

MARCELO JOSÉ MILAGRES DE ALMEIDA

EFEITOS DE NIVEIS DE ZEOLITA NATURAL (CLINOPTILOLITA)
PARA LEITÕES NA FASE INICIAL DE CRESCIMENTO
(10 aos 35 kg PV)

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia - Nutrição Animal Monogástrico, para obtenção do grau de "MESTRE".

Orientador:
Prof. Sazzad M. Hossain

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1994

FICHA CATALOGRAFICA PREPARADA PELA SEÇÃO DE CATALOGAÇÃO E
CLASSIFICAÇÃO DA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFLA

Almeida, Marcelo José Milagres de
Efeitos de níveis de zeolita natural (clinoptilolita)
para leitões na fase inicial de crescimento (10 aos
35 kg PV) / Marcelo José Milagres de Almeida.--Lavras :
UFLA, 1995.
70 p. : il.

Orientador: Sazzad M. Hossain.
Dissertação (Mestrado) - ESAL.
Bibliografia.

1. Aditivos (Alimentos para suínos). 2. Aluminossilicatos (Nutrição de suínos). 3. Suínos - Alimentação e alimentos. 4. Suínos - Crescimento. 5. Suínos - Desempenho. 6. Zeolita natural (Nutrição de suínos). I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.4085

MARCELO JOSÉ MILAGRES DE ALMEIDA

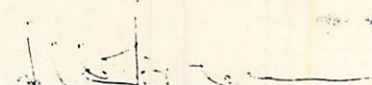
EFEITOS DE NIVEIS DE ZEOLITA NATURAL (CLINOPTILOLITA)

PARA LEITÕES NA FASE INICIAL DE CRESCIMENTO

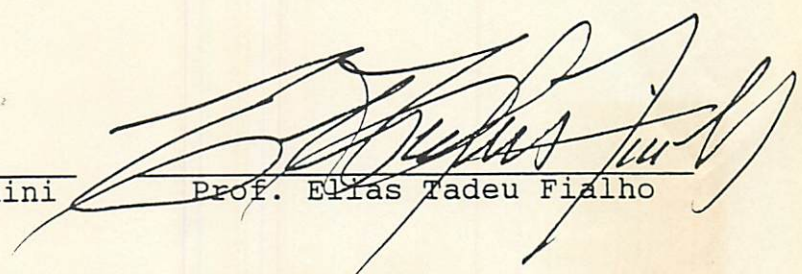
(10 aos 35 kg PV)

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia - Nutrição Animal Monogástrico, para obtenção do grau de "MESTRE".

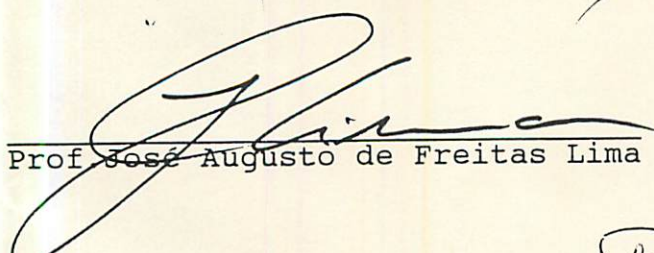
APROVADA em 12 de dezembro de 1994



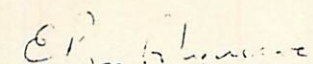
Prof. Antônio Gilberto Bertechini



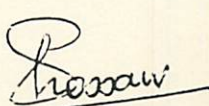
Prof. Elias Tadeu Fialho



Prof. José Augusto de Freitas Lima



Prof. Eduardo Pinto Filgueiras



Prof. Sazzad M. Hossain
Orientador

A Deus, por estar sempre ao meu lado.

Aos meus pais, Pedro e Ana Maria, que não
mediram esforços para a minha melhor
formação moral e intelectual, sendo os
responsáveis por mais esta vitória

DEDICO

A Ana Lúcia de Oliveira, pelo amor, amizade,
companheirismo e compreensão,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Escola Superior de Agricultura de Lavras por possibilitar a realização deste curso.

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

A Comércio e Importação de Zeolitas Ltda - Uberaba, pela doação da zeolita natural (clinoptilolita).

Ao Professor Sazzad M. Hossain, pela indicação do trabalho, orientação, amizade, valiosos ensinamentos e apoio à execução desta pesquisa.

Aos Professores Elias Tadeu Fialho e José Augusto de Freitas Lima, pelo estímulo e sugestões a este trabalho.

Aos funcionários Antônio (Toninho) e Carlos Gomes da Silva, técnicos do Laboratório de Nutrição Animal da UFMG e aos da Biblioteca Central da ESAL, pela prestimosa colaboração.

Aos funcionários Hélio Rodrigues, José Antônio de Carvalho, José Leandro Neto, Gilberto Fernandes Alves e José Geraldo Villas Boas, pelo valioso apoio para a realização dos experimentos.

A Denise Garcia de Santana pelo auxílio nas análises estatísticas.

Aos colegas de Pós-Graduação, pelo convívio e amizade.

A Sérgio, Gilmar e Cleber pelo incentivo, colaboração, força, amizade e convívio familiar que formamos durante a vida acadêmica.

A Rodrigo Afonso Leitão, Carlos Henrique Aguiar Oliveira e Roberto José Chaves, pela amizade.

A todos que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para execução deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

MARCELO JOSÉ MILAGRES DE ALMEIDA, filho de Pedro Pereira de Almeida e Ana Maria Milagres de Almeida, nasceu em Barbacena, estado de Minas Gerais, em 27 de agosto de 1969.

Em dezembro de 1986, formou-se Técnico em Agropecuária, pela Escola Agrotécnica Federal de Barbacena "Diaulas Abreu".

Em agosto de 1992, graduou-se em Zootecnia, pela Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Em setembro de 1992, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Escola Superior de Agricultura de Lavras, na área de Nutrição Animal Monogástrico, submetendo-se ao exame final de tese no dia 12 de dezembro de 1994.

SUMARIO

	Página
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xii
SUMMARY	xiv
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 Propriedades físico-químicas das zeolitas naturais ...	03
2.1.1 Capacidade de intercâmbio iônico	05
2.2 Propriedades biológicas das zeolitas naturais	07
2.2.1 Eficiência de absorção dos nutrientes	07
2.2.2 Promotor de crescimento	09
2.2.3 Agente terapêutico no controle de diarreia e doenças	12
2.2.4 Controle de micotoxinas e toxicidade por metais pesados	14
2.3 Zeolitas naturais na alimentação de suínos	19
2.4 Utilização da zeolita no controle ambiental	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Zeolita Natural (Clinoptilolita)	23
3.2 Níveis de zeolita natural e dietas experimentais	24
3.3 Experimentos conduzidos	27
3.3.1 Experimento I - Desempenho de leitões dos 10 aos 25 kg PV e Experimento II - Desempenho de leitões dos 15 aos 35 kg PV	27
3.3.2 Experimento III - Balanço nutricional e enzimas no plasma sanguíneo	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Experimento I - Desempenho de leitões dos 10 aos 25 kg PV	34
4.2 Experimento II - Desempenho de leitões dos 15 aos 35 kg PV	40
4.3 Conclusões	44

4.4	Experimento III - Balanço nutricional e enzimas no plasma sanguíneo	45
4.4.1	Balanço energético	45
4.4.2	Balanço de nitrogênio	46
4.4.3	Digestibilidade de cálcio e fósforo	53
4.4.4	Atividade enzimática	55
4.4.5	Conclusões	56
5	CONCLUSÕES GERAIS	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
	APÊNDICE	65

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Características físicas das zeolitas naturais ..	04
2	Composição química das zeolitas naturais	24
3	Composição química dos ingredientes	25
4	Composição percentual das dietas experimentais .	26
5	Desempenho de suínos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de zeolita natural - experimento I	35
6	Desempenho de suínos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de zeolita natural - experimento II	40

Quadro

Página

7	Efeitos do uso de zeolita natural para leitões sobre o balanço energético - experimento III ...	45
8	Efeitos do uso de zeolita natural para leitões sobre o balanço de nitrogênio - experimento III.	47
9	Efeitos do uso de zeolita natural para leitões sobre os coeficientes de digestibilidade de cálcio e fósforo - experimento III	54
10	Efeitos do uso de zeolita natural para leitões sobre a atividade enzimática - experimento III .	55

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Efeito dos níveis de zeolita natural sobre o ganho de peso médio diário dos leitões - experimento I	38
2	Efeito dos níveis de zeolita natural sobre a conversão alimentar dos leitões - experimento I	39
3	Efeito dos níveis de zeolita natural sobre o ganho de peso médio diário dos leitões - experimento II	42
4	Efeito dos níveis de zeolita natural sobre a conversão alimentar dos leitões - experimento II	43
5	Efeito dos níveis de zeolita natural sobre a excreção diária de nitrogênio na urina dos leitões - experimento III	49

Figura

Página

6	Efeito dos níveis de zeolita natural sobre a retenção diária de nitrogênio nos leitões - experimento III	50
7	Efeito dos níveis de zeolita natural sobre a utilização da proteína nos leitões - experimento III	51
8	Efeito dos níveis de zeolita natural sobre o valor biológico da proteína nos leitões - experimento III	52

RESUMO

ALMEIDA, Marcelo José Milagres de. **Efeitos de Níveis de Zeolita Natural (clinoptilolita) para Leitões na Fase Inicial de Crescimento (10 aos 35 kg PV)**. Lavras: ESAL, 1994. 70p. (Dissertação-Mestrado em Zootecnia).

Três experimentos foram conduzidos com leitões mestiços (Landrace X Large White) com o objetivo de estudar os efeitos da zeolita natural (clinoptilolita) sobre o desempenho, balanço nutricional e enzimas no plasma sanguíneo. No primeiro e segundo experimento, oitenta, e noventa e seis leitões mestiços, com peso médio inicial de 9.1 e 16.6 kg foram usados, respectivamente, distribuídos num delineamento em blocos casualizados. No terceiro experimento, o ensaio de metabolismo foi conduzido com 24 leitões mestiços, com peso médio inicial de 30.9 kg. Para todos os três experimentos, a dieta basal foi formulada à base de milho e farelo de soja, contendo 3318 Kcal ED/kg, 17,9% PB, 0,70% Ca e 0,35% P disponível, suplementada com 0, 0,75, 1,50 e 3,00% de zeolita natural. Os resultados dos experimentos 1, 2 e 3 indicaram que a suplementação de 1,5% de zeolita na dieta aumentou o ganho de peso médio diário, reduziu a conversão alimentar, e aumentou a digestibilidade da proteína das dietas.

* Orientador: Sazzad M. Hossain; Membros da banca: Elias Tadeu Fialho, José Augusto de Freitas Lima, Antônio Gilberto Bertechini e Eduardo Pinto Filgueiras.

Não houve efeito da zeolita sobre o balanço energético, digestibilidade de Ca e P e atividade da fosfatase alcalina, transaminase pirúvica e triglicérides no plasma sanguíneo.

SUMMARY

EFFECTS OF LEVELS OF NATURAL ZEOLITES (CLINOPTILOLITE) FOR GROWING PIGS.

Three experiments were conducted with crossbred piglets (Landrace X White Large) with the objectives to verify the effects of natural zeolite (clinoptilolite) on performance, nutritional balance and blood parameters. In the first and second experiment eighty and ninety six crossbred piglets with average body weight of 9.1 and 16.6 kg were used respectively. In the third experiment, the nutritional balance trial was conducted with 24 crossbred piglets with average body weight of 30.9 kg. For all the three experiments a basal diet were formulated based on corn and soybean meal, with 3318 Kcal DE/kg, 17.9% CP, 0.70% Ca and 0.35% Pd, supplemented with 0, 0.75, 1.50 and 3.00% natural zeolite (clinoptilolite). The results of the experiments 1, 2 and 3 indicates that 1.5% supplementation of zeolite in diet increased average daily weight gain, reduced feed conversion, and increased the digestibility of protein. No effects of zeolite on energy balance, Ca and P retention and activities of alkaline fosfatase, pyruvic transaminase and triglicerides on blood serum were observed.

1 INTRODUÇÃO

Consideradas minerais de origem vulcânica, as zeolitas naturais pertencem ao grupo dos aluminossilicatos hidratados, com estrutura cristalina e, arranjo molecular tridimensional. Atualmente, existem mais de 40 tipos de zeolitas, entre os quais, a clinoptilolita e a modernita, que são mais frequentemente encontrados, com os maiores depósitos e uma diversidade de aplicações (Mumpton e Fishman, 1977).

As zeolitas naturais estão recebendo grande atenção para que possam ser utilizadas como aditivo de rações. Pelas suas propriedades físico-químicas e biológicas, pesquisas estão sendo desenvolvidas para verificar a potencialidade do seu uso na alimentação animal.

Apesar de terem sido descobertas há mais de 200 anos, as zeolitas só foram utilizadas nas dietas animais em 1965 no Japão, com o objetivo de diminuir o odor e a umidade das fezes nas criações de frangos de corte; mas, foi observado um aumento no ganho de peso e eficiência alimentar (Onagi, citado por Mumpton e Fishman, 1977). Com isso, pesquisas começaram a ser desenvolvidas para esclarecer tal fato, e ao mesmo tempo, determinar a possibilidade de emprego desta rocha vulcânica como ingrediente de rações.

A fim de verificar o efeito do uso da zeolita natural para suínos, a clinoptilolita foi utilizada em dietas de leitões mestiços (Landrace x Large White), na fase inicial de crescimento (10 a 35 kg PV), com o objetivo de avaliar a influência dos níveis de clinoptilolita sobre o desempenho dos animais, balanço nutricional e enzimas no plasma sanguíneo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Propriedades físico-químicas das zeolitas naturais

As zeolitas são minerais do grupo dos aluminossilicatos, originados de rochas vulcânicas, que possuem em sua composição íons alcalinos e alcalinos terrosos, bem como uma estrutura cristalina (Mumpton e Fishman, 1977). Devido a sua composição química e características físicas (Quadro 1), as zeolitas possuem uma geometria molecular bem definida, com poros conectados que formam canais e cavidades, permitindo a liberação e captação de água, reversivelmente, e o intercâmbio iônico, sem maiores danos à sua estrutura (Castro e Lon-Wo, 1991; Quarles, 1985).

A estrutura das zeolitas naturais é formada por tetraedros de sílica $[(SiO_4)^{-4}]$ e íons trivalentes de alumínio $[(AlO_2)^{+3}]$, sendo que o balanço da carga negativa é feito por cátions, como sódio, potássio, cálcio e magnésio (Quarles, 1985).

O primeiro vulcão de zeolita natural foi descoberto pelo geólogo sueco Axel Fredrich Cronsted em 1756. Foram consideradas curiosidades mineralógicas até 1960, data em que foram encontradas muitas jazidas em todo o mundo. Nos últimos 30 anos é que se incrementaram os estudos sobre as zeolitas naturais.

QUADRO 1. Características físicas das zeolitas naturais.

