

**OTAVIO FERNANDO ZIMMERMANN**

**ZEÓLITAS NATURAIS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM  
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciência Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. DSc. Clóvis Eliseu Gewehr

**LAGES, SC  
2014**

Z75z Zimmermann, Otavio Fernando  
Zeólitas naturais na alimentação de suínos em  
crescimento e terminação / Otavio Fernando  
Zimmermann. - Lages, 2014.  
86 p.: il.; 21 cm

Orientador: Clóvis Eliseu Gewehr  
Bibliografia: p. 80-86  
Dissertação (mestrado) - Universidade do  
Estado de  
Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal, Lages, 2014.

1. Amônia. 2. Clinoptilolita. 3. Bem-estar  
animal.  
4. Dejetos. 5. Suinocultura. I. Zimmermann, Otavio  
Fernando. II. Gewehr, Clóvis Eliseu. III.  
Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa  
de Pós-Graduação em Ciência Animal. IV. Título

CDD: 636.4084 - 20.ed.

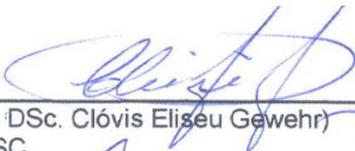
Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do  
CAV/ UDESC

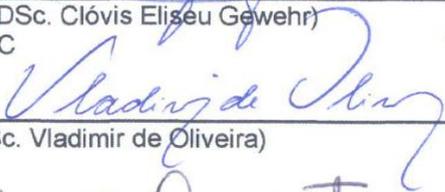
**OTAVIO FERNANDO ZIMMERMANN**

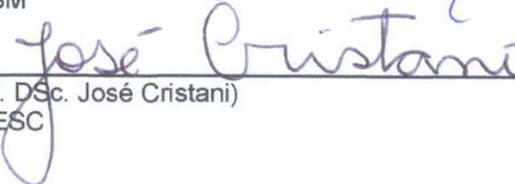
**ZEÓLITAS NATURAIS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM  
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciência Animal, na área de concentração Produção Animal, do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

**Banca Examinadora**

Orientador:   
\_\_\_\_\_  
(Prof. DSc. Clóvis Eliseu Gewehr)  
UDESC

Membro:   
\_\_\_\_\_  
(Prof. DSc. Vladimir de Oliveira)  
UFSM

Membro:   
\_\_\_\_\_  
(Prof. DSc. José Cristani)  
UDESC

**LAGES, SC, (29/07/2014)**



Aos amigos, professores e,  
em especial, à minha família,  
que sempre me apoiaram  
para a realização dessa  
conquista.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por todas as conquistas alcançadas, pela saúde e pelo dom de gostar de aprender sempre.

Agradeço aos meus pais, Rosani e Leopoldo, e minha irmã, Maria. Vocês sempre me deram o amor e suporte de uma família, além de me mostrarem a importância dos estudos na minha formação. Obrigado por tudo! Principalmente na ajuda nas pesagens de domingo!

A minha prima, Aline, que além de família é minha grande amiga. Sem sua ajuda esse trabalho não teria sido possível. Não há ajuda melhor para pesar esses bichinhos teimosos!

Aos meus familiares, pelo suporte, amor e carinho nesses longos anos de estudo fora de casa.

Ao professor e orientador Clóvis Eliseu Gewehr, pela grande oportunidade de ser seu orientado e amigo! Obrigado por todos os ensinamentos e lições aprendidas!

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, em especial ao professor Henrique, pela ajuda nas análises laboratoriais. Obrigado por vocês compartilharem seu conhecimento e experiência comigo, auxiliando na minha formação acadêmica e pessoal.

As minhas amigas e colegas de pós, Aline Felix Schneider e Francine Klaumann, pela grande ajuda no desenvolvimento do meu projeto de pesquisa e na realização das análises e pesagens. Aos meus amigos e colegas, Flávio Manabu Yuri, Cleverson de Souza e Jonathan Barbosa, pelo auxílio no projeto e nas análises



estatísticas. Muito obrigado pela amizade e companheirismo nessa etapa tão importante da minha vida! Sucesso para todos vocês!

A dona Lúcia, seu Afonso e Adrieli, pela oportunidade de realizar a pesquisa em sua propriedade. Muito obrigado pela ajuda nas pesagens e no cuidado que vocês demonstraram pelo meu trabalho. Obrigado pela companhia e estadia nesses meses, pela excelente comida e pelos ensinamentos aprendidos!

A empresa Pamplona Alimentos e todos os seus funcionários, especialmente ao Leopoldo, João, Marcelo e Reinaldo, pela oportunidade de mais uma vez trabalhar junto com vocês. Obrigado por acreditarem no meu potencial e me permitido a realização desse experimento.

A empresa Eurolac e ao Sr. João Vieira, pela amizade e auxílio na compra do aparelho necessário à medição de amônia. Muito obrigado por toda a sua ajuda e amizade durante esses anos.

A empresa Celta Brasil, através de seu funcionário Gustavo Igaki, pelo apoio e pela doação da zeólita necessária ao desenvolvimento desse trabalho.

A Universidade do Estado de Santa Catarina. Agradeço pela oportunidade de estudo durante minha graduação e pós-graduação nesses maravilhosos sete anos. Agradeço pela participação no meu crescimento acadêmico e profissional, por me propiciar excelentes momentos nesses anos e por todas as amizades adquiridas que, com certeza, ficarão para sempre em minha memória. Tenho muito orgulho de ser UDESC!

Muito obrigado!



“Na verdade, só sabemos quão pouco sabemos – com o saber cresce a dúvida”.

Johann Wolfgang von Goethe



## RESUMO

ZIMMERMANN, Otavio Fernando. **Zeólitas naturais na alimentação de suínos em crescimento e terminação**. 2014. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal – Área: Produção Animal) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, Lages, 2014.

A amônia é um gás incolor que possui odor extremamente forte e sua presença em concentrações elevadas nas instalações para suínos estão associadas a riscos à saúde dos animais e trabalhadores. As zeólitas são aluminossilicatos que possuem em sua estrutura cargas negativas, além de microporos, aumentando sua capacidade de troca de cátions e adsorção de moléculas, permitindo a adsorção de íons, como o íon amônio e o gás amônia. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da inclusão de zeólitas naturais (clinoptilolita) na alimentação de suínos em crescimento e terminação sobre a concentração de amônia nas instalações, pH dos dejetos, desempenho zootécnico e qualidade de carcaça. Os tratamentos consistiram de duas dietas isonutritivas, sendo uma, isenta de zeólita (controle) e, outra, com inclusão de 0,5 % de zeólita. Foram utilizados 240 machos imunocastrados, com peso inicial de aproximadamente 22 kg, durante 90 dias, distribuídos em duas instalações de alvenaria com baias (parcelas experimentais) de 10,88 m<sup>2</sup>, constituídas de piso semi-ripado (62,5 % da baia com piso ripado e 37,5 % com piso compacto). Em cada instalação foi disposto um tratamento, com 12 repetições de 10 animais. Ao



final do período de alojamento, 184 animais foram abatidos para a avaliação da qualidade de carcaça. Não houve diferença ( $P>0,05$ ) nas concentrações de amônia sobre os diferentes pisos, compacto e ripado. Ocorreu redução ( $P<0,05$ ) na concentração de amônia nas instalações com inclusão de zeólitas na dieta. A inclusão de zeólitas na dieta aumentou ( $P<0,05$ ) o pH dos dejetos. A inclusão de zeólitas na dieta de suínos não afetou ( $P>0,05$ ) o desempenho zootécnico e qualidade de carcaça dos animais nas fases de crescimento e terminação. A inclusão de 0,5 % de zeólitas naturais na dieta de suínos em crescimento e terminação diminui a concentração de amônia nas instalações, aumenta o pH dos dejetos e não afeta o desempenho zootécnico e de qualidade de carcaça dos animais.

**Palavras-chave:** Ambiência. Amônia. Clinoptilolita. Dejetos. Suinocultura.



## ABSTRACT

ZIMMERMANN, Otavio Fernando. **Natural zeolites as feed for growing and finishing pigs**. 2014. 86 f. Dissertation (MSc in Animal Science - Area: Animal Production) - Santa Catarina State University. Postgraduate Program in Animal Science, Lages, 2014.

Ammonia is a colorless gas that has a very strong smell and its presence in high concentrations in swine facilities is associated with health risks to animals and workers. Zeolites are aluminosilicates that have negative charges in their structure, in addition to micropores, increasing its capacity of cation exchange and adsorption of molecules, allowing the adsorption of ions such as ammonium ion and ammonia gas. The aim of this study was to evaluate the effect of inclusion of natural zeolite (clinoptilolite) as feed for growing and finishing pigs on the concentration of ammonia in plants, pH of the waste, animal performance and carcass quality. Treatments consisted of two diets of same nutritional compositions, one without zeolite (control), and another, with the inclusion of 0.5 % zeolite. 240 Immunocastrated males were used, with an initial weight of about 22 kg, for 90 days, spread over two buildings with pens (plots) of 10.88 m<sup>2</sup>, consisting of semi-slatted floor (62.5 % with slatted floor and 37.5 % with compact floor). At each treatment was prepared with 12 repetitions of 10 animals. At the end of the housing, 184 animals were slaughtered to evaluate carcass quality. There was no difference ( $P>0.05$ ) in ammonia concentration on different floors, compact and slatted floor. There was a reduction ( $P<0,05$ ) in the



concentration of ammonia in the facilities with the inclusion of zeolite in the diet. The inclusion of zeolite in the diet increased ( $P < 0.05$ ) the pH of the waste. The inclusion of zeolite in the diet did not affect ( $P > 0.05$ ) the growth performance and carcass quality of the animals during the growing and finishing phases. The inclusion of 0.5 % of natural zeolite in the diet of growing-finishing pigs decreases the concentration of ammonia in plants, increases the pH of the waste and does not affect the animal production performance and carcass quality.

**Key-words:** Ambience. Ammonia. Clinoptilolite. Swine. Waste.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Transformações do nitrogênio nos dejetos suínos.....	34
Figura 2 -	Emissões globais de amônia no ano de 1990.....	36
Figura 3 -	Unidades estruturais básicas das zeólitas.	44
Figura 4 -	Estrutura globular de uma zeólita.....	45
Figura 5 -	Princípio básico de uma peneira molecular	45
Figura 6 -	Corte transversal da instalação.....	53
Figura 7 -	Baia onde foram dispostas as parcelas com o piso semi-ripado.....	53
Figura 8 -	Disposição interna das instalações.....	54
Figura 9 -	Aparelho medidor de concentração de amônia no ar.....	59
Figura 10 -	Aparelho automático de pH Extech..®.....	61
Figura 11 -	Aparelho realizando a aferição do pH da amostra.....	61
Figura 12 -	Concentração de amônia (ppm) nas instalações de suínos, nos diferentes pisos, suplementados com zeólita na dieta.....	65
Figura 13 -	Concentração de amônia (ppm) nas instalações de suínos suplementados com zeólita na dieta no período analisado.....	70



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos períodos no experimento.	55
Tabela 2 - Composição calculada das rações do período de crescimento.....	56
Tabela 3 - Composição calculada das rações do período de terminação.....	57
Tabela 4 - Composição química da zeólita Cepelc.....	58
Tabela 5 - Propriedades físico-químicas da zeólita Cepelc.....	58
Tabela 6 - Medições da concentração de amônia nas instalações durante o período analisado....	60
Tabela 7 - Concentração de amônia (ppm) no piso compacto (PC) e no piso ripado (PR) nas instalações de suínos em crescimento e terminação suplementados com zeólita na dieta.....	64
Tabela 8 - Concentração de amônia (ppm) nas instalações de suínos suplementados com zeólitas na dieta no período analisado.....	66
Tabela 9 - Temperaturas máximas (T MAX) e mínimas (T MIN) diárias (°C) e Umidades relativas do ar máximas (UR MAX) e mínimas (UR MIN) diárias (%) nas instalações de suínos no período analisado.....	69
Tabela 10 - Potencial hidrogeniônico (pH) dos dejetos de suínos suplementados com zeólita na dieta.....	72



