de leitões pré-púberes alimentadas com dietas contendo zearalenona In: 22ª JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 2007, Santa Maria - RS.

### **Resumos expandidos em anais de eventos**

*LEHNEN, Cheila Roberta, ZANELLA, Irineo, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, GARCIA, Gerson Guarez, POROLNIK, Glauber*. Alimentação de porcas lactantes com dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico In: EXPO UT 2008 - II Seminário de Sistemas de Produção Agropecuária, 2008, Dois Vizinhos, PR.

LANFERDINI, Eloiza, *LEHNEN, Cheila Roberta, TAFFAREL, Tais Regina, GARCIA, Gerson Guarez, CERON, Marcos Speroni*. Alimentação e níveis de colesterol e triglicerídeos de suínos com dietas contendo extratos cítricos In: EXPO UT 2008 - II Seminário de Sistemas de Produção Agropecuária, 2008, Dois Vizinhos, PR.

FRAGA, Bruno Neutzling, ANDRETTA, Ines, *LEHNEN, Cheila Roberta, GARCIA, Gerson Guarez, ROSSI, Carlos Augusto Rigon*. Avaliação da acidificação da água de beber para leitões lactantes In: EXPO UT 2008 - II Seminário de Sistemas de Produção Agropecuária, 2008, Dois Vizinhos, PR.

CERON, Marcos Speroni, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, *LEHNEN, Cheila Roberta, POROLNIK, Glauber, GARCIA, Gerson Guarez*. Avaliação de carne de suínos alimentados com dietas contendo complexo enzimático In: EXPO UT 2008 - II Seminário de Sistemas de Produção Agropecuária, 2008, Dois Vizinhos, PR.

*LEHNEN, Cheila Roberta, ZANELLA, Irineo, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, GARCIA, Gerson Guarez, POROLNIK, Glauber*. Conservação de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico In: EXPO UT 2008 - II Seminário de Sistemas de Produção Agropecuária, 2008, Dois Vizinhos, PR.

*LEHNEN, Cheila Roberta, ZANELLA, Irineo, GARCIA, Gerson Guarez, ANDRETTA, Ines, FRAGA, Bruno Neutzling*. Desempenho de leitegadas de porcas alimentadas com dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico In: EXPO UT 2008 - II Seminário de Sistemas de Produção Agropecuária, 2008, Dois Vizinhos, PR.

ANDRETTA, Ines, FRAGA, Bruno Neutzling, LOVATTO, Paulo Alberto, GARCIA, Gerson Guarez, *LEHNEN, Cheila Roberta*. Estudo da distribuição dos partos e dos intervalos entre o nascimento de leitões em matrizes comerciais In: EXPO UT 2008 - II Seminário de Sistemas de Produção Agropecuária, 2008, Dois Vizinhos, PR.

ROSSI, Carlos Augusto Rigon, WESCHENFELDER, Volnei Antônio, *LEHNEN, Cheila Roberta, POROLNIK, Glauber, MELCHIOR, Raquel*. Porcas lactantes alimentadas com dietas contendo silagem de grãos úmidos de milho e ácidos orgânicos In: EXPO UT 2008 - II Seminário de Sistemas de Produção Agropecuária, 2008, Dois Vizinhos, PR.

ROSSI, Carlos Augusto Rigon, WESCHENFELDER, Volnei Antônio, *LEHNEN, Cheila Roberta, SANTOS, Guilherme Bordinhão dos, TAFFAREL, Tais Regina*. Uso de acidificantes na silagem de grãos úmidos de milho em dietas para porcas lactantes: avaliação

das leitegadas In: EXPO UT 2008 - II Seminário de Sistemas de Produção Agropecuária, 2008, Dois Vizinhos, PR.

CERON, Marcos Speroni, LOVATTO, Paulo Alberto, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, *LEHNEN, Cheila Roberta*, ANDRETTA, Ines, FRAGA, Bruno Neutzling. Indução e sincronização de estro em porcas lactantes através de gonadotrofinas eCG e hCG In: 45a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008, Lavras-MG.

FRAGA, Bruno Neutzling, ANDRETTA, Ines, *LEHNEN, Cheila Roberta*, GARCIA, Gerson Guarez, ROSSI, Carlos Augusto Rigon

Uso de complexo enzimático na dieta de suínos: avaliação da digestibilidade, metabolismo e balanços de nitrogênio e fósforo In: EXPO UT 2008 - II Seminário de Sistemas de Produção Agropecuária, 2008, Dois Vizinhos, PR.

ANDRETTA, Ines, LOVATTO, Paulo Alberto, HAUSCHILD, Luciano, *LEHNEN, Cheila Roberta*, CAVAZINI, Neimar, FRAGA, Bruno Neutzling. Alimentação de leitões em fase de creche com dietas contendo aflatoxina, fumonisina ou zearalenona In: 44a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007, Jaboticabal-SP.