Capacidade de intercâmbio de cátions	135,64 meq/100 g
Volume poroso	0,12 cm ³ /g
Capacidade de absorção de amônia	60 mm/g zeolita desidratada
Ponto de fusão	1300°C
Umidade	10 - 12%
pH	7,6
Retenção de H ₂ O	30%
Cor	Verde grisáceo
Cátions trocáveis	K ⁺ , Cs ⁺ , NH ₄ ⁺ , Na ⁺ , Cd ⁺⁺ , Pb ⁺⁺ , Zn ⁺⁺ , Cu ⁺⁺ , Ca ⁺⁺ , Hg ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , Fe ⁺⁺ , Ca ⁺⁺ , Al ⁺⁺⁺ , Cr ⁺⁺⁺

FONTES: Shurson et al. (1984).

Em Cuba, foram identificadas as primeiras jazidas no início da década de 70, pelo geólogo búlgaro Boris Alexeiev, em conjunto com os geólogos cubanos David Coutin, Amelia Brito e outros (Castro e Lon-wo, 1991).

Muitos países estão produzindo zeolitas sintéticas, porém há um custo extremamente alto. As composições das zeolitas sintética e natural são completamente diferentes. Elliot e Edwards (1991), relataram que a zeolita sintética mais comumente usada (Ethacal) tem a composição $\text{Na}_{12}(\text{AlO}_2)_{12} \cdot 27 \text{H}_2\text{O}$, enquanto que a zeolita natural (clinoptilolita) tem a composição $\text{CaNa}_4(\text{AlO}_2)_6(\text{SiO}_2)_{30} \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$.

Japão e Bulgária estão utilizando, comercialmente, as zeolitas naturais em várias rações, e possuem programas de exportação (Quarles, 1985). Além disso, países como Estados

Unidos, Rússia, Alemanha, Hungria e Cuba continuam a publicar dados de pesquisa que demonstram os efeitos das zeolitas naturais para aves, suínos e bovinos.

2.1.1 Capacidade de intercâmbio iônico

As zeolitas são formadas pelo íon óxido de silício, onde os oxigênios participam em arranjos tetraédricos adjacentes. A substituição de íons de silício por íons alumínio trivalentes leva a uma deficiência de carga no tetraedro, o que é equilibrado pela presença de cátions mono ou divalentes como Ca^{++} , Na^+ , K^+ (Mumpton e Fishman, 1977), NH_4^+ , Cs^+ , Cd^{++} , Pb^+ , Zn^+ , Cu^{++} , Hg^{++} , Mg^{++} , Fe^{++} , Ca^{++} , Cr^{++} (Shurson et al., 1984), em qualquer parte de sua estrutura. Estes cátions estão fracamente ligados à estrutura tetraédrica da zeolita, podendo ser removidos e trocados por outro, quando em contato com uma solução concentrada de íons. Quanto maior o número de íons alumínio, maior é a capacidade de trocas iônicas. Assim como os cátions trocáveis, a molécula de água está localizada nas cavidades da estrutura, e fracamente ligada a ela (Mumpton e Fishman, 1977).

Muitas diferenças na estrutura de aluminossilicatos leva a uma competição entre íons. A seletividade de cátions da clinoptilolita, segundo Ames citado por Mumpton e Fishman (1977) é: $\text{Cs} > \text{Rb} > \text{K} > \text{NH}_4^+ > \text{Ba} > \text{Sr} > \text{Na} > \text{Ca} > \text{Fe} > \text{Al} > \text{Mg} > \text{Li}$, sendo que a grande afinidade da clinoptilolita é pelos íons NH_4^+ .

Ballard e Edwards (1988) verificaram que o uso da zeolita em dietas para aves de postura aumentou

significativamente a retenção de cálcio. Olver (1989), trabalhando com dietas contendo clinoptilolita, observou que o aumento na retenção de cálcio melhora a espessura da casca dos ovos, pois, as zeolitas são formadas por íons sílica $[(\text{SiO}_4)^{4-}]$ e íons alumínio $[(\text{AlO}_2)^{3+}]$, onde o balanceamento das cargas é feito pelo intercâmbio iônico com cátions cálcio, sódio, magnésio, potássio, etc. Quando um íon é adsorvido pela estrutura da zeolita, outro íon importante para formação da casca é liberado. Esta propriedade torna íons cálcio mais disponíveis, sendo uma explicação para a melhoria na espessura da casca nas três linhagens de poedeiras alimentadas com clinoptilolita.

Com suínos, Cool e Willard (1982) verificaram que a inclusão de clinoptilolita, em dietas para leitões desmamados, aumentou em torno de 17% a absorção de cálcio. Mas, Shurson et al. (1984), determinaram que para leitões, o uso de clinoptilolita nas dietas, em substituição ao amido de milho, não influenciaram significativamente a retenção de cálcio, sendo que a retenção de fósforo reduziu linearmente com o aumento dos níveis de zeolita. Tkachev e Ustin (1986), estudando a digestão no trato gastrointestinal e o metabolismo mineral em suínos canulados recebendo dietas contendo zeolita, observaram que a absorção de cálcio e fósforo no intestino delgado foi maior em suínos que receberam dietas em que a zeolita natural não foi incluída.

Petkova et al. (1983), trabalhando com leitões, recebendo dietas contendo zeolita de cálcio e potássio, relataram que os melhores resultados em termos de composição química do

sangue (Ca, P, Mg, Na, K) foram alcançados com o nível de 4%. Resultados semelhantes, em termos de nível sérico de fósforo, foram obtidos por Yablonskii (1993). Entretanto, a adição de zeolita natural em dietas de coelhos machos da raça Nova Zelândia, não influenciaram os níveis séricos de Zn, Cu, Fe, Ca e Mg (Simon et al., 1991).

2.2 Propriedades biológicas das zeolitas naturais

2.2.1 Eficiência de absorção dos nutrientes

Uma propriedade importante das zeolitas é aumentar a atividade e a estabilidade das enzimas, contribuindo para uma maior absorção dos nutrientes de alimentos (Petunkin, 1991).

Yablonskii (1993), estudando os efeitos da suplementação de dietas com zeolita sobre a composição do sangue e o metabolismo em suínos, verificou aumentos no número de leucócitos no sangue, nas concentrações de albumina e gama-globulinas e, na atividade da catalase.

Segundo Harper (1973), a avaliação de enzimas não funcionais no plasma é de valor diagnóstico. Neste grupo podemos citar a fosfatase alcalina e a transaminase glutâmica pirúvica. Os baixos níveis de enzimas não funcionais, encontrados normalmente no plasma, resultam, aparentemente, da destruição de eritrócitos, leucócitos e outras células.

É importante ressaltar que níveis elevados da atividade da fosfatase alcalina, juntamente com a baixa do fósforo

sanguíneo, são basicamente indicadores do defeito de reabsorção óssea do fósforo pelo túbulo renal, o que provoca o raquitismo e, também de doenças hepáticas (Harper, 1973).

O valor da transaminase glutâmica pirúvica tem-se revelado útil no diagnóstico e estudo de doenças agudas do fígado, bem como no caso de lesões no músculo esquelético, sendo que a elevação de sua atividade no plasma é um indicador, mais específico, de lesões hepáticas e lesões no músculo esquelético (Harper, 1973).

Harper (1973) relatou que o melhor aproveitamento de energia poderia estar relacionado com a redução da lipólise e diminuição dos níveis de ácidos graxos livres, o que proporcionaria redução dos níveis de triglicérides no plasma.

A análise estatística dos dados referentes a atividade enzimática, não detectou diferenças significativas devido a uma variabilidade muito elevada, conforme mostra os coeficientes de variação obtidos, principalmente, para a fosfatase alcalina e triglicérides, que foram 19,93 e 24,75%, respectivamente.

Em animais monogástricos, o mecanismo fisiológico de ação das zeolitas naturais parece estar associado com uma maior absorção de nutrientes, devido a uma menor velocidade de passagem da digesta através do trato gastrointestinal, mas este mecanismo ainda não está esclarecido, (Lon-Wo e González, 1991), e com importantes fatores fisiológicos que influem nos processos metabólicos e nas características morfológicas e físico-químicas de certos tecidos e órgãos.

Tsagareli et al. citados por Lon-Wo e González (1991), encontraram, em frangos de corte recebendo dietas contendo 5% de zeolita, canais histológicos a nível de tecido hepático que poderiam contribuir para uma maior absorção dos produtos finais da hidrólise de proteínas (aminoácidos).

Os estudos morfológicos e histoquímicos realizados por microscopia eletrônica em frangos de corte alimentados com dietas contendo 5% de zeolita natural de cinco diferentes depósitos, parecem indicar que não houve nenhum dano ao trato gastrointestinal, pois se evidenciou um incremento na atividade secretora das células epiteliais cilíndricas do estômago e intestino (Lon-Wo e González, 1991), e isto, segundo Nestorov (1984) pode ser atribuído a uma irritação provocada pela zeolita natural, o que favoreceria a recepção de sangue por estes órgãos. As análises de microscopia eletrônica do intestino delgado indicaram uma maior atividade do aparelho de Golgi e uma pinocitose bem acentuada, o que parece estar relacionado com uma maior absorção dos nutrientes no intestino delgado (Lon-Wo e González, 1991).

2.2.2 Promotor de crescimento

As explicações possíveis para o efeito promotor de crescimento das zeolitas naturais estão intimamente relacionadas com a ligação dos íons amônio à estrutura das zeolitas naturais, particularmente a clinoptilolita e, com a redução da concentração de amônia no sangue, tendo como consequência a redução dos

efeitos tóxicos por altos níveis (Pond e Yen, 1982) e, com a redução da absorção de produtos tóxicos da degradação microbiana no intestino, como o P-cresol, substância proveniente da degradação da tirosina (Yokoyama et al., 1982).

A ação dos antibióticos em promover o crescimento dos animais está relacionada com a redução na produção de amônia, causada pela diminuição da população microbiana indesejável do trato intestinal; esta diminuição é proporcionada pelo uso de antibióticos, e com isto, a absorção de amônia decresce. Desta forma, a ação tóxica da amônia sobre o epitélio intestinal é diminuída, permitindo um aumento na absorção dos nutrientes (Visek, 1978). Se a redução na produção de amônia e, conseqüentemente, diminuição de absorção é um modo de ação dos promotores de crescimento, os antibióticos, uma resposta similar pode ocorrer quando a clinoptilolita, com sua alta capacidade de intercâmbio iônico e elevada afinidade por amônia, é adicionado às dietas dos animais (Pond e Yen, 1982). Há evidências também, que o uso de antibióticos diminui a concentração de amônia no sangue, fato que demonstra a ação efetiva dos referidos aditivos contra a população microbiana (Visek, 1978), sendo que uma resposta semelhante pode ser esperada com o uso de clinoptilolita (Pond e Yen, 1982).

Shurson et al. (1984), trabalhando com leitões recebendo dietas contendo níveis de clinoptilolita verificaram diminuição das concentrações de amônia no plasma, devido ao efeito da zeolita de ligar-se a amônia, e também observaram que a clinoptilolita é eficiente em remover o P-cresol da urina,

provavelmente devido a estabilidade da molécula de zeolita ao pH ácido do estômago.

A propriedade da clinoptilolita de ligar-se a amônia in vivo foi ilustrada no experimento em que a concentração de amônia no sangue portal de ratos, dosados oralmente com quantidade tóxica foi menor na presença de clinoptilolita, do que na ausência (Pond e Yen, 1983b).

A adição de 5,0 e 7,5% de clinoptilolita em dietas de leitões são considerados mais do que necessários, o que diminui a disponibilidade de aminoácidos (Shurson et al., 1984). Segundo Pond e Yen (1983b) como o íon amônio foi capturado pela clinoptilolita no trato gastrointestinal superior e, com as alterações no pH do conteúdo do lúmen, foi posteriormente liberado no trato gastrointestinal inferior, este pode ter sido absorvido junto com a amônia livre. A absorção de amônia no trato gastrointestinal inferior depende do pH do conteúdo do lúmen. A variação do pH para neutralidade favorece o NH_3 sobre o NH_4^+ . Esta relação do pH para ionização da amônia é importante, porque a NH_3 livre é facilmente difundida através das membranas das células, embora o NH_4^+ não possui tanta facilidade de ser transferido. Entretanto, pH alcalino favorece o movimento da amônia dentro das células e aumenta a toxicidade provocada por alta concentração de amônia total ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$). A presença da clinoptilolita no lúmen do trato intestinal inferior poderia tender a aumentar a toxidez de amônia se o pH aumentasse. Sob condições de pH ácido no trato gastrointestinal inferior, a amônia presente poderia ser ionizada (NH_4^+). Os microorganismos

poderiam usar NH_4^+ para síntese de aminoácidos e proteínas, mas a liberação de NH_4^+ pela clinoptilolita no intestino grosso limitaria a disponibilidade desses aminoácidos. Entretanto, resposta ao crescimento não pode somente ser esperada nos animais em que a síntese de aminoácidos no intestino grosso é aumentado pelas altas concentrações de NH_4^+ , resultante da liberação proveniente da clinoptilolita.

Pond, Yen e Varel (1988), estudando os efeitos do uso de cobre e clinoptilolita em dietas para suínos em crescimento, verificaram que o cobre e a clinoptilolita adicionadas aos níveis de 250 ppm e 2%, respectivamente, parece produzir uma resposta similar de crescimento. Se a clinoptilolita exerce um efeito promotor de crescimento do animal através da capacidade de intercâmbio com íons NH_4^+ , pelo qual o íon NH_4^+ é adsorvido pelos sítios de ligação da estrutura da zeolita no intestino delgado e, posteriormente liberado no cólon, e se o cobre diminui a atividade da urease, os efeitos podem ser semelhantes, pois ambos podem reduzir as concentrações de íons NH_4^+ absorvidas pelas células da mucosa intestinal para metabolismo ou absorção.

2.2.3 Agente terapêutico no controle de diarréia e doenças

O uso em potencial das zeolitas naturais para controlar a diarréia em leitões é baseado na propriedade de intercâmbio iônico com água, íons amônio e outros cátions (Mumpton e Fishman, 1977; Pond et al., 1981).

Morita citado por Mumpton e Fishman (1977), verificou que a adição de zeolita em dietas de leitões afetados severamente pela diarreia, reverte o processo em poucos dias. Leitões refugo da raça Landrace receberam dietas contendo 30% de clinoptilolita durante os primeiros 15 dias e, 10% de zeolita nos outros 15 dias experimentais. A severidade da diarreia diminuiu e a consistência das fezes voltou ao normal nos 7 dias seguintes ao término do tratamento. Embora os suínos tenham consumido, em média, 1,75 kg de clinoptilolita/animal/dia nenhum efeito tóxico foi observado e, os leitões retornaram ao apetite normal e ao crescimento em poucos dias. Estudos similares foram conduzidos por England (1975) onde leitões que recebiam dietas contendo 5% de clinoptilolita apresentaram menores aumentos nas taxas de crescimento; a incidência de diarreia foi significativamente reduzida para os animais que receberam dietas com zeolita.

Gunther (1992), trabalhando com leitões com diarreia, recebendo dietas peletizadas contendo zeolita, obtiveram um ganho médio diário de peso de 361,7 e 421,2 g e, conversão alimentar de 2,31 e 2,09, respectivamente. A diarreia melhorou em cerca de 35% dos leitões, desaparecendo em 10% dos animais alimentados com dietas contendo zeolita e, sendo que nos animais do grupo controle não houve controle da diarreia.

Experimentos conduzidos numa fazenda no Japão com 4000 suínos, durante 12 meses, alimentados com dietas contendo ou não 6% de clinoptilolita, Torii citado por Mumpton e Fishman (1977) observou que a incidência de úlceras, pneumonias, dilatação do coração e, a mortalidade, foram significativamente menores entre

os animais recebendo clinoptilolita em relação aos animais do grupo controle.