Tabela 11 - Consumo de ração diário (CR), ganho de peso médio diário (GPD) e conversão alimentar (CA) de suínos em crescimento e terminação suplementados com zeólitas na dieta.....	74
Tabela 12 - Peso de carcaça quente, Espessura de toucinho, Profundidade de lombo e Carne magra de suínos em crescimento e terminação suplementados com zeólitas na dieta.....	77



## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	29
1.1	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA .....	31
1.2	OBJETIVOS .....	32
1.2.1	<b>Objetivo geral</b> .....	32
1.2.2	<b>Objetivos específicos</b> .....	32
1.3	HIPÓTESES .....	32
1.4	JUSTIFICATIVA .....	33
2	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	34
2.1	AMÔNIA NOS DEJETOS SUÍNOS .....	34
2.2	ZEÓLITAS NATURAIS .....	43
2.3	ZEÓLITA COMO ADITIVO NA DIETA DE SUÍNOS .....	46
3	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	52
3.1	TRATAMENTOS .....	55
3.2	ÍNDICES AVALIADOS .....	58
3.2.1	<b>Concentração de amônia</b> .....	59
3.2.2	<b>Potencial hidrogeniônico (pH)</b> .....	60
3.2.3	<b>Desempenho zootécnico</b> .....	62
3.2.3.1	<b>Consumo de ração</b> .....	62
3.2.3.2	<b>Peso vivo e peso vivo médio</b> .....	62
3.2.3.3	<b>Ganho de peso médio diário</b> .....	62
3.2.3.4	<b>Conversão alimentar</b> .....	62
3.2.3.5	<b>Mortalidade</b> .....	63
3.2.4	<b>Qualidade de carcaça</b> .....	63
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	63
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	64
4.1	CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIA .....	64
4.2	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) .....	72
4.3	DESEMPENHO ZOOTÉCNICO .....	74
4.4	QUALIDADE DE CARCAÇA .....	77
5	<b>CONCLUSÃO</b> .....	79
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	80



## 1 INTRODUÇÃO

O manejo nutricional é o principal responsável pelos custos na produção de suínos. Por isso, empresas e produtores, buscam cada vez mais alcançar a máxima eficiência alimentar pelo menor custo possível. Além da preocupação econômica, os produtores e consumidores estão mais conscientes no que diz respeito à poluição ambiental, à segurança alimentar e o bem estar dos animais e trabalhadores.

Um dos principais problemas que afetam à suinocultura é a excessiva produção de resíduos. Os dejetos suínos tornam-se, a cada ano, um problema maior para diversas regiões produtoras, principalmente aquelas que possuem em uma pequena área, uma produção intensiva de animais. Muitos desses dejetos são transformados em fertilizantes utilizados por produtores agrícolas em suas lavouras. Esses resíduos, se manejados de forma incorreta, podem causar diversos riscos ao meio ambiente.

Os dejetos sofrem diversas perdas de elementos durante sua produção pelos animais, sua estocagem e seu tratamento. Uma das perdas mais significativas de elementos no esterco de suínos é relacionada ao nitrogênio. O nitrogênio é um dos principais elementos encontrados nos dejetos, porém, é o principal nutriente exigido pelos agricultores quando esses irão fazer uso dos dejetos como fertilizante.

A principal perda de nitrogênio nos dejetos suínos é devido à ocorrência da volatilização da amônia ( $\text{NH}_3$ ). A amônia é um gás tóxico, que causa diversos problemas aos suinocultores, como a redução do desempenho zootécnico e a criação de um ambiente de trabalho insalubre aos trabalhadores, devido aos odores originados e a irritação, principalmente no sistema

respiratório. Além de prejudicar a saúde de animais e humanos, a amônia causa séria poluição ambiental, participando da formação da chuva ácida e da ocorrência de nevoeiros (smog), em grandes centros urbanos. Segundo Bouwman et al. (1997), no ano de 1990 a suinocultura foi responsável por 6 % das emissões de amônia globais. Somente a suinocultura emitiu mais amônia que a população humana inteira, somadas à queima de combustíveis fósseis e os processos industriais.

Diversos estudos tem priorizado o tema da emissão de amônia na suinocultura, seja no tratamento dos resíduos, ou na formulação de dietas mais eficientes. Algumas substâncias que estão sendo estudadas são os minerais que possuem poder adsorvivo, como as zeólitas naturais. As zeólitas naturais são aluminossilicatos que, devido à troca isomórfica de átomos de silício por átomos de alumínio em sua estrutura, tem a capacidade de criação de cargas negativas, conferindo-lhe alta capacidade de troca de cátions (CTC). Esse poder dá as zeólitas capacidade de adsorverem diversos cátions, entre eles o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), que participa do ciclo da amônia nos dejetos. A clinoptilolita, um dos tipos de zeólitas naturais, possui uma maior “preferência” na adsorção do íon amônio. Além do poder de adsorver cátions, as zeólitas possuem diversos microporos em sua estrutura, dando a esse mineral, capacidade de adsorver várias moléculas e gases, incluindo o próprio gás amônia (MUMPTON, 1999; BRAGA; MORGON, 2007; BERNARDI et al., 2008)

A utilização de zeólitas na produção animal vem sendo estudada com o objetivo de diminuir odores dos dejetos, aumentar a eficiência produtiva, adsorver micotoxinas e, até mesmo, na terapia de algumas doenças. Também já foram utilizadas para o tratamento

de águas residuais, águas radioativas e na agricultura, como substrato em cultivos hidropônicos.

Tendo em vista a problemática da emissão de amônia na suinocultura e, devido a possibilidade das zeólitas naturais de mitigarem esse problema, pela sua capacidade de se ligarem a cátions (íons amônio), este estudo teve o objetivo de avaliar o efeito do uso de zeólitas naturais na dieta de suínos em crescimento e terminação sobre o efeito na concentração de amônia nas instalações, no pH dos dejetos, no desempenho zootécnico e na qualidade de carcaça.

## 1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A volatilização da amônia em instalações de suínos causa diversos problemas aos animais e trabalhadores, pois é um gás tóxico que, em baixas concentrações, é sentido pelos animais e humanos. A amônia pode causar sérios problemas respiratórios, irritação dos olhos e mucosas, desenvolvimento de estresse crônico, fomentar a ocorrência de doenças infecciosas em humanos e animais e, também, influenciar no desempenho produtivo dos animais. Além da problemática relacionada à saúde, a amônia pode acarretar grandes problemas ambientais, participando da formação da chuva ácida e da ocorrência de nevoeiros (smog), em grandes centros urbanos. A volatilização da amônia também afeta o valor do fertilizante de origem animal, pois acaba diminuindo a concentração de nitrogênio nos dejetos. Por isso, faz-se necessário estudo para avaliar meios de controle da volatilização da amônia em instalações suínas.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da inclusão de 0,5 % de zeólitas naturais (clinoptilolita), na alimentação de suínos em crescimento e terminação.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Analisar o efeito da adição de zeólitas naturais na concentração de amônia nas instalações;
- b) Avaliar o efeito da adição de zeólitas naturais no pH dos dejetos;
- c) Avaliar os efeitos da inclusão de zeólitas naturais nos índices de desempenho zootécnico e qualidade de carcaça dos animais.

## 1.3 HIPÓTESES

- a) A inclusão de 0,5 % de zeólitas naturais (Clinoptilolita) na dieta de suínos em crescimento e terminação reduzirá a concentração da amônia na instalação em comparação ao grupo controle;
- b) O pH dos dejetos não será afetado pela inclusão de zeólitas na dieta;
- c) O desempenho zootécnico e qualidade de carcaça não serão afetados pela inclusão de zeólitas na dieta.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

A perda de nitrogênio, principalmente sob a forma volátil da amônia, causa sérios transtornos para os produtores, animais e meio ambiente. A amônia é um gás extremamente tóxico que causa diversos problemas de saúde nos trabalhadores e, também, nos animais, afetando seu desempenho produtivo. A volatilização da amônia causa ainda perda significativa de nitrogênio reativo no fertilizante, que poderia ser utilizado pelas plantas para o seu desenvolvimento, diminuindo o valor do fertilizante oriundo dos dejetos suínos.

As zeólitas, devido suas propriedades adsorptivas, possuem uma excelente capacidade de se tornarem verdadeiras “esponjas minerais”, adsorvendo os íons amônio e o gás amônia e, assim, diminuindo os problemas devido à volatilização da amônia.

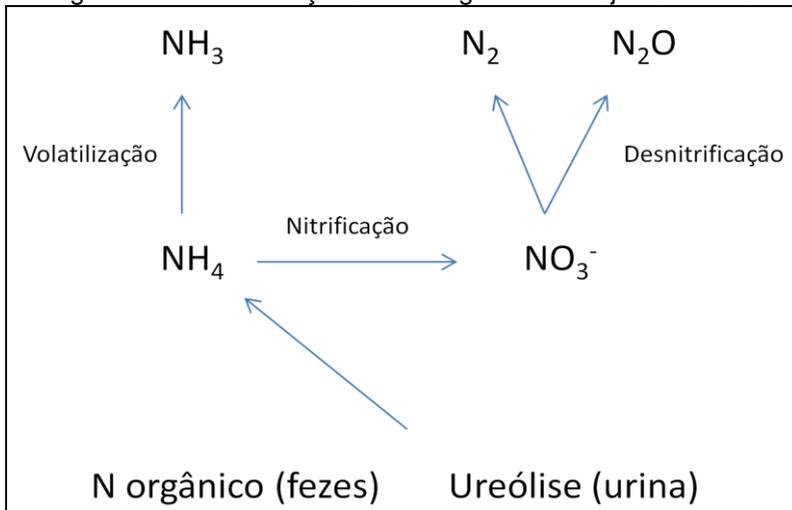
No Brasil ainda não existem estudos sobre o uso de zeólitas naturais na alimentação de suínos para o controle da emissão de amônia. Devido a esses diversos fatores são necessários estudos para avaliar meios de controle e mitigação da volatilização da amônia na suinocultura.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 AMÔNIA NOS DEJETOS SUÍNOS

As transformações que o nitrogênio sofre nos dejetos animais, incluem o processo de mineralização do nitrogênio orgânico em amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) ou amônia ( $\text{NH}_3$ ), a assimilação do nitrogênio na matéria orgânica, a nitrificação em nitrito ( $\text{NO}_2$ ) e, em seguida, em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e finalmente o processo de desnitrificação, formando óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e gás nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) (PHILIPPE; CABARAUX; NICKS, 2011). Porém, a principal e mais rápida forma de perda de nitrogênio nos dejetos é na ocorrência da volatilização da amônia (Figura 1).

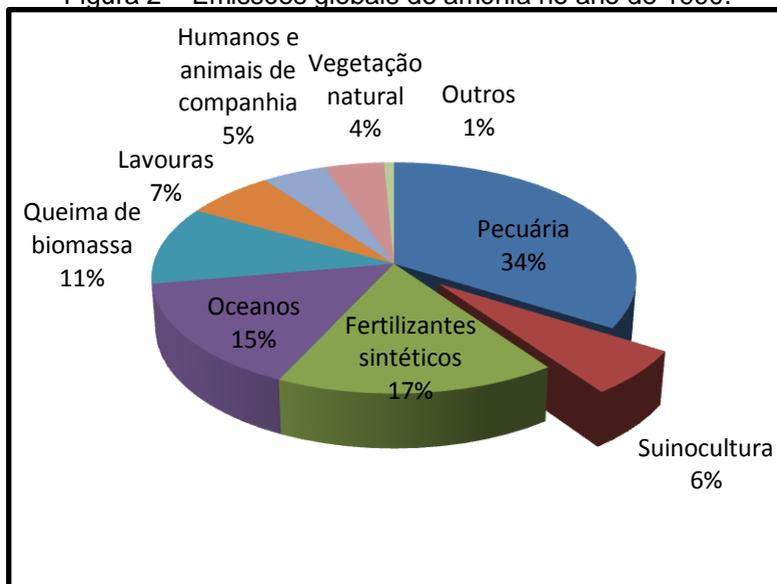
Figura 1 - Transformações do nitrogênio nos dejetos suínos.