*LEHNEN, Cheila Roberta*, ANDRETTA, Ines, LOVATTO, Paulo Alberto, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, GARCIA, Gerson Guarez, ZANELLA, Irineo. Digestibilidade das dietas e metabolismo de suínos alimentados com dietas contendo bentonita sódica natural In: 44a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007, Jaboticabal-SP.

*LEHNEN, Cheila Roberta*, CARVALHO, Amanda D'Avila, HAUSCHILD, Luciano, ZANELLA, Irineo, LOVATTO, Paulo Alberto. Digestibilidade e Energia Metabolizável de Dietas contendo Milho Pré Gelatinizado a Vácuo para frangos de corte In: 44a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007, Jaboticabal-SP.

LOVATTO, Paulo Alberto, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, *LEHNEN, Cheila Roberta*, WESCHENFELDER, Volnei Antônio, ANDRETTA, Ines. Meta-análise da relação entre espessura de toicinho e variáveis corporais e reprodutivas de porcas gestantes e lactantes In: 44a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007, Jaboticabal-SP.

ANDRETTA, Ines, LOVATTO, Paulo Alberto, KUNRATH, Marco Antônio, CAVAZINI, Neimar, HAUSCHILD, Luciano, *LEHNEN, Cheila Roberta*. Uso associado de acidificante e antibiótico em dietas para leitões em fase de creche In: 44a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007, Jaboticabal-SP.

LOVATTO, Paulo Alberto, ANDRETTA, Ines, *LEHNEN, Cheila Roberta*, LOVATO, Gustavo Dias, HAUSCHILD, Luciano, CARVALHO, Amanda D'Avila. Modelagem da ingestão de Nitrogênio e Fósforo pela suinocultura gaúcha: interface vegetal In: 13º Congresso da Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos, 2007, Florianópolis - SC.

CERON, Marcos Speroni, ROSSI, Carlos Augusto Rigon, LOVATTO, Paulo Alberto, WESCHENFELDER, Volnei Antônio, *LEHNEN, Cheila Roberta*, FRAGA, Bruno Neutzling, ANDRETTA, Ines. Relação entre espessura de toicinho e variáveis nutricionais de porcas gestantes e lactantes: um estudo meta-analítico In: 13º Congresso da Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos, 2007, Florianópolis - SC.

ANDRETTA, Ines, LOVATTO, Paulo Alberto, *LEHNEN, Cheila Roberta*, FRAGA, Bruno Neutzling, LANFERDINI, Eloiza, ROSSI, Carlos Augusto Rigon. Leitoas alimentadas com dietas contendo aflatoxina, fumonisina ou zearalenona: avaliação de alguns órgãos. In: 13º Congresso da Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos, 2007, Florianópolis-SC.

KUNRATH, Marco Antônio, LOVATTO, Paulo Alberto, *LEHNEN, Cheila Roberta*, GARCIA, Gerson Guarez, CERON, Marcos Speroni, SANTOS, Guilherme Bordinhão dos, MAZUTTI, André. Alimentação de leitoas com dietas contendo fumonisinas na fase de creche In: 13º Congresso da Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos, 2007, Florianópolis - SC.

#### **Demais trabalhos**

*LEHNEN, Cheila Roberta*. **Ferramentas para otimização na nutrição de suínos**, 2008. (Palestra ministrada na 2ª Semana Acadêmica da Zootecnia, CESNORS/UFSM, Palmeira das Missões – RS).

*LEHNEN, Cheila Roberta*. **Participação em banca de Priscila Becker. Estágio curricular supervisionado em Zootecnia**, 2008 (Zootecnia) Universidade Federal de Santa Maria

*LEHNEN, Cheila Roberta*. **Supervisão do Setor de Suínos**. Período: Setembro de 2007 a Março de 2008.

#### **Participação em eventos**

*LEHNEN, Cheila Roberta*. Apresentação Oral - **44ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2007. Digestibilidade das dietas e metabolismo de suínos alimentados com dietas contendo bentonita sódica natural. Jaboticabal/2007.

#### **Livre docência**

*LEHNEN, Cheila Roberta*. **Professora substituta no período de agosto a dezembro de 2008**. Disciplinas ministradas: Nutrição Animal, Nutrição e Alimentação de Monogástricos, Tecnologia de Produtos de Origem Animal e Qualidade e Sustentabilidade na Produção Animal. Campus de Palmeira das Missões-Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul/UFSM.

Lehnen, Cheila Roberta, 1983-

L523a

Adição de ácido fumárico em dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho : conservação de dietas, desempenho de porcas e leitegadas / por Cheila Roberta Lehnen. - Santa Maria, 2009.  
86 f. ; il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, RS, 2009.

1. Zootecnia 2. Suínos 3. Acidificantes 4.  
Microorganismos I. Zanella, Irineo, orient. II. Título

CDU: 636.4.085

Ficha catalográfica elaborada por  
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

---

© 2009

Todos os direitos autorais reservados a Cheila Roberta Lehnen. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Avenida Roraima, n. 1000, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, 97105-900

End. Eletr: [cheilalehnen@yahoo.com.br](mailto:cheilalehnen@yahoo.com.br)

---