Segundo Mumpton e Fishman (1977), o mecanismo das zeolitas naturais, no que diz respeito ao seu uso como antibiótico, ainda não é bem conhecido. A seletividade da clinoptilolita pelo íon amônio sugere que, em ruminantes, a zeolita age como reserva de nitrogênio no sistema digestivo do animal, resultando em menor liberação e uso mais eficiente dos íons amônio produzidos pela degradação da proteína das dietas. As partículas da zeolita também estimulam o revestimento das paredes do estômago e trato intestinal, fazendo com que o animal produza mais anticorpos, inibindo a diarreia, etc.

2.2.4 Controle de micotoxinas e toxicidade por metais pesados

As micotoxinas (aflatoxinas, zearalenona e diacetoxiscirpenol), são metabólitos tóxicos produzidos por fungos, os quais reduzem a produtividade dos animais. As aflatoxinas (AF), as micotoxinas mais pesquisadas, são um grupo de substâncias químicas extremamente tóxicas, produzidas por algumas espécies de fungos do gênero *Aspergillus*, que podem ocorrer como contaminantes naturais em rações de aves e outros animais domésticos (Kubena et al., 1993). A zearalenona (Z) é uma micotoxina uterotrópica sintetizada pelo fungo *Fusarium*, sendo que, entre as espécies animais que estão sujeitas a toxidez através do consumo de alimentos contaminados, a espécie suína é a mais sensível, onde as fêmeas apresentam tumefação da vulva,

dilatação das glândulas mamárias, hiperplasia do útero, mortalidade neonatal e, conseqüentemente, redução do tamanho da leitegada (Smith, 1980).

O DAS (4,15 diacetoxiscirpenol) é um metabólito secundário tóxico, produzido por fungos do gênero *Fusarium* (Kubena et al., 1993). Os efeitos tóxicos do DAS em frangos de corte estão associados com toxicoses e recusa do alimento (Chi e Mirocha, 1978; Allen et al., 1982; Burditt, Hagler e Hamilton, 1983; Ademoyero e Hamilton, 1989). Porém, os efeitos negativos provocados pelas aflatoxinas são a perda de peso, e reduções de valores bioquímicos do soro e hematológicos, bem como decréscimo da atividade de enzimas (Kubena et al., 1993).

Argila e zeolitas formam uma complexa e variada família de aluminossilicatos com diversas propriedades funcionais. Alguns aluminossilicatos ligam-se a AFB₁ in vitro por vários estágios e formam complexos de resistência variável. Outros compostos, como o aluminossilicato de cálcio e sódio (HSCAS-Novasil), formam complexos mais estáveis com AFB₁ em relação a outros compostos testados in vitro (Phillips et al., 1988). O HSCAS ao nível de 0,5% nas dietas diminuiu significativamente muitos dos efeitos tóxicos causados pelo AFB₁ e AF em frangos de corte (Kubena et al., 1990a, b; Phillips et al., 1988) e perus (Kubena et al., 1991).

Suínos alimentados com dietas contendo AF e HSCAS foram totalmente protegidos contra os efeitos tóxicos da AF quanto ao peso corporal, ganho de peso, valores bioquímicos do soro sanguíneo, pesos de órgãos e lesões microscópicas, sendo semelhantes aos animais controle (Harvey et al., 1989).

Resultados semelhantes foram obtidos por Lindemann et al. (1993), os quais relataram que a bentonita de sódio (zeolita natural) é suficiente para proteger suínos desmamados e em crescimento dos efeitos tóxicos das aflatoxinas.

Harvey, Kubena e Phillips (1993), trabalhando com suínos recebendo dietas contendo AF com e sem adição de HSCAS, observaram que durante os 28 dias experimentais, o ganho de peso médio dos animais do grupo alimentado com dietas que continham AF foi de 6,1 kg, enquanto que os animais do grupo controle.

Kubena et al. (1993), trabalhando com dietas contendo AF e DAS, suplementadas com HSCAS para frangos de corte, concluíram que a suplementação com HSCAS resulta em proteção total contra os efeitos causados pela AF, mas não foi eficiente em proteger os animais contra a toxicidade por DAS.

O efeito da zeolita sobre a toxicidade por zearalenona foi testado num experimento realizado por Smith (1980), no qual ratos recebiam uma dieta suplementada com zeolita, sendo que nas dietas foram adicionadas ou não 250 mg zearalenona/kg ração. Aumentando o nível de zeolita de 0 para 5%, os efeitos deletérios da zearalenona sobre o peso corporal, consumo de ração e eficiência alimentar foram completamente eliminados.

Com base nos resultados, o uso de alguns compostos em conjunto com outras práticas de manejo alimentar podem ser eficientes em prevenir a contaminação dos alimentos com micotoxinas. Estas descobertas são importantes, pois, a contaminação por micotoxinas dos alimentos e dietas ocorre de uma forma geral e, o uso de argilas e zeolitas podem ser uma medida

de controle prática e segura (Harvey, Kubena e Phillips, 1993). O mecanismo básico de ação envolve o sequestro da aflatoxina no trato gastrointestinal e, sua ligação ao HSCAS, reduzindo a biodisponibilidade da AF (Davidson et al., 1987). Mais especificamente, o mecanismo proposto da ligação da AF ao HSCAS é a formação de um complexo pelo sistema β -carbonyl da AF com o sítio de ligação dos íons alumínio do HSCAS (Phillips et al., 1990b e Sarr et al., 1990 ambos citados por Kubena et al., 1993).

As zeolitas naturais, pela propriedade de intercâmbio iônico, podem ser utilizadas para proteção dos animais contra o acúmulo de elementos tóxicos nos tecidos. A clinoptilolita, tem a capacidade de se ligar a amônia no trato gastrointestinal (Pond, Yen e Hill, 1981); embora a capacidade de ligação com o Cd não foi ainda quantificada, a seletividade por outros cátions divalentes sugere a possibilidade de seletividade pelo cádmio (Pond e Yen, 1983a).

Pond e Yen (1983b), trabalhando com suínos alimentados com dietas contendo a zeolita sintética e a clinoptilolita, em que foram adicionados 92 ppm de Cd na forma de $CdCl_2$, observaram que a baixa concentração de Cd no fígado de suínos recebendo dietas contendo clinoptilolita, indica alguma proteção contra a absorção de Cd e, a presença de ambos os tipos de zeolitas na dieta previnem a anemia induzida pelo Cd. Resultados semelhantes foram obtidos por Pond e Yen (1983a), com a adição de 150 ppm de cádmio, na forma de $CdCl_2$, nas dietas de leitões, os quais verificaram que ambas as zeolitas são eficientes em proteger os animais contra a anemia por deficiência de Fe.

Os efeitos biológicos do uso de clinoptilolita e zeolita sintética na alimentação dos animais podem ser considerados como sendo um sistema de intercâmbio iônico complexo e dinâmico, operando em ambientes de pH e concentrações de cátions variáveis e, com diferentes ordens de preferência entre os cátions presentes, quanto ao intercâmbio iônico. Conhecimentos mais completos sobre os efeitos das zeolitas sintéticas e naturais são necessários para interpretar adequadamente os efeitos observados sobre as concentrações de Cd, Zn, Fe, Cu, Ca e P no plasma e nos tecidos (Pond e Yen, 1983a).

2.3 Zeolitas naturais na alimentação de suínos

Kondo e Wagai citados por Mumpton e Fishman (1977) avaliaram o uso de zeolita natural nas dietas de suínos da raça Yorkshire, com idades de 60 e 79 dias, e determinaram que o ganho de peso dos animais, de ambas as idades, recebendo dietas contendo 5% de clinoptilolita, foi 25% maior do que o ganho dos animais alimentados com dietas normais. A ração suplementada com zeolita para suínos com 60 dias proporcionou melhoria na eficiência alimentar de 35%, quando comparada com a ração normal; para suínos com 79 dias, houve melhoria em torno de 6%.

Com a inclusão de níveis de zeolita natural em dietas de suínos de 35 - 65 kg, Castro e Elias (1978) verificaram melhora no ganho de peso em torno de 13%, e na conversão alimentar cerca de 16%, com o uso de até 7,5% de zeolita natural. Resultados semelhantes foram obtidos por Castro e Iglesias

(1989), que trabalhando com suínos mestiços de 30 kg de peso vivo médio inicial, com a inclusão de zeolita natural, observaram melhorias de 19 a 20% no ganho de peso e conversão alimentar, respectivamente, pelo uso da zeolita na dieta. Isto confirma os resultados de Castro e Pastrana (1988), que encontraram melhores resultados com o uso entre 3 e 6%, quando este mineral é usado como substituto em dietas padrão para suínos em crescimento.

Suínos alimentados com dietas contendo zeolita, obtiveram ganho de peso médio 8% maior do que os animais controle, alimentados com dieta basal sem zeolita (Chelischeva, 1982).

Cool e Willard (1982) determinaram que o uso de zeolita em uma dieta para leitões desmamados aos 28 dias de idade, aumenta em torno de 34% a eficiência alimentar.

Gunther (1992), trabalhando com leitões de 28 a 53 dias de idade, alimentados com dietas contendo 2% de zeolita observaram que o ganho de peso médio diário foi de 423,3 e 455,9 g, e a conversão alimentar 2,10 e 1,92 para o grupo controle e grupo que recebeu zeolita, respectivamente. Popelov e Tolkach (1993), observaram que, para leitões desmamados recebendo dietas contendo zeolita, o ganho de peso médio diário foi 11% melhor em relação ao grupo controle.

Em 4 experimentos com leitões Large White, em que utilizou-se a zeolita natural, em torno de 3 a 5%, Pashka (1988), verificou aumento significativo no ganho de peso dos suínos em terminação. Paska, Michalik e Zimová (1993), notaram que a utilização de 3 a 5% de zeolita natural para suínos em

crescimento, melhora a conversão alimentar. Resultados semelhantes foram obtidos por Yablonskii (1993).

Pond, Yen e Varel (1988), trabalharam com 48 leitões mestiços com peso médio inicial de 18,0 kg, os quais foram alimentados com dietas contendo cobre e clinoptilolita, observaram que o ganho de peso médio diário foi 14% maior e a eficiência alimentar melhorou em torno de 6,5%, para os animais recebendo dietas com 2% de clinoptilolita, em relação aos que receberam dieta basal.

O efeito da suplementação de 5% de zeolita natural em dietas de suínos em terminação foi avaliado por Bartko, Seidel e Kovac (1993), os quais verificaram melhora significativa em torno de 10% na conversão alimentar.

Para suínos compreendidos na faixa de 30 a 100 dias de idade, Castro e Rivas citados por Castro e Lon-Wo (1991), verificaram o efeito da zeolita natural em comparação com o promotor de crescimento Tylan 40 (tilosina fosfato). Os resultados demonstraram que a zeolita foi mais eficiente que o Tylan, com a vantagem de ser mais barato. Piloto e Castro citados por Castro e Lon-Wo (1991), determinaram que os resultados obtidos, quando comparou-se a zeolita natural com outros promotores de crescimento importados (Nitrovin; Bayanox), demonstram que não há nenhuma diferença no desempenho dos animais e, também não observaram nenhum efeito associativo quando utilizou-se zeolita natural em combinação com o nitrovin.

Durante as fases de crescimento e terminação, suínos Landrace foram alimentados com uma dieta basal sem promotor de crescimento, outra com aureomicina e, outra contendo zeolita natural, de 18 a 60 kg de peso vivo, sendo que de 60 a 90 kg, utilizou-se zeolita e protease. No total, o ganho de peso médio diário foi maior para os animais recebendo aureomicina, zeolita natural e proteases do que o do grupo controle (Ma, Izeng e Tsai, 1983).

As zeolitas naturais, pela propriedade de intercâmbio iônico com cátions e amônia, tem se mostrado eficiente como promotor de crescimento, mas, segundo Mumpton e Fishman (1977), eficiência das zeolitas naturais em promover o crescimento está relacionado com o tipo de zeolita e nível de suplementação usado, com a composição da dieta, bem como com a fase de vida do animal.

2.4 Utilização da zeolita no controle ambiental

Sob condições normais, segundo Mumpton e Fishman (1977), as grandes cavidades e os canais de entrada das zeolitas são ocupados por moléculas de água, formando esferas hidratadas em torno dos cátions trocáveis. A água sendo removida pelo calor de 300 a 400°C, por algumas horas, as moléculas de diâmetros menores poderão atravessar os canais de entrada e, com isso serão adsorvidas ao interior das superfícies das cavidades centrais desidratadas. A área de superfície disponível para adsorção varia em centenas de metros quadrados por grama, e algumas zeolitas são capazes de adsorver cerca de 30% de gás, com base no peso seco da

zeolita. Esta propriedade de adsorção proporciona captação de amônia, dióxido de carbono e água presentes tanto nas fezes como no ar, melhorando substancialmente o ambiente para os animais.

Torii citado por Mumpton e Fishman (1977) relatou que em muitas áreas do Japão, a clinoptilolita é misturada diretamente ao esterco, ou colocada em caixas e penduradas em galpões, com o propósito de remover a amônia e, com isso, melhorar o ambiente nos galpões de frangos de corte.

Usando clinoptilolita, Onagi citado por Mumpton e Fishman (1977), notou que a produção de amônia foi reduzida quando o esterco de frangos de corte foram misturados com a zeolita natural e, quando a zeolita foi adicionada diretamente nas rações, não afetou o desempenho dos frangos. Aparentemente, a amônia reage com a zeolita para formar íons amônio, os quais são seletivamente trocados e presos à estrutura da zeolita.

A aplicação de 5 kg de zeolita/m² sobre a cama de frangos reduziu a concentração de amônia e a umidade (Lon-Wo e Rodrigues, 1986), sendo benéfico para o bem-estar do animal.

Stankov e Veizovic (1993) relataram que, quando 8 - 12 sacos, cada um contendo 15 kg de zeolita, em grânulos de 1 - 5 cm, foram pendurados em 3 galpões contendo ao todo 140 suínos de 18 a 70 kg, entre agosto de 1990 e setembro de 1991, houve redução de 24% na umidade relativa, de 31% na concentração de NH₃ e, de 48% na concentração de CO₂, comparado com 3 galpões controle. Os animais alojados nos galpões contendo zeolita apresentaram menor mortalidade e, maiores ganhos diários de peso e peso final de abate.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos três experimentos no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura de Lavras, no município de Lavras, localizado na região sul do Estado de Minas Gerais, a 21°14' de latitude sul e 45°00' de longitude oeste, numa altitude média de 910 m (FAO, 1985). As médias anuais de temperatura e umidade relativa são 19,3°C e 77,7%, respectivamente, sendo que a temperatura mínima e máxima no período de agosto a novembro de 1993 foi 21,7°C e 31,2°C, respectivamente (FAO, 1985).

3.1 Zeolita Natural (clinoptilolita)

A zeolita natural usada no experimento foi a clinoptilolita de origem cubana, fornecida pela CIANB - Comércio e Importação de Zeolitas Ltda, Uberaba-MG.