Fonte: produção do próprio autor.

Segundo Bouwman et al. (1997), a emissão mundial de amônia estimada no ano de 1990 foi de 54 Tg/ano (teragrama, equivalente a  $54 \times 10^{12}$  g). As maiores fontes de emissão foram causadas pelos resíduos da pecuária (21,6 Tg/ano), pelo uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos (9,0 Tg/ano), pelos oceanos (8,2 Tg/ano), pela queima de biomassa (5,9 Tg/ano), pelas lavouras (3,6 Tg/ano), pelos humanos e animais de companhia (2,6 Tg/ano), pela vegetação natural (2,4 Tg/ano) e outros (0,4 Tg/ano). A produção de animais foi a maior fonte de origem da amônia volátil mundial, representando cerca de 40 % das emissões globais. Ainda segundo Bouwman et al (1997), a suinocultura foi responsável pela emissão de 3,4 Tg/ano de amônia, equivalente a 6 % das emissões globais no ano de 1990. Somente a suinocultura emitiu mais amônia que a população humana e de animais domésticos somados à queima de combustíveis fósseis e os processos industriais (Figura 2).

Figura 2 – Emissões globais de amônia no ano de 1990.



Fonte: BOUWMAN et al, 1997.

Segundo Van der Hoek (1998), as emissões de amônia oriundas de resíduos animais contribuem em mais de 80 % nas emissões totais de amônia de origem agrícola na Europa. Ni et al. (2012), utilizando dados da United States Environmental Protection Agency (USEPA) no ano de 2005, estimaram a percentagem de perda de nitrogênio através da emissão de amônia oriunda da suinocultura americana. A perda de nitrogênio total na forma volátil da amônia foi estimada em 56 %, incluindo 30 % nas instalações, 15 % a partir do manejo e armazenamento dos dejetos e 11 % a partir da aplicação dos dejetos como fertilizante em produções agrícolas. Isso mostra que, a grande parte da perda de nitrogênio, ocorre dentro das instalações animais, principalmente sob a forma de amônia. As emissões de amônia podem diferir consideravelmente entre os países, devido a

diferentes climas, principalmente temperatura e velocidade do vento, diferentes instalações e de diferentes práticas de produção e de manejo de dejetos.

A perda de nitrogênio através do processo de volatilização de amônia representa redução significativa do valor do fertilizante de origem animal (PHILIPPE; CABARAUX; NICKS, 2011). Segundo Aarnink e Verstegen (2007), quase metade do nitrogênio excretado pelo animal pode ser perdida durante a estocagem do esterco e durante o manejo de aplicação desse esterco posteriormente numa lavoura.

De acordo com Reis e Mendonça (2009), a amônia está naturalmente presente nos corpos d'água como produto da degradação de compostos orgânicos e inorgânicos do solo e da água, resultado da excreção da biota, redução do nitrogênio gasoso da água por micro-organismos ou por trocas gasosas com a atmosfera. A amônia é, também, constituinte comum no esgoto sanitário, resultado direto de descargas de efluentes domésticos e industriais, da hidrólise da uréia e da degradação biológica de aminoácidos e outros compostos orgânicos nitrogenados. Uma grande preocupação ambiental é a eliminação dos resíduos de animais. O lançamento de esterco líquido em rios e lavouras próximas pode causar séria poluição. Além disso, a amônia é responsável pelo forte odor dos dejetos, tornando o estudo da sua formação e do tratamento dos resíduos, muito importante (CHOU et al., 2006).

A amônia é um gás incolor a temperatura ambiente, que possui um odor extremamente forte, é consideravelmente mais leve que o ar e facilmente detectável pelo odor a concentrações abaixo de 5 ppm (FELIX; CARDOSO, 2004). Apresenta pontos de fusão e ebulição de  $-77,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-33,35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectivamente, e é

bastante solúvel em água. Apesar disso, pode ser facilmente removida da água levando-se esta à fervura (FELIX; CARDOSO, 2004).

As consequências da presença de concentrações elevadas de amônia no ar dos galpões estão associadas com possíveis riscos à saúde, tanto dos animais como dos trabalhadores, decorrentes da ação de partículas inaláveis no trato respiratório. Como as partículas formadas são menores que 2,5  $\mu\text{m}$ , não são retidas nos mecanismos naturais existentes no trato respiratório superior e chegam até os pulmões, provocando danos à saúde (FELIX; CARDOSO, 2004). Este gás pode atuar como um irritante para os olhos e das membranas respiratórias, no desenvolvimento de um estresse crônico que pode propiciar a ocorrência de doenças infecciosas e, também, influenciar diretamente o crescimento e desenvolvimento de animais jovens (OSORIO; TINOCO; CIRO, 2009).

Segundo a Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego, NR 15 (1978), o limite de exposição tolerada aos trabalhadores, em ambientes que contenham presença de amônia, é de 20 ppm, em regime de trabalho de 48 horas semanais.

Os níveis de amônia em instalações fechadas e bem ventiladas são em torno de 10 a 20 ppm, em sistemas ripados, e 50 ppm, em sistemas de piso compacto. Os níveis podem exceder 50 ppm com menores taxas de ventilação durante o inverno e chegar a 100 a 200 ppm em galpões mal ventilados (BARKER et al., 1996).

Segundo Barker et al. (1996), em humanos, concentrações de até 20 ppm causam irritação dos olhos e problemas respiratórios; 100 ppm, por até 1 h de exposição, causam irritação das mucosas e, acima de 400 ppm causam irritação nos olhos, nariz e garganta.

Os suínos são mais susceptíveis aos efeitos da amônia em concentrações mais baixas. Ainda, segundo Barker et al. (1996), a 50 ppm há redução do desempenho e saúde, sendo que exposição prolongada pode ocasionar pneumonia e outras doenças respiratórias. A 100 ppm os animais possuem sintomas como espirros, salivação excessiva e perda do apetite. Já a 300 ppm, há irritação imediata do nariz e boca, sendo que a exposição prolongada pode causar alterações na respiração e convulsões.

A volatilização da amônia, a partir dos dejetos, é um processo lento e regido por diversos fatores como sua concentração, pH da solução, seu tratamento, temperatura, velocidade do ar e a área de superfície de emissão (AARNINK; VERSTEGEN, 2007). Também, fatores relacionados aos animais influenciam na formação e volatilização do gás amônia como, por exemplo, a genética, peso e número de animais, sua atividade e seu comportamento (BLANES-VIDAL et al., 2008; VRANKEN et al., 2004).

Nos organismos animais, os aminoácidos podem ser usados para a produção de energia. Porém a maioria dos aminoácidos que serão oxidados não provém das células, mas sim do excedente de proteínas na dieta. A primeira etapa é a desaminação, onde o aminoácido produz uma molécula de amônia e um ácido orgânico (piruvato, acetil CoA ou outros intermediários do ciclo do ácido cítrico). Os grupos amino dos aminoácidos são removidos sob a forma de amônia. A amônia é rapidamente convertida em sua forma iônica,  $\text{NH}_4^+$ . Tanto a amônia como o íon amônio é tóxica para o organismo e, por isso, são rapidamente transportados para o fígado, onde são convertidos em uréia e eliminados pela urina (SILVERTHORN, 2010).

A amônia volatilizada a partir de instalações de criação de suínos se origina da decomposição do nitrogênio nas fezes, urina e do resto de ração desperdiçada no chão. Além disso, a amônia se origina a partir dos dejetos armazenados em baixo dos animais, em sistemas de piso ripado (AROGO; WESTERMAN; HEBER, 2003; NI et al., 2000). Em instalações mais modernas, com o uso de sistema ripado, as fezes e a urina dos animais se misturam após a excreção, sendo armazenadas durante certo período, abaixo do piso das instalações. As instalações de suínos normalmente têm capacidade de armazenamento de esterco de 3 a 12 meses. Unidades de armazenamento típicas de dejetos incluem os tanques, os poços sob o piso das instalações, e as lagoas anaeróbias (AROGO; WESTERMAN; HEBER, 2003). As lagoas anaeróbias podem fornecer tanto o armazenamento como o tratamento dos dejetos para o uso agrícola.

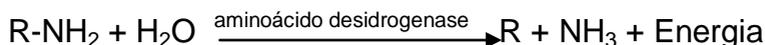
A hidrólise rápida da uréia presente na urina, pelo processo chamado de ureólise, é a principal responsável pela origem da amônia nos dejetos de suínos. Na ureólise, há a quebra da uréia em meio aquoso na presença da enzima de origem fecal, urease, produzindo o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). Outra fonte de amônia é a degradação de proteínas não digeridas nas fezes, no processo de mineralização do nitrogênio orgânico. Porém, esta maneira ocorre de forma lenta e de importância secundária. As fontes de nitrogênio fecal são oriundas da alimentação, do nitrogênio de origem microbiana e do nitrogênio endógeno, proveniente principalmente da descamação de células da parede do trato gastrointestinal (PHILIPPE; CABARAUX; NICKS, 2011; BAIDOO, 2000).

O processo bioquímico da ureólise e da mineralização do nitrogênio orgânico pode ser simplificado como segue (CANTARELLA, 2007):

Ureólise:



Mineralização:



O resultado desses dois processos é a formação, tanto de íons amônio, quanto da amônia. Na fase líquida, como os dejetos podem ser considerados, o nitrogênio amoniacal está em equilíbrio entre a forma ionizada,  $\text{NH}_4^+$ , e a forma não ionizada,  $\text{NH}_3$  (PHILIPPE; CABARAUX; NICKS, 2011; REIS; MENDONÇA, 2009):



A influência do pH nesse equilíbrio é muito pronunciada. Em valores de pH abaixo de 7, quase todo o nitrogênio amoniacal está presente na forma ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ). A um pH acima de 7, a fração não ionizada aumenta muito e, a valores de pH 11, ou acima, o nitrogênio amoniacal se encontra principalmente sob a forma de  $\text{NH}_3$  (PHILIPPE; CABARAUX; NICKS, 2011). Segundo Cantarella (2007), a percentagem de nitrogênio amoniacal total presente na forma de amônia em solução com pH 5,2 é de apenas 0,01 %, enquanto que em pH 7,2 é de 1 % e em pH 9,2 (correspondente a sua constante de equilíbrio) é de 50 %.

As emissões de amônia estão intimamente relacionadas com a temperatura ambiente. A temperatura tem efeito direto sobre as emissões, favorecendo a atividade da enzima urease e a dissolução e volatilização da amônia a partir dos dejetos (PHILIPPE; CABARAUX; NICKS, 2011). Porém, a temperatura também tem um efeito indireto, pois influencia no comportamento dos animais, como por exemplo, em ambientes muito quentes, os animais podem mudar a área destinada à excreção, sujando praticamente toda a baia, na tentativa de tornar o ambiente mais fresco. Isso acarreta em um ambiente sujo, onde conseqüentemente a volatilização da amônia será maior (PHILIPPE; CABARAUX; NICKS, 2011).

Segundo Jeppsson (2002), a emissão de amônia em um galpão sem isolamento e ripado, para a produção de suínos em terminação, mostrou uma visível variação diurna. Durante seis dias, com fluxo de ar constante, a taxa de emissão de amônia variou de 6 a 247 %, com o mínimo de emissão cerca de 6 horas da manhã e a máxima em torno das 17 horas. Segundo os mesmos autores, a variação diurna da emissão de amônia correlacionou-se com a temperatura do ar no interior do galpão e a atividade dos animais. As características das instalações influenciam muito as taxas de emissão de amônia. Galpões onde o sistema de drenagem do esterco é eficiente, as emissões de amônia são conseqüentemente menores. As propriedades de drenagem do piso em sistemas semi-ripados são influenciadas pelas características do material, do desenho das ripas e das larguras entre as ripas (PHILIPPE; CABARAUX; NICKS, 2011; PHILIPPE et al., 2012). Também, as propriedades do concreto, como rugosidade e porosidade impactam nas emissões de amônia, com menores perdas em pisos mais lisos.

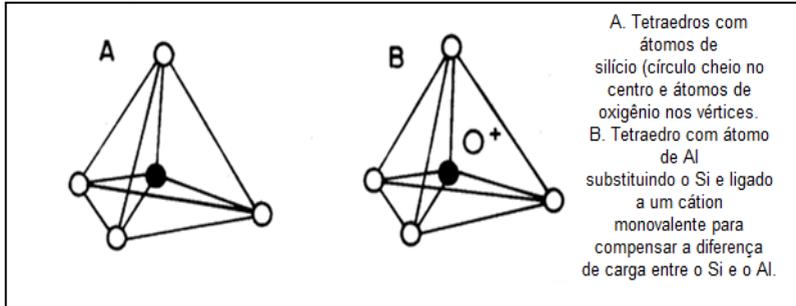
Num estudo de Blanes-Vidal et al. (2008), foram obtidas correlações entre a emissão de amônia e a velocidade do ar e a atividade dos animais. O coeficiente de correlação encontrado entre a atividade média dos animais e a emissão de amônia foi de 0,94. Já o coeficiente de correlação encontrado entre a taxa de ventilação do ar e a emissão de amônia foi de 0,61. Finalmente, a correlação entre a atividade animal e a taxa de ventilação mostrou uma correlação de 0,73.

Segundo Aarnink e Verstegen (2007), existem algumas opções para reduzir, ou combater, as emissões de amônia por meio da nutrição: 1) Reduzindo a excreção de nitrogênio pela redução do fornecimento de proteína bruta; 2) Mudando a forma de excreção de nitrogênio, da uréia para proteínas nas fezes (mais lentamente degradadas) e 3: Diminuindo o pH das fezes e da urina. Alternativa que também pode ser utilizada é o uso de aditivos adsorventes na alimentação animal. Esses aditivos têm propriedades adsorventes que podem reter os íons amônio e o gás amônia em suas cargas negativas e em suas cavidades internas, respectivamente. Um dos tipos de adsorventes mais estudados são os minerais da classe das zeólitas.

## 2.2 ZEÓLITAS NATURAIS

As zeólitas são um grupo de aluminossilicatos cristalinos, consistindo em uma rede de poliedros com tetraedros do tipo silício ( $(\text{SiO}_4)_4$ ) e alumínio ( $(\text{AlO}_4)_5$ ) ligados por oxigênios constituindo sua unidade primária (BRAGA; MORGON, 2007) (Figura 3).

Figura 3 - Unidades estruturais básicas das zeólitas.



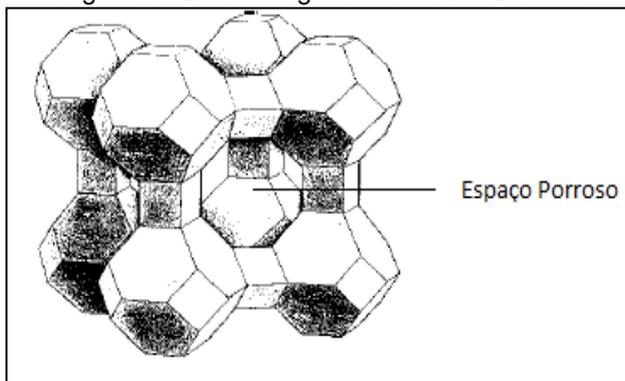
Fonte: LUZ, 1995.

Segundo Braga e Morgon (2007), as zeólitas possuem grande capacidade de perder ou ganhar água, bem como de ter uma excelente capacidade de trocar cátions (CTC), alcalinos e alcalinos terrosos, sem modificação de sua estrutura. A presença do Al nos tetraedros é a responsável pela criação das cargas negativas sobre os oxigênios ligados, permitindo assim a necessidade de cátions trocáveis para o equilíbrio das cargas (BRAGA; MORGON, 2007). As zeólitas naturais possuem capacidade de troca de cátions (CTC) de 2 a 4 meq/g, que é cerca de duas vezes maior do que a CTC da argila bentonítica (MUMPTON, 1999).

A estrutura das zeólitas apresenta canais e cavidades interconectadas de dimensões moleculares, nas quais se encontram os íons de compensação, moléculas de água ou outras moléculas adsorvidas e sais. Esse tipo de estrutura microporosa confere às zeólitas uma superfície interna muito grande, quando comparada à sua superfície externa (de 500 a 1000 m<sup>2</sup>/g, segundo Gutiérrez, 2010). Dessa forma, só podem ingressar ou sair do espaço intracristalino aquelas moléculas cujas dimensões são inferiores a certo valor crítico e, que varia de uma zeólita a outra (GUTIÉRREZ,

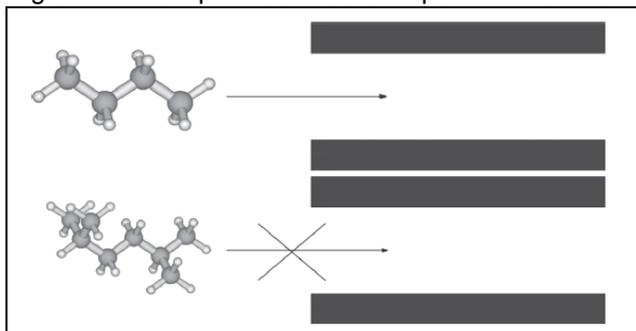
2010; BRAGA; MORGON, 2007). Essa propriedade confere à zeólita a sua capacidade de servir como uma peneira molecular (Figuras 4 e 5).

Figura 4 - Estrutura globular de uma zeólita.



Fonte: CASTAING, 2000.

Figura 5 - Princípio básico de uma peneira molecular.



Fonte: BRAGA E MORGON, 2007.

As zeólitas naturais podem absorver, pelo princípio da peneira molecular, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), gás amônia (NH<sub>3</sub>),

formaldeído (HCHO), gás oxigênio (O<sub>2</sub>), gás nitrogênio (N<sub>2</sub>), gás hidrogênio (H<sub>2</sub>), água, gases nobres (He, Kr, Xe), Metanol e muitos outros gases e substâncias (BERNARDI et al, 2008). Essa capacidade de retenção pode ser utilizada para adsorver e para controlar odores, incluindo aqueles provenientes dos resíduos animais.

As zeólitas têm diversos usos como, de leves agregados para o feitiço de concreto, na remoção de céσιο (Cs) e estrôncio (Sr) em resíduos nucleares, como corretivo do solo, na remoção de gás amônia dos resíduos sanitários e industriais, na alimentação de animais, na desodorização de excretas de animais, cinzeiros, geladeiras e calçados (MUMPTON,1999).

Um dos principais tipos de zeólitas naturais é a clinoptilolita. A clinoptilolita é um aluminossilicato de sódio, potássio e cálcio hidratado que tem a fórmula molecular: (Na, K, Ca<sub>0,5</sub>, Sr<sub>0,5</sub>, Ba<sub>0,5</sub>, Mg<sub>0,5</sub>)<sub>6</sub>[Al<sub>6</sub>Si<sub>30</sub>O<sub>72</sub>].20H<sub>2</sub>O. É uma zeólita que pertence à família da heulandita, junto com a laumontita e a mordenita (GUTIÉRREZ, 2010). A clinoptilolita tem uma CTC relativamente pequena se comparada a outras zeólitas naturais, porém, a sua seletividade de cátions é maior para o íon amônio (Cs > Rb > K > **NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** > Ba > Sr > Na > Ca > Fe > Al > Mg > Li). Essa seletividade é bastante explorada na remoção de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no tratamento de efluentes domésticos, além de ser utilizado em diversas aplicações agrícolas (MUMPTON,1999).

### 2.3 ZEÓLITA COMO ADITIVO NA DIETA DE SUÍNOS

Segundo Baidoo (2000), o uso de 5 % de zeólitas como aditivo alimentar na dieta de suínos, resultou em dejetos que tiveram redução da volatilização de amônia em 21 % em relação aos animais controles. Ainda

segundo o mesmo autor, a seletividade de íons amônio pela clinoptilolita, sugere que ela pode atuar como um reservatório de nitrogênio no sistema digestivo do animal, permitindo uma liberação mais lenta e uma utilização mais eficiente dos íons amônio.

Segundo Milán et al. (2001), em experimento utilizando doses de zéolitas naturais (0,0 g a 10,0 g) na digestão anaeróbica de dejetos suínos durante trinta dias, a concentração de amônia adsorvida aumenta conforme aumenta a dose de zeólita. A presença de zeólita contribui para a redução da concentração de amônia e amônio na solução, reduzindo os efeitos inibitórios desses compostos na digestão anaeróbica dos dejetos.

De acordo com outro estudo de Rocha et al. (2012), utilizando diferentes concentrações de zeólitas (clinoptilolita) na alimentação de suínos em fase de crescimento e terminação, não foi encontrado efeito dos níveis de zeólita nas dietas (0,5; 1,0; 1,5, 2,0 e 3,0 %) sobre o ganho de peso diário dos animais, consumo diário de ração, conversão alimentar dos animais, parâmetros sanguíneos e sobre as características de carcaça avaliadas.

Em estudo de Shurson et al. (1984), não foi observado nenhum efeito significativo sobre o ganho de peso e consumo de ração em suínos alimentados com dietas contendo 0,3 % de zeólita A, uma zeólita artificialmente produzida, ou 0,5 % de clinoptilolita (zeólita natural) durante a fase de crescimento, de 25 a 65 kg. Com a utilização de 1 % de zeólita A e 5 % de clinoptilolita nas dietas de suínos em terminação, o mesmo estudo não observou diferença no ganho de peso e consumo de ração.

Ainda, segundo Shurson et al. (1984), em suínos alimentados com níveis crescentes de zeólita A e

clinoptilolita, a ingestão diária de nitrogênio não foi afetada, mas a excreção diária de nitrogênio fecal aumentou, resultando numa redução linear na digestibilidade aparente de nitrogênio. Os autores ainda concluíram que as zeólitas A e a clinoptilolita são eficazes na redução da amônia produzida pela desaminação de proteínas no trato gastrointestinal durante a digestão, impedindo a sua absorção, resultando no aumento do nitrogênio fecal, enquanto que o conteúdo total de nitrogênio na urina diminui. O valor biológico da proteína não foi afetado de forma linear em suínos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de clinoptilolita, porém eles obtiveram uma redução linear da utilização da proteína total. Os autores concluíram que níveis de 5,0 e 7,5 % de clinoptilolita podem ser muito superiores que o necessário, podendo impedir a absorção de ácidos aminados.

Shurson et al. (1984) também observaram o efeito de destruição da zeólita A no ambiente ácido do estômago de suínos, onde o pH chega a abaixo de 2. Em soluções muito ácidas, a estrutura da zeólita A é destruída, liberando os íons alumínio (Al) que fazem parte de sua estrutura. Essa maior liberação de Al pode interferir na absorção de cálcio e fósforo. No mesmo trabalho, foi observada uma redução linear na retenção de fósforo. Porém, os diversos níveis de clinoptilolita usados nesse estudo, não afetaram a retenção de Ca, Mg, Na, K, Fe e Zn. Assim, os autores concluem que a clinoptilolita é mais estável que a zeólita A, através do ambiente ácido do estômago.