A composição química da zeolita natural está descrita no Quadro 2. As características quanto a pureza, granulometria e cor foram, 72%, 2 mm e verde claro, respectivamente. A análise de pureza foi determinada por técnicas de raio X e a composição química feita através de espectrofotômetro, sendo ambas as análises realizadas no Centro de Desenvolvimento de Tecnologia

Nuclear localizado no campus da UFMG, em Belo Horizonte, Minas Gerais.

QUADRO 2. Composição química das zeolitas naturais.

Elementos maiores (%)		
SiO ₂ - 76,97	Na ₂ O - 1,33	P ₂ O ₅ - 0,07
Al ₂ O ₃ - 13,63	K ₂ O - 1,15	Mn ₂ O ₃ - 0,06
CaO - 3,38	MgO - 0,62	SO ₃ - <0,1
Fe ₂ O ₃ - 2,20	TiO ₂ - 0,38	
Elementos traço (ppm)		
Ba - 1129	Cr - 32	Mn - <15
Sr - 464	Cs - <30	Zn - <15
Zr - 337	Pb - <20	Ni - <10
V - 72	Th - <20	Co - 6
Y - 51	Nd - <20	Lu - <5
Mo - 35	U - 19	Ga - <5
La - 33	Cu - 16	

1. Análises realizadas no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - Comissão Nacional de Energia Nuclear - Campus UFMG. Belo Horizonte, MG, Brasil.

3.2 Níveis de Zeolita Natural e Dietas experimentais

As dietas experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com minerais e vitaminas, para atender as exigências nutricionais de suínos de 15 a 30 kg segundo Rostagno et al. (1992). Os tratamentos utilizados foram:

- 1 - Ração basal, à base de milho e farelo de soja, sem zeolita natural;
- 2 - Ração basal com adição de 0,03% de Bacitracina de zinco, sem zeolita;
- 3 - Ração basal com inclusão de 0,75% de zeolita;

4 - Ração basal com inclusão de 1,50% de zeolita;

5 - Ração basal com inclusão de 3,00% de zeolita.

Os tratamentos foram utilizados nos três experimentos, com exceção do tratamento 2 (contendo bacitracina de zinco), usado somente no Experimento I.

A composição química dos ingredientes utilizados nas dietas e as dietas experimentais, encontram-se nos Quadros 3 e 4, respectivamente.

QUADRO 3. Composição química dos ingredientes.

Ingredientes	Proteína bruta ¹ %	ED ² (kcal/kg)	Cálcio ¹ (%)	Fósforo total ¹ (%)	Fósforo disponível (%)
Milho	8,50	3493	0,02	0,23	0,08
Farelo de soja	44,00	3378	0,35	0,50	0,17
Calcário	-	-	37,50	-	-
Fosfato bicálcico	-	-	23,60	17,85	17,85
Oleo	-	7956	-	-	-

1. Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da ESAL.

2. Dados obtidos de Rostagno et al. (1992).

QUADRO 4. Composição percentual das dietas experimentais.

Ingredientes (%)	Níveis de zeolita natural (%)				
	0	0 + Bac. Zn	0,75	1,50	3,00
Milho moído	65,20	65,20	65,20	65,20	65,20
Farelo de soja	28,07	28,07	28,07	28,07	28,07
Calcário	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Fosfato bicálcico	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
Supl. vitamínico ¹	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Supl. mineral ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Sal comum	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Oleo de soja	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
Areia lavada	3,00	3,00	2,25	1,50	0,00
Zeolita Natural	0	0	0,75	1,50	3,00
Bac. zinco (%)	-	0,03	-	-	-
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Composição calculada:

ED, kcal/kg ³	3318	3318	3318	3318	3318
Proteína (%)	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9
Met. + cistina (%) ³	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Lisina ³ (%)	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Cálcio (%)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Fósforo total (%)	0,54	0,54	0,54	0,54	0,50
Fósforo disponível (%)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35

1. Nutriamix Vitamínico - suínos (Nutrian): Vit. A - 8.000.000 UI; Vit. D₃ - 1.500.000 UI; Vit. E - 15.000 mg; Vit. K₃ - 2.200 mg; Vit. B₁ - 2.000 mg; Vit. B₂ - 4.000 mg; Vit. B₆ - 2.000 mg; Vit. B₁₂ - 15.000 mcg; Biotina - 35.000 mcg; Ac. Pantotênico - 15.000 mg; Ac. Nicotínico - 22.000 mg; Antioxidante - 30 mg; Veículo q.s.p. - 1.000 g.
2. Nutriamix Mineral - suínos (Nutrian): Cobre - 12,0 g; Ferro - 100,0 g; Cobalto - 0,2 g; Iodo - 0,1,0 g; Manganês - 30,0 g; Zinco - 105,0 g; Selênio - 0,1 g; Excipiente q.s.p. - 1.000,0 g.
3. Valores calculados, segundo Rostagno et al. (1992).

3.3 Experimentos conduzidos

3.3.1 Experimento I - desempenho de leitões de 10 aos 25 kg PV e Experimento II - desempenho de leitões de 15 aos 35 kg PV

O experimento I foi conduzido numa creche experimental equipada com 20 baias suspensas, de 2,00 x 1,20 m, com piso de concreto pré-moldado, dotadas de comedouros metálicos semi-automáticos e bebedouros tipo-chupeta, sendo as rações, em forma farelada, e a água, fornecidas à vontade.

Foram utilizados 80 suínos mestiços (Landrace x Large White), sendo 40 machos castrados e 40 fêmeas, com peso médio inicial de 9,13 kg, por um período experimental de 30 dias (01/08/93 a 30/08/93).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com repetição dentro com cinco tratamentos (0; 0,75; 1,50 e 3,00% de zeolita natural) + 30 g de bacitracina de zinco; 0,75; 1,50 e 3,00% de zeolita natural), dois blocos (leves e pesados), e duas repetições em cada bloco, sendo a unidade experimental (baia) representada por quatro animais, dois machos castrados e duas fêmeas. O critério para a formação de blocos foi o parentesco e o peso inicial dos leitões.

O experimento II foi conduzido em 24 baias de 2,80 x 1,10 m, com piso cimentado, dotadas de comedouros metálicos semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta; sendo as rações, em forma farelada, e a água, fornecidas à vontade.

Foram utilizados 96 suínos mestiços (Landrace x Large White), sendo 48 machos castrados e 48 fêmeas, com peso médio inicial de 16,61 kg, por um período experimental de 30 dias (10/09/93 a 09/10/93).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com repetição dentro com quatro tratamentos (0; 0,75; 1,50 e 3,00% de zeolita natural), três blocos (leves, médios e pesados) e duas repetições em cada bloco, sendo a unidade experimental (baia) representada por quatro animais, dois machos castrados e duas fêmeas. O critério para formação de blocos foi o parentesco e o peso inicial dos animais.

Os animais foram vermifugados e vacinados contra peste suína antes de começar os experimentos. O controle do ganho de peso foi realizado no início e no final do experimento, sendo os animais pesados sempre à mesma hora da manhã, sem jejum prévio. Ao término do experimento foi feito o controle do consumo de ração, descontando as sobras.

As variáveis estudadas foram ganho de peso médio diário (kg) (GPMD), consumo de ração médio diário (kg) (CRMD) e conversão alimentar).

Os resultados de desempenho dos animais foram submetidos a análise de variância e regressão, levando em consideração os tratamentos quantitativos (níveis de 0,75, 1,50 e 3,00% de zeolita), sendo que os graus de liberdade dos tratamentos foram decompostos em seus componentes individuais de regressão (linear, quadrática e cúbica), através dos polinômios ortogonais. Para o caso em que não foi usada a regressão, quando

se considerou os tratamentos (níveis de 0; 0 + Bacitracina de zinco; 0,75; 1,50 e 3,00% de zeolita natural) as médias foram comparadas por contrastes, pelo teste de Bonferroni, segundo Steel e Torrie (1980), adotando-se um nível de significância de 5%.

As análises estatísticas das variáveis foram realizadas através do pacote computacional SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas), descrito por Euclides (1986), segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = u + N_i + B_{(j)k} + e_{i(j)k},$$

onde:

Y_{ijk} = ganho de peso médio diário, consumo de ração médio diário e conversão alimentar no nível i , no bloco j e na repetição k ;

u = média geral estimada;

N_i = efeito no nível i de zeolita natural, sendo $i = 0, 0 +$ bacitracina de zinco, 0,75, 1,50 e 3,00%;

$B_{(j)k}$ = efeito da repetição K , sendo $K = 1, 2$, dentro do bloco j , sendo $j = 1, 2$; (Exp. I) e $J = 1, 2, 3$ (Exp. II);

$e_{i(j)k}$ = erro associado a cada observação ijk .

A análise econômica dos resultados obtidos foi feita de acordo com a fórmula proposta por Gai (1977):

$$CPV = \frac{\left[(CR \times PR) + \frac{(CR \times PR)}{4} \right] \times ND}{GTP},$$

em que:

CPV = custo por kg de peso vivo produzido (U\$);

CR = consumo de ração médio diário (kg);

PR = preço por kg de ração (U\$);

4 = constante;

ND = número de dias do experimento;

GTP = ganho total de peso (kg).

3.3.2 Experimento III - Balanço nutricional e enzimas no plasma sanguíneo

O experimento foi realizado durante os meses de outubro a novembro, no período compreendido entre 12/10/93 a 07/11/93.

Foram utilizados 24 suínos mestiços (Landrace x Large White), machos castrados, com peso inicial médio de 30,9 kg, e alojados individualmente em gaiolas de metabolismo, semelhantes às descritas por Pekas (1968).

Cada período experimental teve duração de 12 dias, sendo sete para adaptação dos animais às gaiolas de metabolismo e dietas experimentais, e cinco para coleta de fezes e urina, segundo Barbosa et al. (1987).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 4 tratamentos (0; 0,75; 1,50 e 3,00% de zeolita natural) e 6 blocos, resultando em seis repetições por tratamento. Para a formação dos blocos levou-se em consideração o peso vivo dos animais.

A quantidade de ração fornecida diariamente a cada animal foi calculada com base no tamanho metabólico ($\text{kg}^{0,75}$), segundo Colnago (1979).

Para definir o início e o final do período de coleta de fezes, usou-se como marcador fecal 2% de óxido férrico (Fe_2O_3) na dieta, adotando-se como critério a coleta total de fezes (Fialho, 1979), as quais eram pesadas e homogeneizadas. Em seguida, eram retiradas alíquotas de 20% que, acondicionadas em sacos plásticos, um para cada animal, eram armazenadas no congelador, até o período final. As amostras de fezes foram levadas à estufa com ventilação forçada a 55°C por período de 72 horas. Após secagem, foram pesadas, moídas e armazenadas para análises.

A urina era filtrada, em peneira de nylon de malha fina, à medida que era excretada e colhida em baldes plásticos, que continham 20 ml de HCl 1:1, para evitar perdas de nitrogênio e proliferação de microorganismos. Após homogeneização, era levada para uma proveta onde o volume foi completado para 3 litros e, coletava-se alíquotas constantes de 5%, que eram colocadas em recipientes de plástico, um para cada animal, e armazenadas em congelador a -10°C .

As análises de matéria seca, energia bruta, nitrogênio, cálcio e fósforo das dietas, fezes e urina foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, conforme AOAC (1980). A determinação de energia bruta das dietas, fezes e urina foi feita em bomba calorimétrica do tipo PARR Instruments Co. (1978). A energia metabolizável corrigida foi calculada multiplicando-se o

balanço de nitrogênio em gramas (nitrogênio retido) por 6,77 kcal/g N, segundo Diggs et al. (1965).

Após o final do experimento de metabolismo, os animais receberam suas respectivas dietas às 6 h, e permaneceram em jejum até as 11 h, quando, neste horário, foi coletada a primeira amostra de sangue dos animais. As 12 h, os animais receberam novamente suas dietas e, foram deixados em jejum até as 17 h, quando coletou-se a segunda amostra de sangue dos animais. No total foram coletadas 48 amostras de sangue (2 amostras/animal) através de uma punção no sinus orbital (Friend e Brown, 1971).

O sangue foi coletado em tubo de ensaio contendo 0,20 ml de heparina de sódio (anticoagulante). Logo após uma homogeneização lenta e cuidadosa, separou-se o plasma por centrifugação a 3000 rpm por quinze minutos, sendo as amostras mantidas em refrigerador para posteriores análises de fosfatase alcalina, transaminas e pirúvica e triglicérides enzimático, segundo a metodologia do "Kit Labtest".

Os resultados dos ensaios de metabolismo e atividade enzimática foram submetidos a análise de variância e regressão, sendo que os graus de liberdade dos tratamentos foram decompostos em seus componentes individuais de regressão (linear, quadrática e cúbica), através dos polinômios ortogonais.

As análises estatísticas das variáveis foram realizadas através do pacote computacional SAEG (Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas), descrito por Euclides (1986), segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = u + N_i + B_j + e_{ij}$$

onde:

Y_{ij} = observação do nível i , no bloco j ;

u = média geral estimada;

N_i = efeito do nível i de zeolita natural, sendo $i = 0; 0,75; 1,5$ e $3,00\%$;

B_j = efeito do bloco j , sendo $j = 1, 2, \dots, 6$;

e_{ij} = erro associado a cada observação ij .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I - Desempenho de leitões dos 10 aos 25 kg PV

Os resultados de ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD), conversão alimentar (CA) e custo do quilograma de suíno produzido, encontram-se no Quadro 5.

Diferenças significativas foram observadas ($P < 0,05$) entre contrastes com relação a GPMD e CA. O CRMD não foi afetado pela inclusão de zeolita natural nas dietas, uma vez que as rações eram isoenergéticas, e os leitões consumiram quantidades semelhantes de dieta.

Contrastando-se as médias de ganho de peso entre os tratamentos, verificou-se que o melhor resultado foi obtido com a inclusão de 1,5% de zeolita nas dietas de leitões na fase inicial de crescimento, os resultados diferentes foram obtidos por Popelov e Tolkach (1993); Pashka (1988), os quais verificaram que níveis de 3 a 5% de zeolita melhoram significativamente o ganho de peso.

Com relação a conversão alimentar, contrastando-se as médias entre os tratamentos, nota-se que ao nível de 1,5% de zeolita natural foi obtido a melhor conversão alimentar. Estes resultados discordam dos obtidos por Paska, Michálik e Zimová

QUADRO 5. Desempenho de suínos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de zeolita natural - experimento I.

Variáveis	Níveis de zeolita natural (%)					Contraste ²	C.V. ³ (%)
	0	0 + BcZn	0,75	1,5	3,0		
Número de animais	16	16	16	16	16		
Peso inicial (kg)	9,09	9,12	9,22	8,97	9,46	-	2,01
Peso final (kg)	23,12	24,72	26,11	27,51	25,54	-	6,32
Ganho de peso (kg/dia) ¹	0,470	0,520	0,563	0,618	0,536	2, 3, 6	5,74
Consumo de ração (kg/dia)	0,950	0,979	0,959	1,016	1,021	NS	5,24
Conversão alimentar ¹	2,03	1,88	1,70	1,64	1,90	2, 3, 6	5,05
US\$/kg peso vivo produzido	0,591	0,553	0,502	0,487	0,578	-	-
Diferencial em relação a testemunha (%)	-	6,43	15,06	17,60	2,20	-	-

1. Efeito quadrático (P < 0,05).

2. Contrastes entre médias - 1 = T₁ x T₂; 2 = T₁ x T₃; 3 = T₁ x T₄; 4 = T₁ x T₅; 5 = T₂ x T₃; 6 = T₂ x T₄; 7 = T₂ x T₅. Diferenças significativas (P < 0,05) nos contrastes.