Em outro estudo, realizado por Martínez et al. (2004), foi utilizado zeólitas naturais como controle de diarreias em leitões recém-desmamados. As zeólitas foram adicionadas na ração na dose de 100 g por dia, durante 3 dias. A zeólita mostrou uma eficiência de 33 %

no controle da diarreia semelhante ao tratamento com eritromicina.

Segundo trabalho de Alexopoulos et al. (2007), utilizando inclusão de 2 % de clinoptilolita na alimentação de suínos em crescimento e terminação, houve um maior ganho de peso dos animais em todas as pesagens do experimento. O consumo de ração não foi afetado pelas dietas, porém foi levemente maior nos animais que consumiam a dieta contendo zeólitas. A conversão alimentar foi melhor no tratamento com inclusão de zeólitas. Ainda segundo o mesmo estudo, a suplementação de clinoptilolita nas dietas de suínos em crescimento e terminação não afetou, em longo prazo, os parâmetros séricos bioquímicos e hematológicos dos animais, sendo que as concentrações séricas de minerais ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca$  e  $PO_4^{2+}$ ) não foram afetadas pela inclusão de zeólitas.

Em trabalho realizado na Grécia, com níveis de inclusão de 2 % de clinoptilolita na alimentação de marrãs, em dietas de gestação e lactação, Kyriakis et al. (2002), concluíram que o uso de clinoptilolita não afetou os níveis séricos de vitaminas e minerais. Adicionalmente, sua avaliação revelou um status adequado em ambos os tratamentos durante o ciclo reprodutivo, embora o respectivo nível de vitamina E era ligeiramente mais baixo nos animais recebendo dieta com clinoptilolita. O estudo também demonstrou que a concentração sérica de potássio não foi alterada pela utilização dietética de zeólita.

Segundo Kyriakis et al. (2002), todos os parâmetros sobre eficiência na maternidade, como, números de leitões nascidos vivos, número de leitões desmamados, peso vivo ao nascer, peso vivo ao desmame, ganho de peso vivo durante a lactação, foram significativamente maiores nos animais alimentados com

dietas de 2 % de inclusão de clinoptilolita. Segundo os autores isso pode ser resultado de uma melhoria na eficiência alimentar dos animais recebendo clinoptilolita na dieta, que pode ser causado por um efeito poupador de energia e nutrientes para um melhor parto e desempenho no período de lactação e, também, um efeito protetor da clinoptilolita sobre os animais em dietas contendo micotoxinas.

De acordo com Papaioannou et al. (2002), nenhuma evidência, em pesquisas realizadas, sobre a inclusão de zeólitas nas dietas de marrãs, mostrou risco potencial na utilização dos nutrientes alimentares, devido à sua propriedade de adsorção não específica e sua capacidade de troca catiônica.

Segundo Poulsen e Oksbjerg (1995), a inclusão de “Klinofeed” (clinoptilolita 3 %) à dieta de suínos em crescimento, mudou o perfil de excreção de nitrogênio, aumentando a excreção de nitrogênio nas fezes e diminuindo a excreção de nitrogênio na urina. No entanto, experiências de laboratório demonstraram que a clinoptilolita pode-se ligar a 135 meq de  $\text{NH}_4^+$ , equivalente a 1,89 g de nitrogênio por 100 g de “Klinofeed”. Seguindo essa relação, Poulsen e Oksbjerg (1995), estimaram que se no experimento testado, os animais consumiam 42 g de “Klinofeed” por dia, o que teoricamente poderia ligar no máximo 0,80 g de nitrogênio amoniacal. O aumento da quantidade de nitrogênio encontrada nas fezes dos suínos alimentados com “Klinofeed” foi de 0,97 g, e 0,33 g de nitrogênio por dia, quando alimentados com dieta A e B, respectivamente. As dietas A e B, ambas possuíam 3 % de clinoptilolita, diferindo em sua formulação. A presença de “Klinofeed” na dieta reduziu a absorção e, conseqüentemente, também a conversão do amônio em

ureia, o que resultou na diminuição da excreção de nitrogênio na urina.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma propriedade comercial particular, integrada ao Frigorífico Pamplona Alimentos S.A., no município de Aurora, Santa Catarina, no período de 15 de julho a 27 de outubro de 2013. Foram utilizados 240 suínos machos, imunocastrados, de alto potencial genético, selecionados a partir de 960 animais, com peso de aproximadamente 22 +/- 1 kg.

Foram utilizadas duas instalações de alvenaria abertas, localizadas próximas, com sistema de piso semi-ripado (62,5 % ripado e 37,5 % compacto), com inclinação de 1 %. As construções eram dispostas paralelamente com orientação no sentido leste-oeste. As instalações possuíam forros de lona e telhados de duas águas com cobertura de telhas de barro. Cada instalação possuía 80 m de comprimento, largura de 8,30 m e pé-direito de 2,80 m. As baias possuíam largura de 3,20 m e comprimento de 3,40 m, totalizando uma área de 10,88 m<sup>2</sup>. Os bebedouros eram do tipo bico de pato, com altura regulável conforme o crescimento dos animais, e os comedouros do tipo basculante, onde o produtor tem um maior controle no acesso aos animais e à ração (Figuras 6, 7 e 8).



Figura 8 - Disposição interna das instalações.



Fonte: produção do próprio autor.

Em cada instalação os animais receberam um tratamento, sendo que na instalação 1 os animais receberam a dieta com inclusão de zeólita e na instalação 2 os animais receberam a dieta controle. Os suínos foram alimentados com ração umedecida 1 h antes do fornecimento, conforme o manejo adotado pela empresa. A ração foi fornecida quatro vezes ao dia às 7, 12, 16, e 19 h. A água foi fornecida à vontade.

O experimento teve duração total de 90 dias, sendo 20 dias em período adaptativo da dieta e do ambiente e, 70 dias em período experimental. Ao primeiro dia, os animais foram pesados e posteriormente distribuídos nas parcelas. Ao 21º dia, teve início o período experimental, onde os animais foram novamente pesados. Ao final do 90º dia, deu-se o fim do período experimental, entretanto por motivos de logística, os animais permaneceram alojados por mais 15 dias,

recebendo as rações experimentais, até o abate (Tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição dos períodos no experimento.

Períodos	Tempo de alojamento	Idade
Adaptativo	0 a 20 dias	65 a 85 dias
Experimental	21 a 105 dias	86 a 172 dias

Fonte: produção do próprio autor.

O abate foi realizado no Frigorífico da Empresa Pamplona Alimentos, na cidade de Presidente Getúlio, SC. No frigorífico, os animais de cada tratamento foram alojados em baias separadas, sendo sensibilizados eletricamente, sangrados, escaldados e eviscerados para as análises de carcaça.

### 3.1 TRATAMENTOS

Foram utilizados dois tratamentos, os quais consistiram em duas dietas isonutritivas com dois diferentes níveis de zeólitas naturais (clinoptilolita): zero (controle) e 0,5 %. As dietas foram formuladas à base de milho e farelo de soja, de acordo com as recomendações do NRC (1998) e de normas da empresa (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 – Composição calculada das rações do período de crescimento.

Crescimento (a partir de 65 dias de idade)		
	Ração Controle	Ração com adição de Zeólita
Milho	67,400	66,700
Farelo de soja	23,620	23,750
Farinha de carne	3,630	3,636
Farelo de trigo	1,850	1,730
Gordura animal	1,140	1,415
Cloreto de sódio	0,507	0,420
Fosfato monobicálcio	0,545	0,545
Calcário Calcítico	0,575	0,572
Lisina	0,185	0,183
Metionina	0,045	0,046
Premix mineral e vitamínico	0,503	0,503
Zeólita		0,500
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3226	3226
Proteína Bruta (%)	18,20	18,20
Cálcio (%)	0,840	0,840
Fósforo Disponível (%)	0,400	0,400
Lisina (%)	0,974	0,974
Metionina (%)	0,292	0,292

Fonte: produção do próprio autor.

Premix mineral e vitamínico (níveis por Kg do produto): Vitamina B12 9.500,00 mcg, Vitamina B6 710,00 mg, Niacina 9,5 g, Biotina 22,00 mg, Vitamina B2 2.100 mg, Vitamina A 2.950.000,00 UI/kg, Vitamina D3 725.000,00 UI/kg, Vitamina E 10.500,00 UI/kg, Vitamina K3 2.200 mg, Vitamina B1 710,00 mg, Acido Fólico 280,00 mg, Pantotenato de cálcio 6.500 mg, Cálcio 100g, Antioxidante 100 mg, Manganês 48 g, Zinco 56 g, Ferro 72 g, Iodo 700,00 mg, Cobre 27 g, Selenio 110 mg, Cobalto 700,00 mg.

Tabela 3 – Composição calculada das rações do período de terminação.

Terminação (a partir de 125 dias de idade)		
	Ração Controle	Ração com adição de Zeólita
Milho	72,932	72,000
Farelo de soja	19,950	20,380
Farinha de carne	3,182	2,900
Farelo de trigo	0,913	0,900
Gordura animal	1,000	1,310
Cloreto de sódio	0,545	0,412
Fosfato monobicálcio	0,455	0,530
Calcário Calcítico	0,436	0,485
Lisina	0,091	0,087
Metionina	0,027	0,027
Premix mineral e vitamínico	0,469	0,469
Zeólita		0,500
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3246	3246
Proteína Bruta (%)	16,45	16,45
Cálcio (%)	0,708	0,708
Fósforo Disponível (%)	0,351	0,351
Lisina (%)	0,787	0,787
Metionina (%)	0,257	0,257

Fonte: produção do próprio autor.

Premix mineral e vitamínico (níveis por Kg do produto): Vitamina B12 9.500,00 mcg, Vitamina B6 710,00 mg, Niacina 9,5 g, Biotina 22,00 mg, Vitamina B2 2.100 mg, Vitamina A 2.950.000,00 UI/kg, Vitamina D3 725.000,00 UI/kg, Vitamina E 10.500,00 UI/kg, Vitamina K3 2.200 mg, Vitamina B1 710,00 mg, Acido Fólico 280,00 mg, Pantotenato de cálcio 6.500 mg, Cálcio 100g, Antioxidante 100 mg, Manganês 48 g, Zinco 56 g, Ferro 72 g, Iodo 700,00 mg, Cobre 27 g, Selenio 110 mg, Cobalto 700,00 mg.

As zeólitas foram adquiridas na empresa Celta Brasil®, localizada na cidade de Cotia, SP. As descrições da composição e das propriedades físico-

químicas da zeólitas estão descritas nas Tabelas 4 e 5 respectivamente.

Tabela 4 – Composição química da zeólita Cepelc.

Composição	%
Pureza	98,00
SiO <sub>2</sub>	70,78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,95
CaO	6,58
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,62
Na <sub>2</sub> O	2,98
K <sub>2</sub> O	2,07
MgO	0,95
TiO <sub>2</sub>	0,56

Fonte: Celta Brasil, 2014.

Tabela 5 – Propriedades físico-químicas da zeólita Cepelc.

Composição	Unidade
Granulometria	44 µm
Capacidade de troca catiônica (CTC)	1,57 meq/g
Ponto de fusão	1.300 ° C
Densidade aparente	0,63 g/cm <sup>3</sup>
pH	10,1

Fonte: Celta Brasil, 2014.

### 3.2 ÍNDICES AVALIADOS

Foram avaliados a concentração de amônia nas instalações, pH dos dejetos, desempenho zootécnico e a qualidade das carcaças dos animais. Em conjunto com a concentração de amônia, foram medidas a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar.

### 3.2.1 Concentração da amônia

A concentração de amônia foi feita com o auxílio de um aparelho sensor de medição Dräger Pac 7000®, utilizando método eletroquímico (Figura 9).

Figura 9 – Aparelho medidor de concentração de amônia no ar.