3. Coeficiente de variação

(1993); Yablonskii (1993), os quais verificaram que o uso de 3 a 5% de zeolita natural em dietas de suínos em crescimento, melhoram a conversão alimentar.

O desempenho dos leitões alimentados com dietas contendo zeolita natural foi melhor do que aqueles recebendo bacitracina de zinco. Resultados semelhantes foram obtidos por Castro e Rivas citados por Castro e Lon-wo (1991). Porém, Piloto e Castro citados por Castro e Lon-wo (1991); Ma, Jseng e Tsai (1983), não observaram diferenças significativas no desempenho de leitões alimentados com zeolita e outros promotores de crescimento.

Embora alguns autores apontem os níveis de 3 a 5% como aqueles que proporcionaram melhores resultados de desempenho para suínos, ao contrário dos resultados encontrados neste experimento, Mumpton e Fishman (1977), relataram que a eficiência da zeolita natural em promover o crescimento está associado com o tipo de zeolita e nível de suplementação usada, com a composição da dieta, bem como com a fase de vida do animal.

Por outro lado, observa-se que o nível de 3% de zeolita proporcionou uma redução no desempenho dos animais, pois, provavelmente, a presença de zeolita em excesso no lúmen do trato intestinal eleva o pH, o que poderia tender a intoxicação por aumento na absorção de amônia.

Levando em consideração somente os tratamentos quantitativos (0; 0,75; 1,50 e 3,00% de zeolita natural) excluindo o tratamento dieta contendo bacitracina de zinco, houve efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de zeolita natural, sobre

o ganho de peso médio diário, sendo que o nível ótimo de 1,74% foi estimado de acordo com a equação $Y = 0,467873 + 0,17551X - 0,0495353X^2$ (Figura 1), e também houve efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre a conversão alimentar, onde o nível ótimo de inclusão de zeolita natural foi de 1,61%, estimado de acordo com a equação $Y = 2,01153 - 0,490863X + 0,151818X^2$ (Figura 2). O consumo de ração médio diário não foi influenciado pelas dietas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Pond, Yen e Varel (1988); Gunther (1992), os quais verificaram melhoria no desempenho dos leitões com a utilização de 2% de clinoptilolita.

Talvez, a forma em que a zeolita, neste experimento, demonstrou ser favorável a um melhor desempenho dos leitões na fase inicial de crescimento, possa estar relacionado a elevada afinidade por amônia, o que reduziria a absorção, conseqüentemente, diminuiria a ação tóxica sobre o epitélio intestinal, permitindo uma maior absorção de nutrientes.

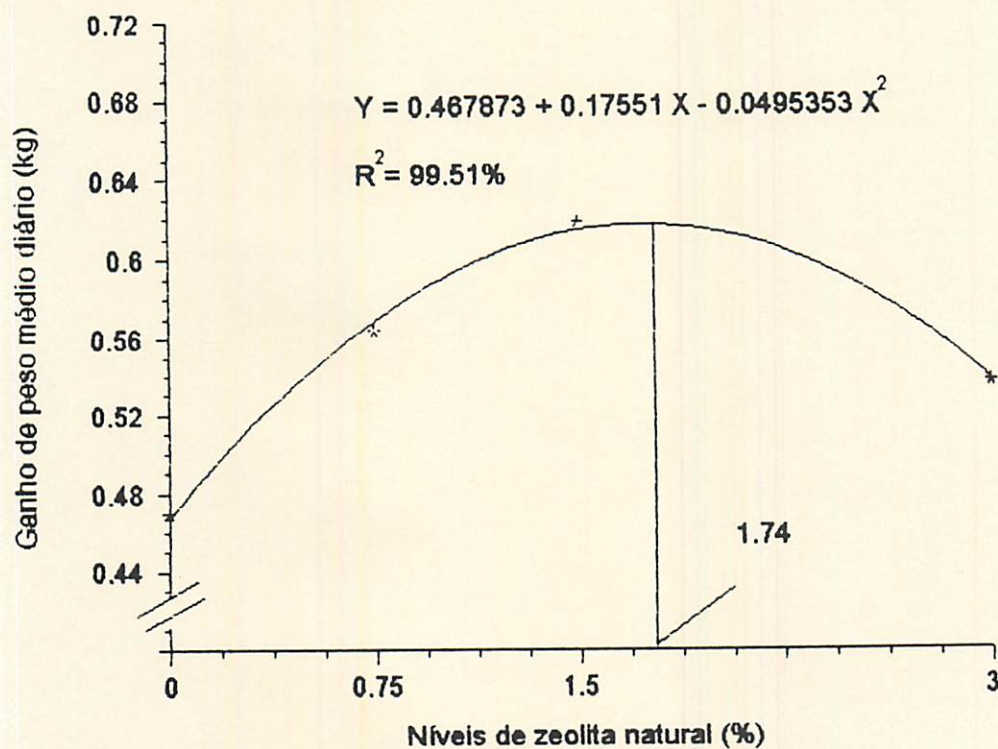


FIGURA 1. Efeito dos níveis de zeólita natural sobre o ganho de peso médio diário dos leitões - experimento I.

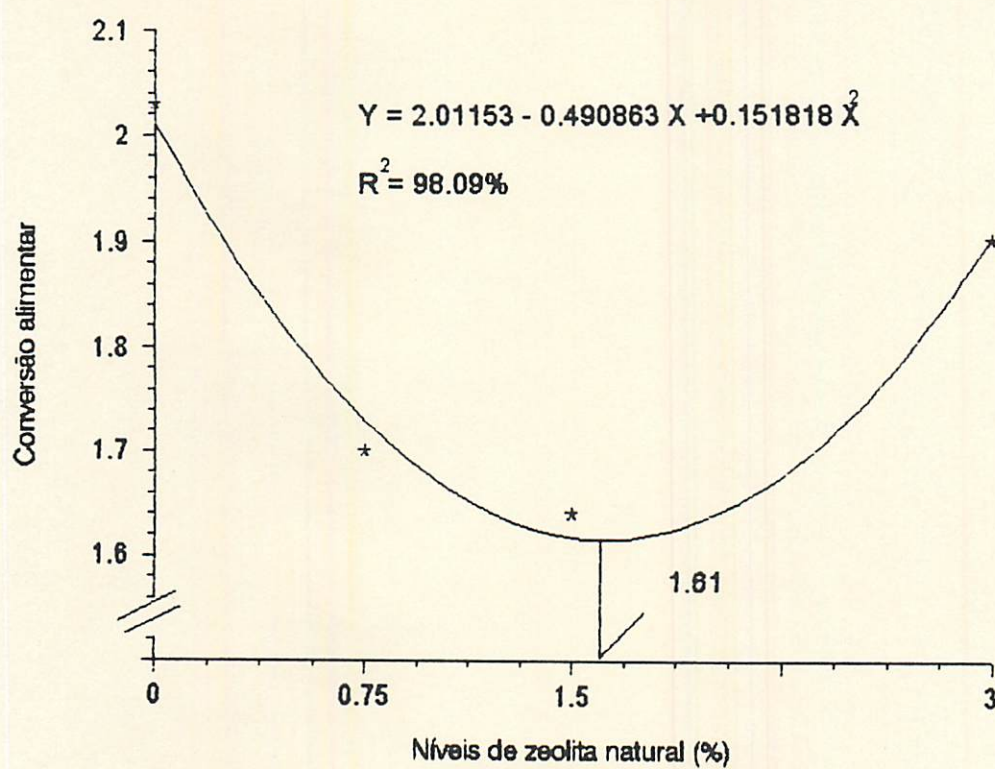


FIGURA 2. Efeito dos níveis de zeólita natural sobre a conversão alimentar dos leitões - experimento I.

4.2 Experimento II - Desempenho de leitões dos 15 aos 35 kg PV

Os resultados de ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD), conversão alimentar e custo por quilograma de suíno produzido, encontram-se no Quadro 6.

QUADRO 6. Desempenho de suínos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de zeolita natural - experimento II.

Variáveis	Níveis de zeolita natural (%)				C.V. ² (%)
	0,00	0,75	1,50	3,00	
Nº de animais	24	24	24	24	
Peso inicial (kg)	16,50	16,33	16,92	16,56	1,50
Peso final (kg)	35,83	37,83	39,50	36,75	4,21
Ganho de peso (kg/dia) ¹	0,644	0,717	0,753	0,672	7,52
Consumo de ração (kg/dia)	1,563	1,481	1,516	1,556	7,23
Conversão alimentar ¹	2,39	2,03	1,99	2,28	5,71
US\$/kg peso vivo produzido	0,709	0,610	0,597	0,696	-
Diferencial em relação a testemunha	-	13,96	15,80	1,83	-

1. Efeito quadrático ($P < 0,05$).

2. Coeficiente de variação.

Houve efeito quadrático dos níveis de zeolita natural ($P < 0,05$) sobre GPMD e conversão alimentar, porém o CRMD não foi influenciado pela dieta.

Houve efeito quadrático dos níveis de zeolita natural sobre o GPMD, sendo que o maior ganho de peso foi obtido ao nível de 1,62%, estimado pela equação $Y = 0,653092 + 0,133183 X - 0,0411920 X^2$ (Figura 3). Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de zeolita natural sobre a conversão alimentar, sendo o nível de 1,60% o que proporcionou melhor conversão alimentar, estimado pela equação $Y = 2,37029 - 0,522374 X + 0,164647 X^2$ (Figura 4). Resultados semelhantes foram obtidos por Pond, Yen e Varel (1988); Gunther (1992). Porém, Halmagean et al. (1986); Pearson, Smith e Fox (1986), não observaram influência da zeolita sobre o desempenho de suínos em crescimento e terminação.

Houve menor ($P < 0,05$) ganho de peso e pior ($P < 0,05$) conversão alimentar para os níveis 0 e 3,00% de zeolita, respectivamente. A provável explicação para a redução no desempenho de leitões alimentados com dietas contendo 3,00% de zeolita pode estar associada ao fato de que o excesso de zeolita tende a aumentar o pH do lúmen intestinal, proporcionando aumento na absorção de amônia, que pode ser um produto tóxico para as células.

A melhoria do desempenho de suínos que receberam as dietas contendo zeolita natural pode ser explicado, provavelmente, pelo efeito promotor de crescimento da zeolita, que está associado a redução das concentrações de NH_4^+ absorvidas pelas células da mucosa intestinal, o que permite um aumento na absorção de nutrientes.

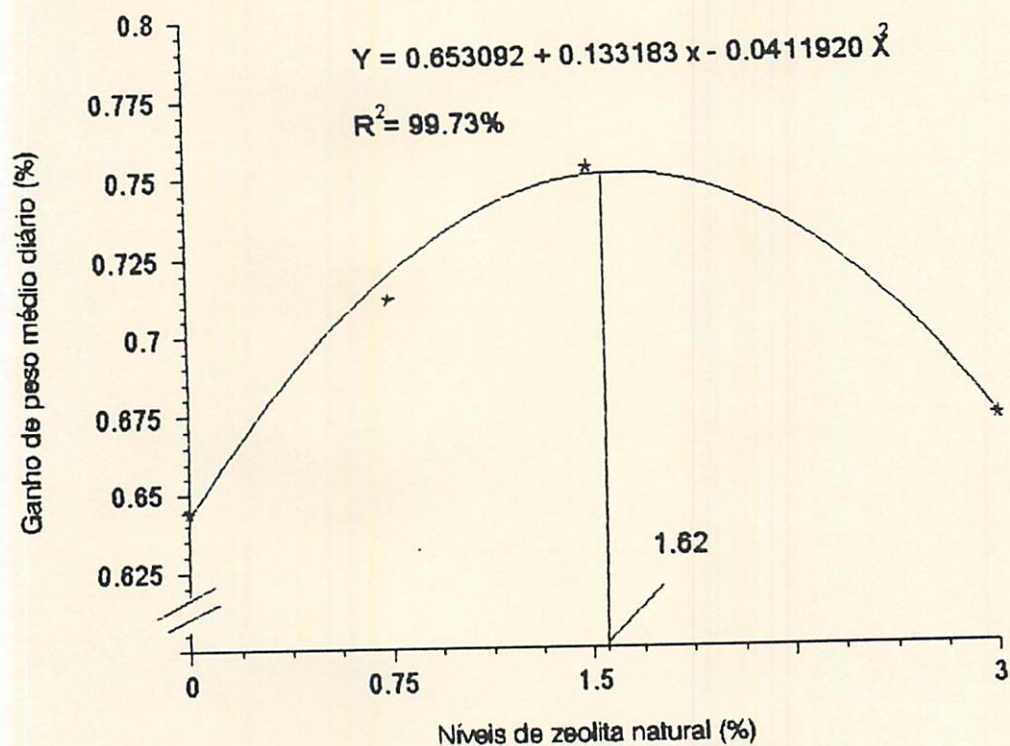


FIGURA 3. Efeito dos níveis de zeólita natural sobre o ganho de peso médio diário dos leitões - experimento II.

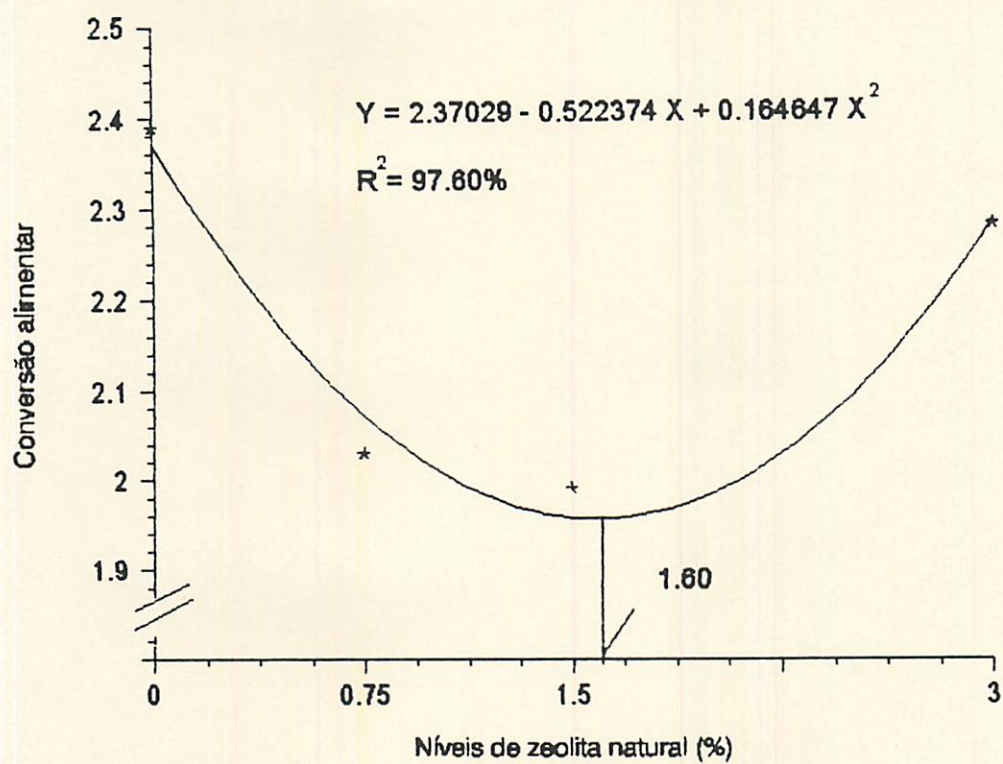


FIGURA 4. Efeito de níveis de zeólita natural sobre a conversão alimentar dos leitões - experimento II.