Fonte: produção do próprio autor.

As medições foram realizadas em cinco dias, ao longo de um período de 14 dias, conforme apresentados na Tabela 6, incluindo os dias que procederam ao fechamento das calhas para envio dos dejetos à composteira. Esse período foi empregado, pois corresponde ao tempo em que as calhas, localizadas abaixo das instalações, conseguem armazenar os dejetos. Após esse período os dejetos foram liberados para a composteira.

Tabela 6 – Medições da concentração de amônia nas instalações durante o período analisado.

Data	Dias após o fechamento das calhas de escoamento de dejetos
21/08	2
22/08	3
27/08	8
28/08	9
02/09	14

Fonte: produção do próprio autor.

As medições foram feitas em cada parcela, em dois lugares diferentes, acima do piso compacto e acima do piso ripado e em três horários: 7h, 13h, e às 19h, totalizando 360 medições em cada tratamento. Esses horários foram utilizados de acordo com o manejo realizado, coincidindo com os horários de alimentação ou após o fornecimento da ração. As medições da concentração de amônia no ar no interior das edificações foram realizadas a uma altura relativa ao focinho do animal, até a estabilização das medidas conforme indicado por Oliveira e Robin, 2011.

Durante o período de análise de concentração de amônia, o manejo das cortinas de ambas as instalações eram semelhantes devido ao efeito da ventilação do ar na concentração de amônia. As cortinas eram manejadas conforme a temperatura e umidade do ar.

### 3.2.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

Para a medida do potencial hidrogeniônico (pH) foi realizada coleta dos dejetos ao final do período de análise de concentração de amônia (dia 02/09). Foi obtido com pH-metro de precisão, portátil, digital, a partir de uma amostra homogênea de 80 mL de dejetos

coletados em baixo do piso ripado de cada parcela experimental (Figuras 10 e 11).

Figura 10 - Aparelho automático de pH Extech®.



Fonte: produção do próprio autor.

Figura 11 – Aparelho realizando a aferição do pH da amostra.



Fonte: produção do próprio autor.

### **3.2.3 Desempenho zootécnico**

#### **3.2.3.1 Consumo de ração**

Ao final do período experimental, o consumo de ração foi medido, utilizando-se balança eletrônica (balança com graduação de 0,1 kg) e calculado a partir da diferença entre a quantidade de ração fornecida e a quantidade de ração não consumida pelos animais. O consumo de ração animal/dia foi calculado, dividindo-se o valor total do consumo de ração total de cada baia pelo número de animais e pelo número de dias correspondentes (g/animal/dia).

#### **3.2.3.2 Peso vivo e peso vivo médio**

O peso vivo (kg) foi medido pela pesagem dos animais ao início e ao final do período experimental, com balança eletrônica (balança com graduação de 0,5 kg). O peso obtido foi dividido pelo número de animais em cada parcela, obtendo-se o peso vivo médio.

#### **3.2.3.3 Ganho de peso médio diário**

O ganho de peso médio diário (kg) foi obtido pela diferença entre o peso vivo médio do final do período e o peso vivo médio do início do período experimental, dividindo-se pelo número de dias do período.

#### **3.2.3.4 Conversão alimentar**

A conversão alimentar foi obtida pela relação entre o consumo médio de ração (kg) e o peso vivo médio (kg), calculada ao final do período experimental.

### 3.2.3.5 Mortalidade

Foram contabilizados os animais mortos, sendo os índices anteriores corrigidos pelas mortalidades.

### 3.2.4 Qualidade de carcaça

A análise de carcaça foi realizada ao final do alojamento dos animais, com idade de 105 dias. Foram utilizados para esta análise, 184 animais. Foram medidos o peso de carcaça quente, a espessura de toucinho, a profundidade de lombo e a porcentagem de carne magra. Para o peso de carcaça utilizou-se balança eletrônica e, para as demais medições, utilizou-se pistola automática de tipificação de carcaças suínas Hennessy GP4/BP4® na linha de abate. A medição foi realizada introduzindo o aparelho nas carcaças, transpassando o toucinho e o músculo *longissimus dorsi*.

## 3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Empregaram-se dois tratamentos com doze repetições de dez animais cada. Os dados foram analisados utilizando o software computacional estatístico SAS® (2003). As médias foram analisadas pelo teste de Fischer-Snedecor. Para todos os testes efetuados foi considerado o nível mínimo de significância de 5 %.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIA

Não foi observada interação ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos e o tipo de piso (ripado e compacto) nas medições de concentração de amônia nas instalações.

O tipo de piso, compacto e ripado, não teve efeito ( $P>0,05$ ) na concentração de amônia na altura dos focinhos dos animais, desconsiderando os tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7 – Concentração de amônia (ppm) no piso compacto (PC) e no piso ripado (PR) nas instalações de suínos em crescimento e terminação suplementados com zeólita na dieta.

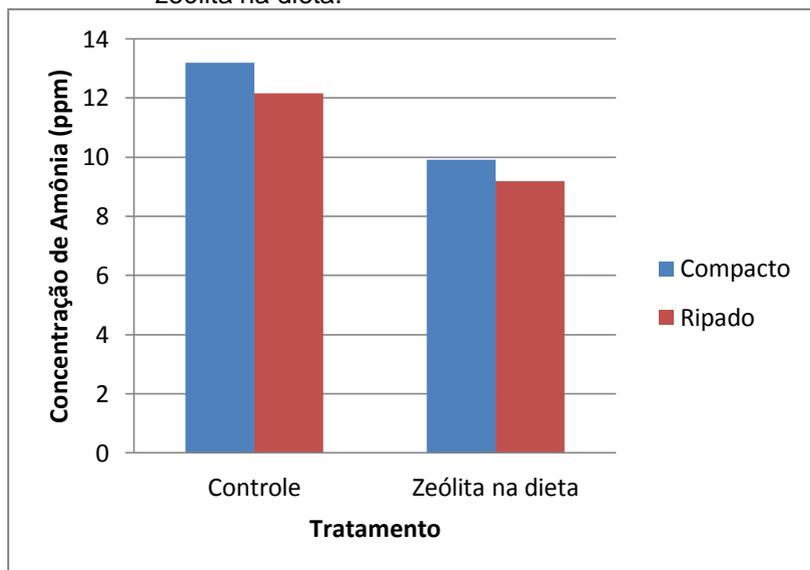
Parâmetro	Controle		Zeólita na dieta		CV (%)
	PC	PR	PC	PR	
Concentração de amônia (ppm)	13,20 a	12,16 a	9,92 b	9,19 b	15,83

Fonte: produção do próprio autor.

\* Letras desiguais diferem estatisticamente pelo Teste de Fischer-Snedecor (0,05 %).

Observa-se que no piso compacto (Tabela 7) houve uma tendência de concentrações maiores, cerca de 7,87 % no tratamento controle e 7,35 % no tratamento com adição de zeólitas (Figura 12).

Figura 12 – Concentração de amônia (ppm) nas instalações de suínos, nos diferentes pisos, suplementados com zeólita na dieta.



Fonte: produção do próprio autor.

Isso pode ter ocorrido devido a urina e as fezes estarem mais próximas do aparelho medidor e conseqüentemente dos animais. A área não ripada é próxima ao comedouro, e os animais mostram um comportamento típico. Quando eles estão se alimentando, eles geralmente urinam e defecam, sujando essa área, que por não ser ripada, acaba ficando mais suja, propiciando uma maior volatilização de amônia.

Foi observada diferença significativa ( $P < 0,05$ ) nas concentrações de amônia nas medições dos dias 27/08, 28/08 e 02/09. A concentração de amônia nas medições dos dias 27/08, 28/08 e 02/09 foram menores ( $P < 0,05$ ) na instalação onde os animais receberam zeólita (Tabela 8).

Tabela 8 – Concentração de amônia (ppm) nas instalações de suínos suplementados com zeólitas na dieta no período analisado.

Medição			
	Controle	Zeólita na dieta	CV (%)
21/08	13,25 a	13,48 a	26,28
22/08	9,70 a	10,06 a	10,64
27/08	11,80 a	9,31 b	9,90
28/08	14,08 a	6,69 b	29,59
02/09	14,50 a	8,33 b	20,02

Fonte: produção do próprio autor.

\* Letras desiguais nas linhas diferem estatisticamente pelo Teste de Fischer-Snedecor (0,05 %).

Foi observada interação ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos e os períodos de medições. Essa interação é explicada, pois a medição do dia 21/08 foi realizada após dois dias do esvaziamento e fechamento da calha de dejetos de ambas as instalações. Nesse caso, a zeólita estava minimamente presente nas calhas de recebimento de dejetos localizadas abaixo das instalações. A segunda medição foi realizada a 3 dias, a terceira a 8 dias, a quarta a 9 dias e a quinta a 14 dias do esvaziamento e fechamento das calhas.

Ao longo das medições, o efeito acumulativo do fornecimento de zeólitas na dieta sobre o ambiente foi observado. Se levarmos em conta o consumo médio diário de ração dos animais no experimento (2,340 kg) e o nível de zeólitas na ração (0,5 %) eram adicionados a cada dia aos dejetos de toda a instalação testada, aproximadamente 5,61 kg de zeólitas a partir da alimentação dos animais. Ressalta-se que todos os animais da instalação, mesmo não fazendo parte do grupo experimental, recebiam o mesmo tratamento. Ao

final dos 14 dias em que as calhas estavam fechadas, houve uma adição de cerca de 78 kg de zeólitas nos dejetos a partir da alimentação dos animais, levando em conta que nenhuma partícula de zeólita foi destruída durante a passagem no trato gastrointestinal dos suínos. Segundo Shurson et al (1984), a zeólita natural do tipo clinoptilolita tem estrutura mais estável que outro tipo de zeólita, a zeólita A, suportando melhor o ambiente ácido do estômago dos animais.

A quantidade acumulada de zeólitas ao final de 14 dias contribuiu para que na última medição, a concentração de amônia na instalação dos animais que recebiam zeólita na dieta tivesse uma redução de 38,2 % em relação à primeira medição (21/08). Foi também observada uma redução de 42,55 % na concentração de amônia em relação ao grupo controle na última medição (02/09). Segundo Rigolot (2010), a volatilização de amônia é maior quando os dejetos são armazenados por longos períodos abaixo dos animais. Por exemplo, uma descarga dos dejetos feita diariamente ou semanalmente reduz a emissão de amônia em 35 % e 20 % respectivamente, comparando com um armazenamento dos dejetos por 4 ou mais semanas.

A taxa de emissão de amônia a partir dos dejetos de suínos é um processo demorado, governado por diversos fatores como a sua concentração e pH da solução, seu tratamento, temperatura, velocidade do ar e a área de superfície de emissão (AARNINK; VERSTEGEN, 2007). A grande parte da origem da amônia nas instalações suínas é devido a hidrólise da ureia presente na urina, processo denominado ureólise, a partir da enzima de origem fecal urease. Outra fonte de menor importância e de ocorrência lenta é na degradação de proteínas não digeridas nas fezes (PHILIPPE; CABARAUX; NICKS, 2011; BAIDOO, 2000).

As fezes e a urina dos animais nesse sistema de produção se misturam após a excreção, sendo armazenadas durante certo período, abaixo do piso das instalações. No caso do presente estudo, os dejetos eram armazenados 14 dias abaixo das instalações, pois geralmente as esterqueiras possuem certa capacidade limite, não permitindo a liberação dos dejetos diariamente. Esse armazenamento de dejetos tem influência direta na concentração de amônia nas instalações, pois quanto maior for esse tempo maior será o volume de dejetos e maior será a formação da amônia. Além disso, quanto maior for o tempo, o processo de degradação de proteínas não digeridas nas fezes vai aumentando, assim, conseqüentemente, contribuindo ainda mais na maior emissão de amônia.

As emissões de amônia estão relacionadas com a temperatura ambiente. A temperatura tem efeito direto sobre as emissões, favorecendo a atividade da enzima urease e a dissolução e volatilização da amônia a partir dos dejetos (PHILIPPE; CABARAUX; NICKS, 2011). As temperaturas máximas e mínimas e umidades relativas máximas e mínimas nas duas instalações, nos dias em que foram medidas as concentrações de amônia, estão demonstradas na Tabela 9.

Tabela 9 – Temperaturas máximas (T MAX) e mínimas (T MIN) diárias (°C) e Umidades relativas do ar máximas (UR MAX) e mínimas (UR MIN) diárias (%) nas instalações de suínos no período analisado.

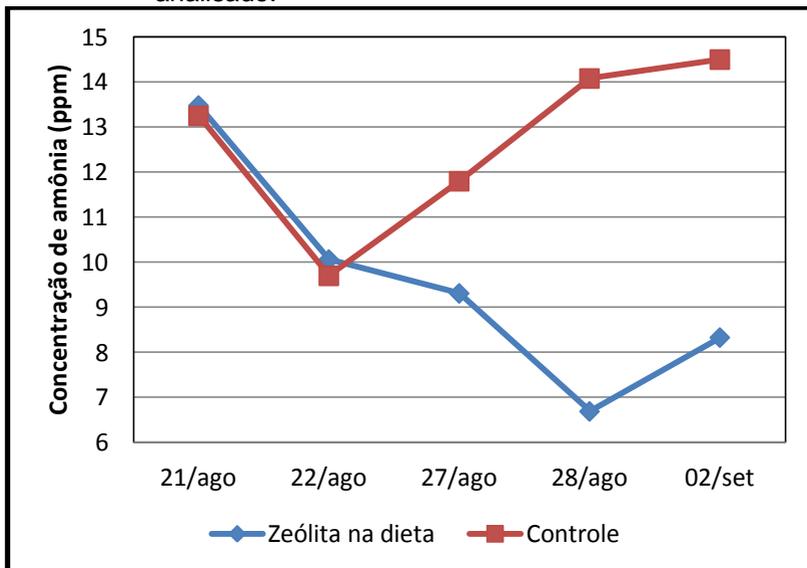
Medição				
Temperaturas máximas e mínimas diárias				
Controle		Zeólitas na dieta		
T MAX (°C)	T MIN (°C)	T MAX (°C)	T MIN (°C)	
21/08	26,9	17,8	27,1	17,1
22/08	28,8	19,4	29,4	18,4
27/08	20,8	13	20,2	12,1
28/08	22,9	11	22	10,2
02/09	26,2	15,2	27,2	14,1
Umidades relativas do ar máximas e mínimas diárias				
Controle		Zeólitas na dieta		
UR MAX (%)	UR MIN (%)	UR MAX (%)	UR MIN (%)	
21/08	85	54	80	58
22/08	80	47	80	50
27/08	82	53	78	58
28/08	82	50	77	55
02/09	89	57	87	55

Fonte: produção do próprio autor.

Como as medidas de temperatura e umidade das instalações são muito próximas, não interferiram nas diferenças encontradas nas concentrações de amônia nas instalações.

Analisando as informações obtidas, percebe-se que o efeito acumulativo das zeólitas teve bastante influência na concentração de amônia nas três últimas medições. Mesmo com maior tempo de estocagem do esterco e maior pH dos dejetos do tratamento com zeólitas, a zeólita se mostrou efetiva ( $P < 0,05$ ) na redução da concentração de amônia nas instalações (Figura 13).

Figura 13 – Concentração de amônia (ppm) nas instalações de suínos suplementados com zeólita na dieta no período analisado.



Fonte: produção do próprio autor.

Scheider (2013), em trabalho com a inclusão de 10 % de zeólitas na cama de aves de corte em três lotes consecutivos, observou uma redução na volatilização da amônia em 12,9 % aos 42 dias do segundo lote, 44,4 % aos 21 dias do terceiro lote e 34,4 % aos 42 dias do terceiro lote. No mesmo trabalho, Schneider (2013) incluiu na dieta de frangos de corte 0,5 % de zeólitas, porém não encontrou efeito das zeólitas adicionadas a deita na redução dos níveis de amônia. Isso pode ser explicado pela diferença no consumo de ração entre suínos e frangos. A cada dia, em uma instalação de suínos, é adicionado um número muito maior de zeólitas nos dejetos via dieta. Para frangos de corte a maneira mais efetiva de diminuir a volatilização de amônia talvez seja adicionando as zeólitas diretamente misturadas à

cama a uma concentração muito maior, não interferindo na formulação da dieta.

Segundo Barker et al (1996), os níveis de amônia em instalações fechadas e bem ventiladas são em torno de 10 a 20 ppm, em sistemas ripados. Os valores encontrados no experimento corroboram essa informação, pois nenhum valor de concentração de amônia excedeu os 20 ppm.

Segundo Aarnink e Verstegen (2007), existem algumas opções para reduzir, ou combater, as emissões de amônia por meio da nutrição, como reduzir a excreção de nitrogênio pela redução do fornecimento de proteína bruta e mudando a forma de excreção de nitrogênio, da uréia para proteínas nas fezes (mais lentamente degradadas). As zeólitas, além de atuarem, modificando a forma de excreção do nitrogênio, pela diminuição do nitrogênio urinário e aumento do nitrogênio fecal dentro do organismo animal, elas atuam como “esponjas” de amônia e amônio. A alta CTC das zeólitas faz com que elas adsorvam os íons amônio. Já, as suas microporosidades internas aprisionam o gás amônia em sua estrutura. Ainda segundo Aarnink e Verstegen (2007), a seletividade de íons amônio pela clinoptilolita, sugere que ela pode atuar como um reservatório de nitrogênio no sistema digestivo do animal, permitindo uma liberação mais lenta e uma utilização mais eficiente dos íons amônio.

As zeólitas possuem diversas propriedades que fazem dela um excelente objetivo de estudo, principalmente em relação a sua capacidade de adsorver substâncias nocivas, como o gás amônia em instalações de produção animal. A volatilização de amônia é regida por diversos fatores nem sempre fáceis de serem isolados. Todos esses fatores devem ser levados em

consideração ao estudar as zeólitas e sua interação com o ciclo no nitrogênio nos dejetos suínos.

#### 4.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

Foi observada diferença significativa ( $P < 0,05$ ) no pH dos dejetos referente ao período analisado (Tabela 10).

Tabela 10 – Potencial hidrogeniônico (pH) dos dejetos de suínos suplementados com zeólita na dieta.

Parâmetro	Controle	Zeólita na dieta	CV (%)
pH	7,08 b	7,25 a	2,22

Fonte: produção do próprio autor.

\* Letras desiguais diferem estatisticamente pelo Teste de Fischer-Snedecor (0,05 %).

Os dejetos do tratamento com adição de zeólita apresentaram maior pH ( $P < 0,05$ ), com aumento de 2,34 %. Isso pode ser explicado pela característica química de adsorção da zeólita. As zeólitas podem adsorver alguns ácidos, entre eles os ácidos orgânicos e sulfídrico, contribuindo no pequeno aumento do pH. O aumento de pH foi pequeno, devido a algumas características dos dejetos no sistema de produção de suínos. Os dejetos, nesse sistema, são bastante diluídos em água, tanto pela atividade dos animais, como pelo manejo nutricional ou limpeza periódica das instalações.

De acordo com Cantarella (2007), a porcentagem de nitrogênio amoniacal total presente na forma de amônia em solução com pH 5,2 é de apenas 0,01 %, enquanto que em pH 7,2 é de 1 % e em pH 9,2, correspondente a sua constante de equilíbrio, é de 50 %.

Segundo Leung et al (2007), a clinoptilolita (90 % de pureza), com mais de 25  $\mu\text{m}$ , exposta a um pH 7,0, tem capacidade de adsorver 158  $\text{Cmol}^+/\text{kg}$  de  $\text{NH}_4^+$ , ao contrário, a um pH 2,0, tem capacidade de adsorver 123  $\text{Cmol}^+/\text{kg}$ . Segundo mesmo autor, a clinoptilolita conserva 20 % a mais da sua capacidade de adsorção de amônia quando exposta a um pH de 7,0, comparada a uma exposição a pH 2,0. Isso mostra que as zeólitas têm maior capacidade de adsorver amônia a partir dos dejetos do que no estômago dos suínos.

Como relatado, o pH dos dejetos do tratamento com zeólitas foi de 7,25. Isso mostra que as zeólitas tiveram disponível praticamente toda a sua capacidade de adsorção de amônia (158  $\text{Cmol}^+/\text{kg}$  de  $\text{NH}_4^+$ ).

Mesmo com o pH maior facilitando um pouco mais a formação de amônia solúvel nos dejetos, este mesmo pH ainda manteve alta a capacidade de adsorção de amônia pelas zeólitas.

### 4.3 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

Não foram observadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) no consumo de ração diário, ganho de peso médio diário e conversão alimentar (Tabela 11).

Tabela 11 – Consumo de ração diário (CR), ganho de peso médio diário (GPD) e conversão alimentar (CA) de suínos em crescimento e terminação suplementados com zeólitas na dieta.

Parâmetro			
	Controle	Zeólita na dieta	CV (%)
Peso inicial (86 dias)	35,65	36,11	1,65
Peso final (156 dias)	101,43	101,64	1,74
CR (kg)	2,346	2,340	1,47
GPD (kg)	0,942	0,934	2,67
CA	2,490	2,508	2,57

Fonte: produção do próprio autor.

\* Não houve diferenças significativas ( $P>0,05$ ).

Esses resultados podem ser justificados pelo fato de que as duas dietas fornecidas aos animais tinham a mesma composição nutricional. A dieta com inclusão de zeólita tinha concentração baixa de clinoptilolita, não exercendo efeitos negativos na absorção de nutrientes e, conseqüentemente, não alterando o desempenho.

Esses resultados são corroborados aos obtidos no ensaio de Rocha et al (2012) que avaliou diversas concentrações de zeólitas (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 %) na dieta de suínos em crescimento e terminação. Nesse estudo não foram observadas diferenças significativas em ganho de peso médio diário, consumo diário de ração, conversão alimentar e parâmetros sanguíneos. Shurson et al (1984) testaram a inclusão de 0,3 % de

zeólita A e 0,5 % de clinoptilolita na dieta de crescimento de suínos, e também não observaram diferenças no ganho de peso médio diário, consumo de ração e conversão alimentar. Estes mesmos autores testaram também a inclusão de 5 % de clinoptilolita na dieta de suínos em terminação, entretanto observaram um aumento na conversão alimentar dos animais com dieta de inclusão de clinoptilolita, porém não observaram efeito sobre o ganho de peso e consumo de ração. Segundo Shurson et al (1984), níveis maiores de 5 % de clinoptilolita são excessivos, podendo prejudicar a absorção de aminoácidos, influenciando assim, no desenvolvimento dos animais. No entanto, Alexopoulos et al (2007), utilizando a inclusão de 2 % de zeólitas na alimentação de suínos em crescimento e terminação, observaram resultados significativos no ganho de peso, sendo que os animais recebendo zeólita tiveram maior ganho de peso médio diário e maior peso final ao abate.

Pearson, Smith e Fox (1985), também não observaram efeito na inclusão de 4 e 8 % de zeólita na alimentação de suínos em crescimento e terminação sobre o ganho de peso, e conversão alimentar. Leung (2004) não observou efeito significativo na inclusão de 2 % de zeólita na dieta de suínos em crescimento e terminação sobre o ganho peso diário, conversão alimentar e consumo de ração. Defang & Nikishov (2009) também não observaram efeito na inclusão de 3, 4 e 5 % de zeólita na dieta de suínos em crescimento e terminação sobre o consumo de ração, porém, observaram efeito significativo na inclusão de 4 % de zeólita na dieta de suínos sobre o consumo de ração.