Resultados obtidos por Kondo e Wagai citados por Mumpton e Fishman (1977); Castro e Elias (1978); Castro e Iglesias (1989); Castro e Pastrana (1988); Bartko, Seidel e Kovac (1983), demonstraram que houve melhora significativa no ganho de peso, conversão e eficiência alimentar com a utilização dos níveis de 3 a 6% de zeolita nas dietas de suínos em crescimento e terminação. A diferença nos níveis de zeolita natural que proporcionam melhor desempenho, deve-se ao fato de que a eficiência da zeolita em promover o crescimento pode estar associado, principalmente, com tipo de zeolita usada, a composição da dieta e, a fase de vida do animal.

O custo do quilograma de suíno produzido, nos dois experimentos, reduziu com o aumento dos níveis de zeolita natural (Quadro 5), sendo viável economicamente o uso de zeolita ao nível de 1,5%, onde foi observado uma redução de custo em torno de 17,60% e 15,80%, no experimento I e II, respectivamente. Quando se calculou o custo por kg da dieta, não se observou alterações significativas no preço da dieta à medida que se aumentava os níveis de zeolita.

4.3 Conclusões

Nos dois experimentos de desempenho, a inclusão de 1,5% de zeolita natural às dietas de leitões na fase inicial de crescimento, proporcionou maior ($P < 0,05$) ganho de peso médio diário e melhor ($P < 0,05$) conversão alimentar, sendo que o consumo de ração médio diário não foi influenciado pelos níveis

de zeolita natural. Portanto, é viável economicamente a utilização de até 1,5% de zeolita para suínos na fase inicial de crescimento.

4.4 Experimento III - Balanço nutricional e enzimas no plasma sanguíneo

4.4.1 Balanço energético

Os valores de energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), energia metabolizável como porcentagem da absorvido (EMA) e energia metabolizável corrigida (EMc) das dietas experimentais, contendo níveis crescentes de zeolita natural, encontram-se no Quadro 7.

QUADRO 7. Efeitos do uso de zeolita natural para leitões sobre o balanço energético^{1,2} - experimento III.

Variáveis	Níveis de zeolita natural (%)				C.V. ³ (%)
	0,00	0,75	1,50	3,00	
Energia digestível (kcal/kg)	3779	3789	3957	3899	4,17
Energia metabolizável (kcal/kg)	3737	3714	3912	3824	4,31
Energia metabolizável (% absor.)	98,90	97,90	98,70	98,00	1,00
En. metab. corrigida (kcal/kg)	3626	3602	3780	3708	4,18

1. Dados expressos na base de matéria seca.
2. Efeito não significativo ($P > 0,05$).
3. Coeficiente de variação.

Nos estudos de balanço energético, não foi observado efeito significativo sobre as variáveis estudadas. Resultados discordantes foram obtidos por Shurson et al. (1986), os quais determinaram que a energia digestível, energia metabolizável e energia metabolizável corrigida foram linearmente reduzidas, com o aumento dos níveis de zeolita, sendo estas reduções lineares devido ao aumento da excreção de energia fecal diária.

Segundo Lon-Wo e González (1991), o mecanismo de ação das zeolitas naturais poderia estar associado a uma redução na velocidade de passagem da digesta no trato gastrointestinal, o que aumentaria a absorção dos nutrientes; mas este mecanismo ainda não está bem esclarecido. Talvez, a zeolita natural não influencie a taxa de passagem da dieta no trato intestinal dos animais, o que poderia ser, provavelmente, a explicação para a não melhoria do aproveitamento da energia da dieta.

4.4.2 Balanço de nitrogênio

Os valores de consumo diário de nitrogênio, excreção diária de nitrogênio nas fezes, absorção diária de nitrogênio, digestibilidade aparente de nitrogênio, excreção de nitrogênio na urina, retenção diária de nitrogênio, utilização da proteína e valor biológico da proteína, encontram-se no Quadro 8.

Não foram observadas diferenças significativas sobre o consumo diário de nitrogênio, excreção diária de nitrogênio nas fezes, absorção diária de nitrogênio. Entretanto, Shurson et al. (1984), observaram redução linear na digestibilidade aparente de

QUADRO 8. Efeitos do uso de zeolita natural para leitões sobre o balanço de nitrogênio¹ - experimento III.

	Níveis de zeolita natural				C.V. ⁵ (%)
	0,00	0,75	1,50	3,00	
Consumo diário de nitrogênio (g)	28,71	28,47	29,78	29,67	4,16
Excreção de nitrogênio nas fezes (g)	1,79	1,53	1,68	1,95	19,20
Absorção diária de nitrogênio (g)	26,92	26,95	28,10	27,73	4,17
Digestibilidade aparente (%)	93,50	94,83	94,17	93,67	1,27
Excreção diária de nitrogênio urina (g) ²	8,70	8,35	8,65	10,95	13,05
Retenção diária de nitrogênio (g) ²	18,22	18,60	19,45	16,88	7,69
Utilização da proteína (%) ^{2, 3}	63,08	64,65	65,02	55,49	5,83
Valor biológico da proteína (%) ^{2, 4}	67,33	68,29	69,00	59,36	6,54

1. Dados expressos na base de matéria seca.

2. Efeito quadrático ($P < 0,05$).

3. Utilização da proteína = $\frac{\text{Retenção diária de nitrogênio}}{\text{Consumo diário de nitrogênio}} \times 100$

4. Valor biológico da proteína = $\frac{\text{Retenção diária de nitrogênio}}{\text{Absorção diária de nitrogênio}} \times 100$

5. Coeficiente de variação.

nitrogênio, devido a uma maior excreção de nitrogênio nas fezes, à medida que se aumentava os níveis de zeolita natural nos dietas.

Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de zeolita natural sobre a excreção diária de nitrogênio na urina, sendo que a menor quantidade de nitrogênio excretado na urina ocorreu ao nível de 0,79%, estimado pela equação $Y = 8,69318 - 0,828789 X + 0,527273 X^2$ (Figura 5). Segundo Shurson et al. (1984), a excreção diária de nitrogênio na urina tendeu a redução com altos níveis de zeolita e a excreção diária de nitrogênio nas fezes poderia ser esperada em maior quantidade.

O aumento do nível de zeolita natural na dieta proporcionou resposta quadrática ($P < 0,05$) da retenção diária de nitrogênio, sendo a retenção máxima obtida ao nível de 1,24%, estimada pela equação $Y = 18,0649 + 1,81379X - 0,730977X^2$ (Figura 6).

A utilização da proteína aumentou em função do nível de zeolita natural, mostrando um comportamento quadrático ($P < 0,05$). Pela equação de regressão $Y = 62,9013 + 4,7913X - 2,41367X^2$ (Figura 7), pode-se calcular que a utilização da proteína atingiu o nível ótimo quando ela correspondeu ao nível de 0,99% de zeolita.

O valor biológico da proteína aumenta obedecendo a um modelo quadrático ($P < 0,05$), sendo que o maior nível foi obtido com 0,95% de zeolita natural, estimado pela equação $Y = 67,0458 + 4,37722 X - 2,29973 X^2$ (Figura 8).

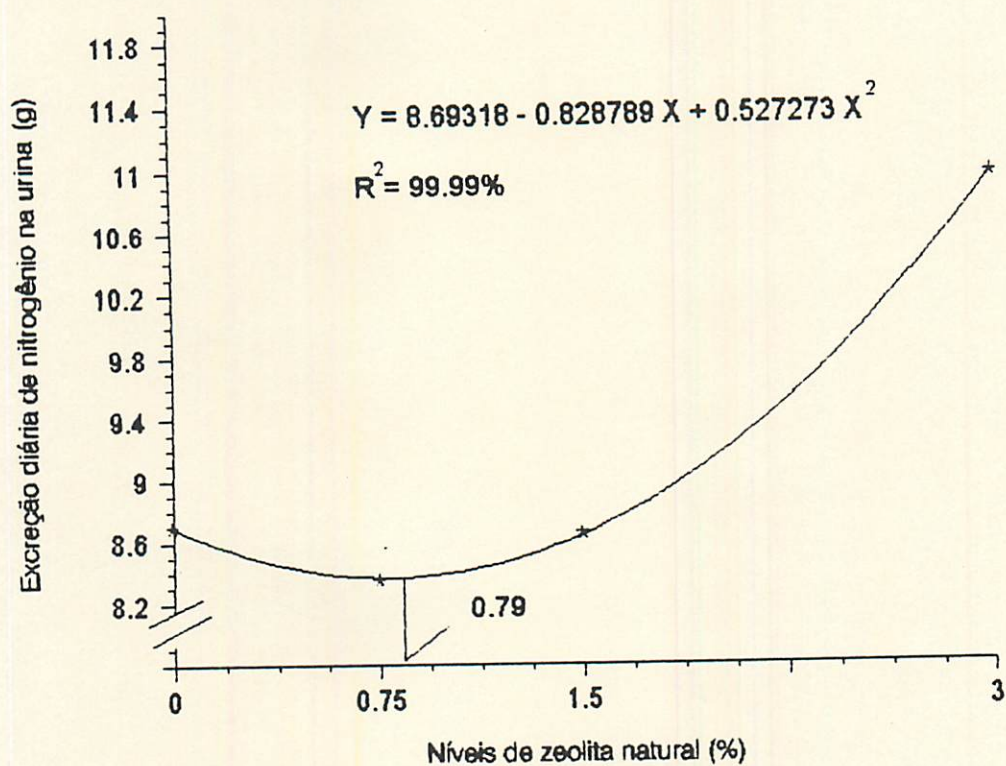


FIGURA 5. Efeito dos níveis de zeólita natural sobre a excreção diária de nitrogênio na urina dos leitões - experimento III.

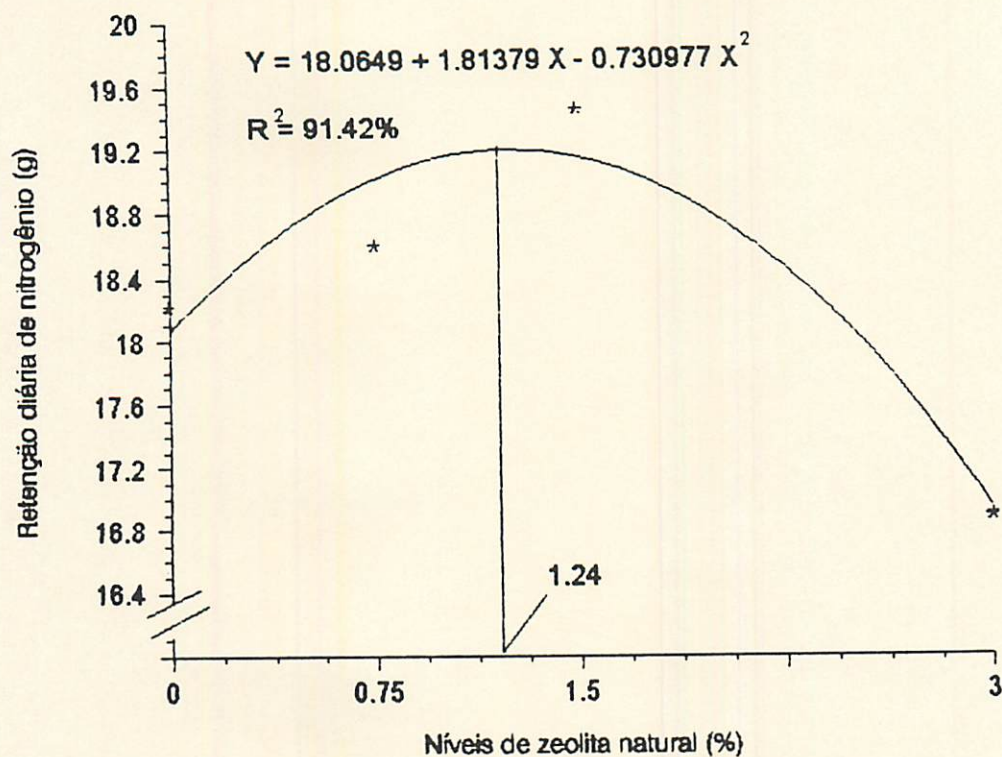


FIGURA 6. Efeito dos níveis de zeólita natural sobre a retenção diária de nitrogênio nos leitões - experimento III.

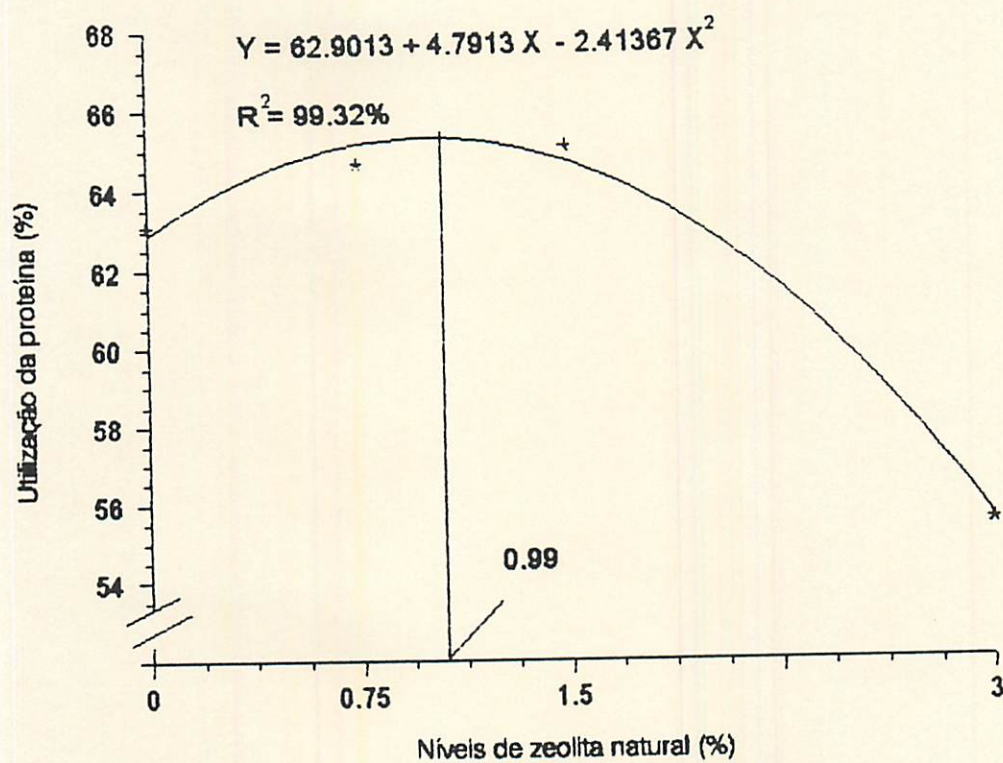


FIGURA 7. Efeito dos níveis de zeólita natural sobre a utilização da proteína nos leitões - experimento III.