Papaioannou et al (2002) testaram a inclusão de clinoptilolita (2 %) na dieta de leitões e não observaram diferenças nas concentrações séricas de vitamina A e E, fósforo, magnésio, cálcio, cobre e zinco bem como nos

níveis desses elementos no fígado. Estudo semelhante foi realizado por Alexopoulos et al (2007), com a inclusão de 2 % de zeólitas na alimentação de suínos em crescimento e terminação. Nesse estudo, os autores observaram que a zeólita não influenciou os níveis séricos bioquímicos e hematológicos dos animais. Esses resultados mostram que níveis de zeólita (clinoptilolita) igual ou inferior a 2 % não prejudicam a absorção de macro e microminerais no trato gastrointestinal dos suínos.

Como demonstrado, a adição de zeólitas na alimentação de suínos é um assunto controverso. Alguns trabalhos relatam que a zeólita possui um efeito positivo no ganho de peso, outros, porém, não relatam essa diferença. Cabe ressaltar que a adição de 0,5 % de zeólita é muito baixa para ter efeito positivo no ganho de peso e nas características de carcaça, diferindo do objetivo da maioria dos trabalhos publicados, uma vez que, o objetivo primário deste trabalho foi a avaliação da sua influência na concentração de amônia nas instalações. Autores que conseguiram observar melhoria no ganho de peso dos animais adicionaram concentrações iguais ou maiores que 2 % de zeólitas na alimentação de suínos em crescimento e terminação. As zeólitas podem melhorar o desempenho animal pela redução da amônia produzida no trato gastrointestinal, impedindo sua absorção e consequentemente, diminuindo o gasto energético para eliminá-la através da urina (SHURSON et al, 1984). Outros efeitos benéficos relatados são na diminuição do tempo de passagem do alimento no trato gastrointestinal, melhorando a eficiência na absorção dos alimentos e na capacidade das zeólitas em adsorver micotoxinas.

Devem ser sempre levadas em consideração, no estudo das zeólitas, as suas propriedades físicas e

químicas. Diversas regiões possuem jazidas de zeólitas com características físicas e químicas muito diferentes entre si. Nos experimentos que a utilizam como aditivo animal, deve-se ficar atento a essas propriedades, principalmente a pureza, a relação Si/Al e a granulometria. Essas três propriedades possuem grande influência na capacidade de troca catiônica e, conseqüentemente, na capacidade de adsorção das zeólitas e na sua interação com o organismo animal.

#### 4.4 QUALIDADE DE CARÇAÇA

A inclusão de 0,5 % de zeólitas na dieta de suínos em crescimento e terminação não afetou ( $P>0,05$ ) o peso de carcaça quente, a espessura de toucinho, a profundidade de lombo e a porcentagem de carne magra (Tabela 12).

Tabela 12 – Peso de carcaça quente, Espessura de toucinho, Profundidade de lombo e Carne magra de suínos em crescimento e terminação suplementados com zeólitas na dieta.

Parâmetro			
	Controle	Zeólita na dieta	CV (%)
Peso de carcaça quente(kg)	79,85	79,69	1,48
Espessura de toucinho (mm)	15,78	16,30	19,66
Profundidade de lombo (mm)	45,75	46,38	13,98
Carne Magra (%)	54,67	54,51	3,96

Fonte: produção do próprio autor.

\* Não houve diferenças significativas ( $P>0,05$ ).

Esses resultados confirmam com os descritos por Pearson, Smith e Fox (1985), onde também não observaram efeito na inclusão de 4 e 8 % de zeólitas

na alimentação de suínos em crescimento e terminação sobre os parâmetros de carcaça. Rocha et al (2012), utilizando diversas concentrações de zeólitas (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 %) na dieta de suínos em crescimento e terminação também não observaram resultados significativos nos parâmetros de carcaça avaliados (espessura de toucinho, profundidade de lombo, porcentagem de carne magra e rendimento de carne).

## 5 CONCLUSÃO

A inclusão de 0,5 % de zeólitas naturais na dieta de suínos em crescimento e terminação diminui a concentração de amônia nas instalações.

A inclusão de 0,5 % de zeólitas naturais na dieta de suínos em crescimento e terminação aumenta o pH dos dejetos.

A inclusão de 0,5 % de zeólitas naturais na dieta de suínos em crescimento e terminação não afeta o desempenho zootécnico e qualidade de carcaça dos animais.

## 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.

ALEXOPOULOS, C. et al. Experimental study on the effect of in-feed administration of a clinoptilolite-rich tuff on certain biochemical and hematological parameters of growing and fattening pigs. **Livestock Science**, v. 111, p. 230-241. 2007.

AROGO, J.; WESTERMAN, P. W; HEBER, A. J. A review of ammonia emissions from confined swine feeding operations. **American Society of Agricultural Engineers**. v. 46, n. 3, p. 805-817. 2003.

BAIDOO, S. K. Environmental impacts of swine, poultry nutrition discussed. **Feedstuffs**, v. 72, n. 26, p.12. 2000.

BARKER et al. Safety in Swine Production Systems. **Water Quality and Waste Management**, v. 104. 1996.

BERNARDI, A. C. de C. et al. **Documentos 85**: Potencial de uso de zeólitas na agropecuária. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. 46 p.

BLANES-VIDAL, V. et al. Emissions of ammonia, methane and nitrous oxide from pig houses and slurry: Effects of rooting material, animal activity and ventilation flow. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.124, p. 237-244. 2008.

BOUWMAN, A. F. et al. A global high-resolution emission inventory for ammonia. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 11, n. 4, p. 561-587, Dec. 1997.

BRAGA, A. A. C.; MORGON, N. H. Descrições estruturais cristalinas de zeólitos. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 178-188. 2007.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria 3.214 de Jul. 1978. Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho - NR-15: Atividades e Operações Insalubres**. Brasília, 1978. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A36A27C140136A8089B344C39/NR15%20\(atualizada%202011\)%20II.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A36A27C140136A8089B344C39/NR15%20(atualizada%202011)%20II.pdf)>. Acesso em: mar. 2013.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CASTAING, J. **Uso de las arcillas em alimentación animal**. Asociación general de productores de mais, Francia, 2000. Disponível em: <<http://www.uco.es/servicios/nirs/fedna/capitulos/98CAPVIII.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2013.

CHOU, Liang-hsing et al. Regenerable adsorbent for removing ammonia evolved from anaerobic reaction of animal urine. **Journal of Environmental Sciences**, v. 18, n. 6, p. 1176-1181. 2006.

DEFANG, H.F.; NIKISHOV, A.A. Effect of dietary inclusion of zeolite on performance and carcass quality of grower-finisher pigs. **Livestock Research for Rural Development**, v. 21, n. 6. 2009. Disponível em:

<<http://www.lrrd.org/lrrd21/6/defa21090.htm>>. Acesso em: 2 jun. 2014.

FELIX, E. P; CARDOSO, A. A. Amônia (NH<sub>3</sub>) atmosférica: Fontes, transformações, sorvedouros e métodos de análise. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p. 123-130. 2004.

GUTIÉRREZ, M. T. O. **Zeolitas características y propiedades**. Ciudad de México: Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, 2010.

JEPPSSON, K. H. Diurnal variation in ammonia, carbon dioxide and water vapour emission from an uninsulated, deep litter building for growing/finishing pigs. **Biosystems Engineering**, v. 81, n. 2, p. 213-223. 2002.

KIM, K.Y. et al. Quantification of ammonia and hydrogen sulfide emitted from pig buildings in Korea. **Journal of Environmental Management**, v. 88, p. 195-202. 2008.

KYRIAKIS, S. C. et al. Experimental studies on safety and efficacy of the dietary use of a clinoptilolite-rich tuff in sows: a review of recent research in Greece. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 51, p. 65-74. 2002.

LEUNG, S. **The effect of clinoptilolite properties and supplementation levels on swine performance**. 2004. 131f. Thesis (Master in Bioresource Engineering) - McGill University, Montreal.

LEUNG, S et al. Zeolite (clinoptilolita) as feed additive to reduce manure mineral content. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 3309-3316. 2007.

LUZ, A. B. da. **Zeólitas**: propriedades e usos industriais. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1995. 35 p. (Série Tecnologia Mineral, 68).

MARTÍNEZ, M. et al. La utilización efectiva de la zeolita natural para el control de las diarreas. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, v. 38, n. 4, p. 395-398. 2004.

MILÁN et al. Influence of different natural zeolite concentrations on the anaerobic digestion of piggery waste. **Bioresource Technology**, v.80, p. 37-43. 2001.

MUMPTON, F. A. La roca magica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 96, p. 3463-3470, Mar. 1999.

NI, J. Q. et al. Ammonia, Hydrogen Sulphide and Carbon Dioxide Release from Pig Manure in Under-floor Deep Pits. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 77, n. 1, p. 53–66. 2000.

NI, J. Q. et al. Assessment of ammonia emissions from swine facilities in the U.S.: Application of knowledge from experimental research. **Environmental Science & Policy**, v. 22, p. 25-35. 2012.

OLIVEIRA, P. A. V. de; ROBIN, P. Modelo de emissão de gases na produção de suínos. In: SEMINÁRIO CFD, 1. 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2011. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br>>. Acesso em: 8 mar. 2013.

OSORIO, J. A.; TINOCO, I. F.; CIRO, H. J. Ammonia: A review of concentration and emission models in livestock structures. **Dyna**, Medellín, v. 76, n. 158, p. 89-99, Jun. 2009.

PAPAIOANNOU, D. S. et al. Effect of in-feed inclusion of a natural zeolite (clinoptilolite) on certain vitamin, macro and trace element concentrations in the blood, liver and kidney tissues of sows. **Research in Veterinary Science**, v. 72, p. 61-68. 2002.

PEARSON, G.; SMITH, W.C.; FOX, J.M. Influence of dietary zeolite on pig performance over the liveweight range 25-87 kg. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, v.13, p.151-154.1985.

PHILIPPE, F. X.; CABARAUX, J. F.; NICKS, B. Ammonia emissions from pig houses: Influencing factors and mitigation techniques. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 141, p. 245-260. 2011.

PHILIPPE, F. X. et al. Ammonia and greenhouse gas emissions during the fattening of pigs kept on two types of straw floor. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.150, p. 45-53. 2012.

POULSEN, H. D.; OKSBJERG, N. Effects of dietary inclusion of a zeolite (clinoptilolite ) on performance and protein metabolism of young growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 53, p. 297-303. 1995.

REIS, J. A. T. dos; MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.14, n.3, p. 353-362, jul/set. 2009.

RIGOLOTT et al. Modelling of manure production by pigs and NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emissions: Part II: effect of animal housing, manure storage and treatment practices. **Animal**, v. 4, n. 8, p. 1413-1424, ago. 2010.

ROCHA, G. C. et al. Avaliação dos níveis de zeólita em dietas para suínos em fase de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 1, p. 111-117. 2012.

SAS Institute Inc. 2002-2003. **Statistical analysis system**. Release 9.1. (Software). Cary. USA.

SCHNEIDER, Aline Félix. **Zeólitas naturais na dieta e cama de frangos de corte**. 2013. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal – Área: Produção Animal) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, Lages, 2013.

SHURSON, G. C. et al. Effects of zeolite A or clinoptilolite in diets of growing swine. **Journal of Animal Science**, v. 59, n. 6, p. 1536-1545. 1984.

SILVERTHORN, D. U. Fisiologia humana: uma abordagem integrada. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 957 p.

VAN DER HOEK, K. W. Estimating ammonia emission factors in Europe: summary of the work of the UNECE ammonia expert panel. **Atmospheric Environment**, v. 32, n. 3, p. 315-316.1998.

VRANKEN, E. et al. Intermittent measurements to determine ammonia emissions from livestock buildings. **Biosystems Engineering**, v. 88, n. 3, p. 351-358. 2004.