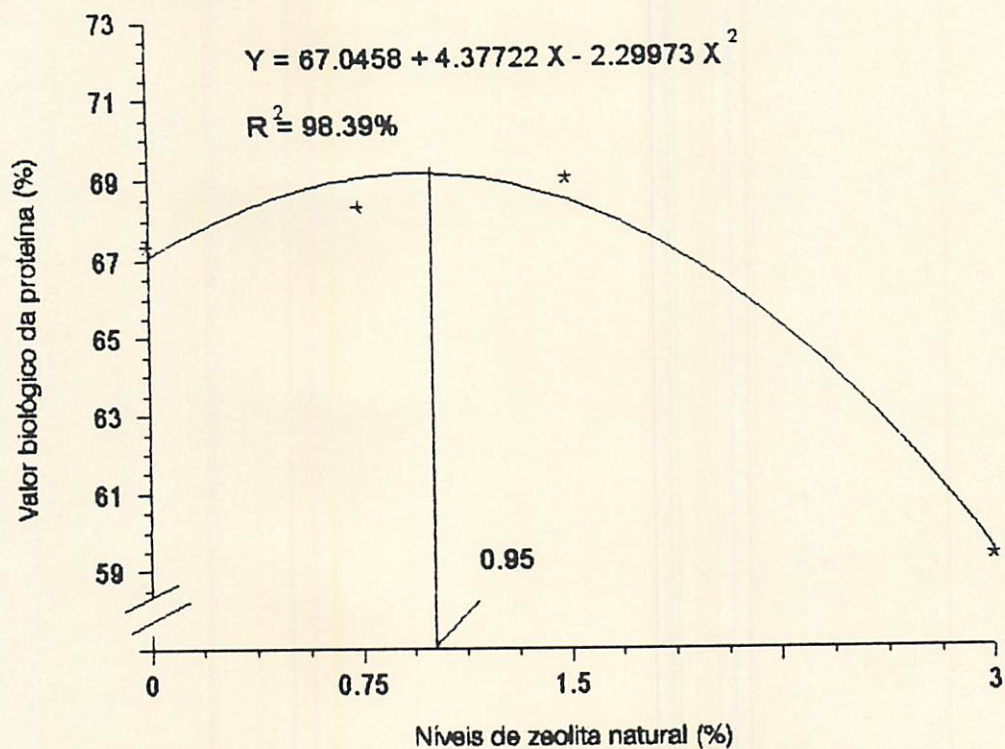


FIGURA 8. Efeito dos níveis de zeólita natural sobre o valor biológico da proteína nos leitões - experimento III.

Resultados diferentes foram obtidos por Halmagean e Luca (1986), onde a presença de zeolitas na dieta de suínos em crescimento e terminação não aumentou a digestibilidade da proteína e a utilização do nitrogênio.

Com a elevação dos níveis de zeolita nas dietas, observou-se tendência no aumento de nitrogênio nas fezes e, redução da excreção de nitrogênio na urina, resultando em melhoria na utilização e valor biológico da proteína, ao nível de 1,5%. Resultados semelhantes foram obtidos por Shurson et al. (1984). A melhoria na utilização e valor biológico das proteínas, resultante da tendência de aumento do nitrogênio fecal, redução do nitrogênio urinário e elevação da retenção de nitrogênio, pode caracterizar a capacidade da zeolita em ligar-se a amônia, o que diminui a sua absorção, conseqüentemente, reduzindo a toxidez sobre as células da mucosa intestinal, permitindo assim, maior absorção de nutrientes.

4.4.3 Digestibilidade de cálcio e fósforo

Os resultados referentes aos coeficientes de digestibilidade de cálcio e fósforo, encontram-se no Quadro 9.

Os coeficientes de digestibilidade de cálcio e fósforo não foram influenciadas pelos níveis de zeolita natural utilizados nas dietas.

O cálcio e o fósforo estão relacionados, principalmente, com a formação óssea, sendo que a deficiência destes elementos para animais em crescimento resulta em

QUADRO 9. Efeitos do uso de zeolita natural para leitões sobre os coeficientes de digestibilidade de cálcio e fósforo^{1,2} - experimento III.

Minerais	Níveis de zeolita natural (%)				C.V. ³
	0,00	0,75	1,50	3,00	(%)
Cálcio	72,84	77,97	75,81	73,39	6,52
Fósforo	70,19	73,82	73,64	73,31	6,80

1. Dados expressos em base de matéria seca.

2. Efeito não significativo ($P > 0,05$).

3. Coeficiente de variação.

raquitismo ou fratura de ossos, devido a falta de matriz óssea para a ossificação (Harper, 1973).

Não houve efeito da zeolita sobre os coeficientes de digestibilidade de cálcio e fósforo. Resultados semelhantes, quanto a retenção destes minerais, foram obtidos por Shurson et al. (1984) e Tkachev e Ustin (1986), sendo que a explicação mais provável pode estar relacionado a estabilidade da molécula de zeolita no ambiente ácido do estômago (Quarles, 1985).

Shurson et al. (1984), relataram que quando a zeolita sintética é exposta a um ambiente com pH abaixo de 5, íons de alumínio são liberados da sua estrutura, interferindo na absorção de cálcio e fósforo. Como a zeolita natural é mais estável em pH ácido, não ocorre liberação de íons alumínio.

Cool e Willard (1982), verificaram que a inclusão de 10% de zeolita, em dietas para leitões desmamados, aumentou em torno de 17% a absorção de cálcio. Resultados semelhantes, em termos de composição química do sangue (Ca, P, Mg, Na,

K) foram observados por Petkova et al. (1986); Yablonskii (1993).

4.4.4 Atividade enzimática

Os resultados referentes a atividade da fosfatase alcalina, transaminase pirúvica e triglicérides enzimático encontram-se no Quadro 10.

QUADRO 10. Efeitos do uso de zeolita natural para leitões sobre a atividade enzimática^{1, 2} - experimento III.

Enzimas	Níveis de zeolita natural (%)				C.V. ³ (%)
	0,00	0,75	1,50	3,00	
Fosfatase alcalina (U/L)	54,136	53,691	64,072	47,923	19,93
Transaminase pirúvica (U/ml)	19,708	18,750	19,500	17,833	11,74
Triglicérides (mg/dl)	86,299	69,995	61,047	63,009	24,75

1. Valores médios de 6 animais/tratamento.
2. Efeito não significativo ($P > 0,05$).
3. Coeficiente de variação.

Não foram observadas diferenças significativas nas atividades da fosfatase alcalina, transaminase pirúvica e triglicérides enzimático no plasma sanguíneo dos animais recebendo dietas contendo zeolita natural.

Neste experimento, os valores de fosfatase alcalina não sofreram nenhuma alteração significativa devido a zeolita, e nenhum problema quanto a raquitismo foi observado.

Também, a atividade da transaminase pirúvica está dentro da faixa de normalidade, não sendo influenciada pela inclusão de zeolita natural nas dietas.

No presente ensaio, não ficou evidenciado qualquer tendência que pudesse indicar uma possível melhora no aproveitamento de energia das dietas, com o aumento dos níveis de zeolita natural, confirmando os resultados obtidos no balanço de energia, onde nenhum parâmetro foi afetado pela zeolita.

4.4.5 Conclusões

Nos estudos de balanço energético, coeficientes de digestibilidade de cálcio e fósforo e, atividade enzimática, nenhum efeito significativo foi observado sobre as variáveis estudadas, devido a inclusão de zeolitas naturais às dietas.

O aumento dos níveis de zeolita nas dietas elevaram e aumentaram a excreção diária de nitrogênio nas fezes, a retenção de nitrogênio, a utilização e o valor biológico da proteína.

5 CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições do presente experimento, pode-se concluir que:

- A suplementação de 1,5% de zeolita natural às dietas para leitões na fase inicial de crescimento proporcionou um aumento, em torno de 17%, para ganho de peso médio diário; melhoria de 19% para conversão alimentar e 3% para digestibilidade das proteínas.
- Não houve influência da zeolita natural sobre o balanço energético, coeficientes de digestibilidade de cálcio e fósforo, e atividade enzimática no plasma sanguíneo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ADEMOYERO, A.A.; HAMILTON, P.B. Influence of degree of acetylation of scirpenol mycotoxins on feed refusal by chickens. *Poultry Science*, Champaign, V.68, n.6, p.854-856, 1989.
- ALLEN, N.K.; JEVNE, R.L.; MIROCHA, C.J.; LEE, Y.W. The effect of *Fusarium roseum* culture and diacetoxyscirpenol on reproduction of White Leghorn males. *Poultry Science*, Champaign, V.61, n.12, p.2172-2175, 1982.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists.** 13.ed. Washington, 1980. 1018p.
- BALLARD, R.; EDWARDS Jr., H.M. Effects of dietary zeolite and vitamin A on tibial dyschondroplasia in chickens. *Poultry Science*, Champaign, V.67, n.1, p.113-119, 1988.
- BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T.; COELHO, L.S.S.; FREITAS, A.R. **Análise proximal, proteína digestível, energia digestível e metabolizável de alguns alimentos para suínos.** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1987. 3p. (Comunicado Técnico, 127).
- BARTKO, P.; SEIDEL, H.; KOVAC, G. Use of zeolites in animal production in Slovakia: a review. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE OCCURRENCE, PROPERTIES AND UTILIZATION OF NATURAL ZEOLITES, 4, Idaho, 1993. **Abstracts...** Idaho, 1993. p.43-44.
- BURDITT, S.J.; HAGLER Jr.; W.M.; HAMILTON, P.B. Survef of molds and mycotoxins for their ability to cause feed refusal in chickens. *Poultry Scince*, Champaign, V.62, n.11, p.2187-2191, 1993.
- CASTRO, M.; ELIAS, A. Effect of inclusion of zeolite in final molasses based diets on the performance of growing - fattening pigs. *Cuban Journal of Agricultural Science*, Havana, V.12, n.1, p.69, 1978.
- CASTRO, M.; IGLESIAS, M. Effect of zeolite on tradicional diets for fattening pigs. *Cuban Journal of Agricultural Science*, Havana, V.23, n.3, p.289-295, 1989.

- CASTRO, M.; LON-WO, E. Cuban natural zeolites. Its application in pigs e poultry. **Cuban Journal of Agricultural Science**, Havana, V.25, n.3, p.213-230, 1991.
- CASTRO, M.; PASTRANA, M. The effect of different levels f zeolite on the performance of growing pigs. In: OCCURRENCE, PROPERTIES AND UTILIZATION OF NATURAL ZEOLITES, 2, Budapest, 1988. **Abstracts...** Budapest, 1988. p.721-727.
- CHELISHCHEVA, R.V. Zeolite as a feed supplement for pigs. In: TRUDY SIMPOZ POR PRIME NE NIYU PRIRODNYKH TSEOLITOV SEL'SKON KHOZYAISTVE, Tbilisi, 1981. **Abstracts...** Tbilisi, 1981. p.189-94. In: PIG NEWS AND INFORMATION, Slough, V.7, n.2, p.234, Feb. 1982. (Abst. 927).
- CHI, M.S.; MIROCHA, C.J. Necrotic oral lesions in chickens fed diacetoxycipernol, T-2 toxin and crocotin. **Poultry Science**, Champaign, B.57, n.3, p.807-808, 1978.
- COLNAGNO, G.L. **Composição química e valores de energia de alguns alimentos produzidos no Brasil, para suínos e galinhas poedeiras.** Viçosa: UFV, 1979. 45p. (Tese - Mestrado em Zootecnia).
- COOL, W.M.; WILLARD, J.M. Effect of clinoptilolite on swine nutrition. **Nutrition Reports International**, Cleveland, V.26, n.5, p.759-766, 1982.
- DAVIDSON, J.N.; BABISH, J.G.; DELANEY, K.A.; TAYLOR, D.R.; PHILLIPS, T.D. Hydrated sodium calcium aluminosilicate decreases the bioavailability of aflatoxin in the chickens. **Poultry Science**, Champaign, V.66, suppl. 1, p.89, 1987. (Abst.).
- DIGGS, B.G.; BECKER, D.E.; JENSEN, A.H.; NORTON, H.W. Energy value of various feeds for the young pig. **Journal Animal Science**, Champaign, V.24, n.2, p.555-558, 1965.
- ELLIOT, M.A.; EDWARDS Jr., H.M. Comparison of the effects of synthetic and natural zeolite on laying hens and broiler chicken performance. **Poultry Science**, Champaign, V.70, n.10, p.2115-2130, 1991.
- ENGLAND, D.C. Effect of zeolite on incidence and severity of scouring and level of performance of pigs during suckling and early postweaning. **Agricultural Experimental Station - Oregon State University**, Corvallis, 1975. p.30-33. (Special Report, 447).
- EUCLYDES, R. **Sistema de Análise Estatística e Genética - SAEG.** Viçosa: UFV, 1986. 68p.
- FIALHO, E.T. **Estudos nutricionais sobre o sorgo na alimentação de suínos e aves.** Viçosa: UFV, 1979. 50p. (Tese - Mestrado em Zootecnia).

- FOOD AND AGRICULTURE OF THE UNITED NATIONS. **Dados Agroclimatológicos para América Latina y el Caribe.** Roma, 1985. n.p. (Colección FAO: Producción y Protección Vegetal, 24).
- FRIEN, D.W.; BROWN, R.G. Blood sampling from suckling piglets. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, V.51, n.2, p.547-549, 1971.
- GAI, J.N. **Farinha de peixe e farinha de carne como suplementados protéicos em rações para suínos em crescimento e terminação.** Porto Alegre, 1977. 166p. (Tese - Mestrado).
- GUNTHER, K.D. Zeolite minerals in pig and poultry Feeding. **Schweinewelt**, V.15, n.15-9, 1990. In: NUTRITION ABSTRACTS AND REVIEWS, London, V.62, n.8, p.554, Aug. 1992. (Abst. 4205).
- HALMAGEAN, P.; CARPAN, F.; COVASINTEAN, R.; ROTARU, M.; SINITEAN, S.; SAVA, B.; LIXANDRU, B.; BRANCOV, Z. Use of zeolites from vulcaniv tuff in feeding growing pigs. 2. Results of the second experimental stage and of the whole experimental period. **Lucrari Stiintifice Institutul Agronomic Timisoara Zootehnie e Medicina Veterinará**, V.21, p.23-28, 1986. In: PIG NEWS AND INFORMATION, Slough, V.11, n.1, p.109, Jan. 1986. (Abst. 533).
- HARPER, H.A. **Manual de química fisiológica.** 3.ed. São Paulo: Atheneu, 1973. 570p.
- HARVEY, R.B.; KUBENA, L.F.; PHILLIPS, T.D. Dietary inclusion of zeolitic ores and aluminosilicates to modify the toxicity of aflatoxin to livestock and poultry: a review. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE OCCURRENCE, PROPERTIES AND UTILIZATION OF NATURAL ZEOLITES, 4, Idaho, 1993. **Abstracts...** Idaho, 1993. p.118-120.
- HARVEY, R.B.; KUBENA, L.F.; PHILLIPS, T.D.; HUFF, W.E.; CORRIER, D.E. Prevention of aflatoxicosis by addition of hydrated sodium calcium aluminosilicate to the diets of growing barrows. **American Journal Veterinary Research**, Schaumburg, V.50, n.2, p.416-420, 1989.
- KUBENA, L.F.; HARVEY, R.B.; HUFF, W.E.; CORRIER, D.E.; PHILLIPS, T.D.; ROTTINGHAUS, G.E. Efficacy of a hydrated sodium calcium aluminosilicate to reduce the toxicity of aflatoxin and T-2 toxin. **Poultry Science**, Champaign, V.69, n.7, p.1078-1086, 1990a.
- KUBENA, L.F.; HARVEY, R.B.; HUFF, W.E.; ELISSALDE, M.H.; YERSIN, A.G.; PHILLIPS, T.D.; ROTTINGHAUS, G.E. Efficacy of a hydrated sodium calcium aluminosilicate to reduce the toxicity of aflatoxin and diacetoxyscirpenol. **Poultry Science**, Champaign, V.72, n.1, p.51-59, 1993.

- KUBENA, L.F.; HARVEY, R.B.; PHILLIPS, T.D.; CORRIER, D.E.; HUFF, W.E. Diminution of aflatoxicosis in growing chickens by dietary addition of a hydrated sodium calcium aluminosilicate. **Poultry Science**, Champaign, V.69, n.5, p.727-735, 1990b.
- KUBENA, L.F.; HUFF, W.E.; HARVEY, R.B.; YERSIN, A.G.; ELISSALDE, M.H.; WITZEL, D.A.; GIROIR, L.E.; PHILLIPS, T.D.; PETERSEN, H.D. Effects of hydrated sodium calcium aluminosilicate on growing turkey poultry during aflatoxicosis. **Poultry Science**, Champaign, V.70, n.8, p.1823-1830, 1991.
- LINDEMANN, M.D.; BLODGETT, D.J.; KORNEGAY, E.T.; SCHURING, G.G. Potential ameliorators in aflatoxicosis in weaning/growing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, V.71, n.1, p.171-178, 1993.
- LON-WO, E.; GONZALEZ, J.L. Evaluacion de nuevos yacimientos cubanos de zeolita natural en la alimentación del pollo de ceba. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE OCCURRENCE, PROPERTIES AND UTILIZATION OF NATURAL ZEOLITES, 3, Havana, 1991. **Memoirs...** Havana, 1991. p.305-310.
- LON-WO, E.; RODRIGUEZ, C. A note on the utilization of zeolite or lime on hay litters for broilers. **Cuban Journal of Agricultural Science**, Havana, V.20, n.3, p.259-262, 1986.
- MA, C.S.; JZENG, C.M.; TSAI, A.H. Effects of continuous feeding of zeolite and protease on the performance of growing-finishing pigs. **Journal of the Taiwan Livestock Research**, V.13, n.2, p.1-9, 1980. In: PIG NEWS AND INFORMATION, Slough, V.4, n.2, p.213, Feb. 1983. (Abst. 900).
- MUMPTON, F.A.; FISHMAN, P.H. The applications of natural zeolites in animal science and aquaculture. **Journal of Animal Science**, Champaign, V.45, n.5, p.1188-1203, 1977.
- NESTOROV, N. Possible application of natural zeolites in animal husbandry. In: POND, W.G.; MUMPTON, F.A. **Zeo-Agriculture Use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture**. Colorado: Westview Press Boulder, 1984. 163p.
- OLVER, M.D. Effect of feeding clinoptilolite (zeolite) to three strains of laying hens. **British Poultry Science**, Oxfordshire, V.30, n.1, p.115-121, 1989.
- PASHKA, I. Use of zeolite in finishing pigs. **Referatiunil Zhurnal**, p.515-520, 1987. In: PIG NEWS AND INFORMATION, Slough, V.9, n.3, p.330, Mar. 1988. (Abst. 1739).
- PASKA, I.; MICHALIK, I.; ZIMOVA, D. Zeolites in pig fattening. **Acta Zootechnica**, V.46, p.61-68, 1990. In: NUTRITION ABSTRACTS AND REVIEWS, London, V.63, n.7, p.471, July 1993. (Abst. 3585).

- PEARSON, G.; SMITH, W.C.; FOX, J.M. Influence of dietary zeolite on pig performance over the liveweight 25-87 kg. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, V.13, n.2, p.151-154, 1985. In: PIG NEWS AND INFORMATION, Slough, V.11, n.p1, p.105, Jan. 1986. (Abst. 516).
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, Albany, V.27, n.5, p.1303-1306, 1968.
- PETKOVA, E.; VENKOV, T.; CHUSHKOV, D.; STEFANOV, T.S.; POSHCHAKOV, E. Prophylactic effect of Bulgarian potassium calcium zeolite against digestive disorders of piglets. **Veterinarnomeditsinski Nauki**, V.19, n.10, p.45-51, 1982. In: PIG NEWS AND INFORMATION, Slough, V.4, n.3, p.364, Mar. 1983. (Abst. 1702).
- PETUNKIN, N. Influence of zeolites on animal digestion. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE OCCURRENCE, PROPERTIES AND UTILIZATION OF NATURAL ZEOLITES, 3, Havana, 1991. **Memoirs...** Havana, 1991. p.208-283.
- PHILLIPS, T.D.; KUBENA, L.F.; HARVEY, R.B.; TAYLOR, D.S.; HIDEBAUCH, N.D. Hydrated sodium calcium aluminosilicate: a high affinity sorbent for aflatoxin. **Poultry Science**, Champaign, V.67, n.1, p.243-247, 1988.
- POND, W.G.; YEN, J.T. Physiological effects of clinoptilolite and synthetic zeolite A in animal. **International Committee of Natural Zeolites**, Nebraska, p.127-142, 1983b.
- POND, W.G.; YEN, J.T. Protection by clinoptilolite or zeolite Na A against cadmium - induced anemia in growing swine. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, New York, V.173, n.2, p.332-377, 1983a.
- POND, W.G.; YEN, J.T. Response of growing swine to dietary clinoptilolite from two geographic sources. **Nutrition Reports International**, Cleveland, V.25, n.5, p.837-848, 1982.
- POND, W.G.; YEN, J.T.; HILL, D.A. Decreased absorption of orally administered ammonia by clinoptilolite in rats. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, New York, V.166, n.2, p.369-373, 1981.
- POND, W.G.; YEN, J.T.; LINDVALL, R.N.; MAURER, R.R. Effect of pig breed group and soil or clinoptilolite (zeolite) in the pen environment of preweaning weighgain and survival. **Nutrition Reports International**, Cleveland, V.24, n.3, p.443-449, 1981.
- POND, W.G.; YEN, J.T.; VAREL, V.H. Response of growing swine to dietary copper and clinoptilolite supplementation. **Nutrition Reports International**, Cleveland, V.37, n.4, p.795-803, 1988.

- POPELOV, V.; TOLKACH, A. Zeolites in diets for young pigs. **Svinovodstvo (Moskva)**, V.10, n.1, p.2-3, 1992. In: NUTRITION ABSTRACTS AND REVIEWS, London, V.63, n.10, p.689, Oct. 1993. (Abst. 5174).
- QUARLES, C.L. Zeolites: a new ingredient may cut calories needed to produce poultry, red meat. **Feedstuff**, Mineapolis, V.57, n.41, p.35-36, Oct. 1985.
- ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.J.; COSTA, P.M.A.; FONSECA, J.B.; SOARES, P.R.; PEREIRA, J.A.A.; SILVA, M.A. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (tabelas brasileiras)**. Viçosa: UFV, 1992. 59p.
- SHURSON, G.C.; KU, P.K.; MILLER, E.R.; YOKOYAMA, M.T. Effects of zeolite A or clinoptilolite in diets of growing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, V.59, n.6, p.1536-1543, 1984.
- SIMON, R.; FLEITAS, A.; GARCIA, C.; GONZALEZ, T. Ingestion de zeolita y niveles sericos de alguns oligoelementos em conejos. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE OCCURRENCE, PROPERTIES AND UTILIZATION OF NATURAL ZEOLITES, 3, Havana. **Memoirs...** Havana, 1991. p.286-289.
- SMITH, T.K.; Influence of dietary fiber, protein and zeolite on zearalenone toxicosis in rats and swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, V.50, n.2, p.278-285, 1980.
- STANKOV, M.; VEIZOVIC, D. Use of Ambizel V (zeolite) in pig houses to improve the microclimate and productivity. **Veterinarski Glasnik**, V.47, n.3, p.169-175, 1993. In: PIG NEWS AND INFORMATION, Slough, V.14, n.4, p.366, Apr. 1993. (Abst. 3071).
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2.e.d. New York: McGraw-Hill Book, 1980. p.375.
- TKACHEV, E.Z.; USTIN, V.V. Digestive and metabolic functions of the digestive tract of young pigs given a feed mixture containing natural zeolite. **Doklady Vaskhnil**, n.3, p.33-35, 1985. In: PIG NEWS AND INFORMATION, Slough, V.7, n.4, p.500, Apr. 1986. (Abst. 2670).
- VIZEK, W.J. The mode of growth promotion by antibiotis. **Journal of Animal Science**, Champaign, V.46, n.5, p.1447-1469, 1978.
- YABLONSKII, S.M. Effect of supplementary feeding with zeolite on blood composition and metabolism in pigs. **Nauchno - Tekhnicheskii Byulleten**, n.2, p.14-47, 1990. In: NUTRITION ABSTRACTS AND REVIEWS, London, V.63, n.8, p.541, Aug. 1993. (Abst. 4091).

YOKOYAMA, M.T.; TABORI, C.; MILLER, E.R.; HOGBERG, M.G. The effects of antibiotics in the weaning pig diet on growth and the excretion of volatile phenolic and aromatic bacterial metabolites. **American Journal Clinical Nutrition**, New York, V.35, n.5, p.1417, 1982.

APÉNDICE

QUADRO 1A. Resumo da análise de variância dos dados referentes ao ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD) e conversão alimentar (CA). Experimento I.

C.V.	G.L.	GPMD		CRMD		CA	
		QM	Significância	QM	Significância	QM	Significância
Níveis de zeolita natural	3	0,0151	0,00030	0,0054	0,16711	0,1270	0,00033
Blocos	1	0,0083	0,01403	0,0019	*****	0,0085	0,33534
Resíduo	11	0,0009		0,0026		0,0084	
Linear	1	0,0061	0,02980			0,0072	*****
Quadrática	1	0,0390	0,00006			0,3667	0,00004
Cúbica	1	0,0002	*****			0,0072	*****
Coeficiente de variação			5,738		5,247		5,046

QUADRO 1B. Resumo da análise de variância dos dados referentes ao ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD) e conversão alimentar (CA). Experimento I.

C.V.	G.L.	GPMD		CRMD		CA	
		QM	Significância	QM	Significância	QM	Significância
Níveis de zeolita natural	4	0,0119	0,00143	0,0041	*****	0,0980	0,00133
Blocos	1	0,0043	0,10873	0,0015	*****	0,0135	0,30788
Resíduo	14	0,0014		0,0063		0,0120	
Coeficiente de variação			7,135		8,067		6,001

QUADRO 2A. Resumo da análise de variância dos dados referentes ao ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD) e conversão alimentar (CA). Experimento II, Lavras - MG, 1993.

C.V.	G.L.	GPMD		CRMD		CA	
		QM	Significância	QM	Significância	QM	Significância
Níveis de zeolita natural	3	0,0138	0,01043	0,0087	*****	0,2221	0,00005
Blocos	2	0,1203	0,00000	1,6934	0,00000	0,7485	0,00000
Resíduo	18	0,0027		0,0123		0,0153	
Linear	1	0,0007	*****			0,0034	*****
Quadrática	1	0,0404	0,00119			0,6469	0,00000
Cúbica	1	0,0001	*****			0,0160	0,32092
Coeficiente de variação			7,518		7,257		5,709

QUADRO 3A. Resumo da análise de variância dos dados referentes a energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), energia metabolizável - % da absorvida (EMA) e energia metabolizável corrigida (EMc). Experimento III.

C.V.	G.L.	ED		EM		EMA		EMc	
		QM	Signif.	QM	Signif.	QM	Signif.	QM	Signif.
Níveis zeolita natural	3	44972,72	0,20206	48823,00	0,18642	1,4905	0,24295	28866,38	0,32673
Blocos	5	3135176,00	0,00000	3181745,00	0,00000	1,1207	0,37097	3068863,00	0,00000
Resíduo	15	25869,07		26795,93		0,9620		23087,53	
Coeficiente de variação (%)			4,171		4,312		0,997		4,177

QUADRO 3B. Resumo da análise de variância dos dados referentes ao consumo diário de nitrogênio (Cons. N), excreção diária de nitrogênio nas fezes (N fecal), absorção diária de nitrogênio (N abs.) e digestibilidade aparente de nitrogênio (Dig. ap. N). Experimento III.

C.V.	G.L.	Cons. N		N fecal		N abs.		Dig. ap. N	
		QM	Signif.	QM	Signif.	QM	Signif.	QM	Signif.
Níveis de zeolita natural	3	2,6434	0,19120	0,1899	0,20710	2,1290	0,22444	2,1527	0,25089
Blocos	5	178,3770	0,00000	0,5162	0,00915	159,2763	0,00000	0,2416	*****
Resíduo	15	1,4720		0,1108		1,3058		1,4194	
Coeficiente de variação (%)		4,161		19,196		4,168		1,267	

QUADRO 3C. Resumo da análise de variância dos dados referentes a excreção diária de nitrogênio na urina (N urina), retenção diária de nitrogênio (N retido), utilização da proteína (Util. prot.) e valor biológico da proteína (V.B. prot.). Experimento III.

C.V.	G.L.	N urina		N retido		Util prot.		V.B. prot.	
		QM	Signif.	QM	Signif.	QM	Signif.	QM	Signif.
Níveis zeolita natural	3	8,6637	0,00654	6,9032	0,04230	119,3568	0,00111	119,4060	0,00525
Blocos	5	7,4287	0,00580	109,3403	0,00000	47,4935	0,02369	51,5247	0,05812
Resíduo	15	1,4307		1,9782		13,0795		18,6602	
Linear	1	19,3526	0,00224	6,1800	0,09748	216,6010	0,00101	226,2114	0,00335
Quadrática	1	6,6351	0,04796	12,7522	0,02269	139,0390	0,00527	126,2219	0,02007
Cúbica	1	0,0034	*****	1,7773	*****	2,4302	*****	5,7848	*****
Coefic. variação (%)		13,055		7,692		5,827		6,545	

QUADRO 3D. Resumo da análise de variância dos dados referentes aos coeficientes de digestibilidade de cálcio (Ca) e fósforo (P). Experimento III.

C.V.	G.L.	Ca		P	
		QM	Signif.	QM	Signif.
N. zeolita natural	3	33,5377	0,28083	19,1301	*****
Blocos	5	7,6637	*****	5,6032	*****
Resíduo	15	23,9137		24,5901	
Coef. variação (%)		6,520		6,805	

QUADRO 3E. Resumo da análise de variância dos dados referentes à fosfatase alcalina, transaminase pirúvica e triglicerídeos. Experimento III.

C.V.	G.L.	Fosfatase alcalina		Transaminase pirúvica		Triglicerídeos	
		QM	Signif.	QM	Signif.	QM	Signif.
N. zeolita natural	3	269,5208	0,12491	4,3289	*****	789,3543	0,08865
Blocos	5	419,1292	0,02714	9,2213	0,16111	1138,664	0,02039
Resíduo	15	119,9696		4,9519		300,8197	
Coef. variação (%)		19,930		11,744		24,747	