

Digestibilidade de nutrientes e balanço de Ca e P em suínos recebendo dietas com ácido butírico, fitase e diferentes níveis de cálcio

Nutrient digestibility and Ca and P balance in pigs receiving butyric acid, phytase and different calcium levels

Taiane Golfetto Machinsky¹ Alexandre de Mello Kessler¹ Andréa Machado Leal Ribeiro¹
Mariana de Lemos Moraes^{1*} Isabel Cristina Mello da Silva¹ Maria Esperanza Mayorga Cortés¹

RESUMO

Estudou-se o uso do ácido butírico (AB) e da fitase em dietas de suínos na fase de crescimento, variando no nível de cálcio. O experimento foi subdividido no tempo em dois períodos de 17 dias, sendo três de adaptação e 14 de mensurações. Em cada período, foram utilizados 16 suínos machos castrados, com peso de 24,6±0,7kg no primeiro e 43,2±1,77kg no segundo período. As dietas diferiam no nível de cálcio (0,5 ou 0,72%), de AB (0 ou 0,3% de butirato de sódio 84%) e de fitase (0 ou 500 FTU kg⁻¹, fitase de origem bacteriana derivada de *Escherichia coli*). O delineamento foi em blocos casualizados (períodos), em decomposição fatorial 2x2x2, com quatro repetições. Foram avaliadas a digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia bruta e o balanço de Ca e P. O AB melhorou a digestibilidade da proteína bruta, mas, de forma individual ou em combinação com a fitase, não aumentou a retenção de minerais. A fitase aumentou a retenção de P, reduzindo sua excreção fecal e urinária. O menor nível de Ca na dieta proporcionou maior retenção de Ca e menor retenção de P, em decorrência do aumento da excreção de P na urina (P<0,0001). Apesar de ter melhorado a digestibilidade protéica, o AB não aumentou a retenção de minerais, nem teve efeito aditivo ao uso de fitase, enquanto que a fitase apresentou efeito positivo para retenção de P.

Palavras-chave: acidificação, cálcio, enzimas, fósforo.

ABSTRACT

It was studied the use of butyric acid (BA) and phytase in growing pigs diets, varying calcium level. The experiment was divided into two periods of time, of 17 days, with 3 days of adaptation and 14 of measurements. In each period, it was used 16 barrows weighing 24.6±0.7kg in the first and 43.2±1.77kg in the second. Diets were different in calcium level (0.5 or 0.72%), AB (0 or 0.3% sodium butyrate 84%)

and phytase (0 or 500FTU kg⁻¹ phytase of bacterial origin derived from *Escherichia coli*). The experimental design was in randomized blocks (periods), decomposed in 2x2x2 factorial, with four replications. It was evaluated the apparent digestibility of nutrients, gross energy and balance of Ca and P. AB improved crude protein digestibility, but individually or in combination with phytase did not increase minerals retention. Phytase increased P retention by reducing urinary and fecal excretion. The lowest diet calcium level provided higher Ca retention and lower P retention as a result of increased P excretion in urine (P<0.0001). Despite improving protein digestibility, AB did not increase mineral retention and didn't have an additive effect with the use of phytase, while phytase had positive effect on retention of P.

Key words: acidification, calcium, enzymes, phosphorus.

INTRODUÇÃO

Um dos problemas na alimentação de suínos está relacionado com a digestibilidade de cálcio e fósforo, uma vez que, nos principais ingredientes da dieta, esses minerais encontram-se complexados com o ácido fítico (SELLE et al., 2006). Por esse motivo, as rações para suínos comumente contêm uma fonte inorgânica de minerais. Entretanto, a solubilidade dessa fonte é comprometida em pH tendendo ao básico, encontrado no intestino delgado, o que dificulta sua absorção (BRONNER, 1998).

Para diminuir a inclusão de minerais inorgânicos nas dietas, algumas estratégias nutricionais têm sido estudadas, como a utilização de

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: marimoraes@brturbo.com.br. *Autor para correspondência.

fitase exógena e de ácidos orgânicos. Os resultados de pesquisas com fitase são positivos, levando os nutricionistas a reduzirem ou eliminarem fontes de cálcio e fósforo inorgânicas nas rações de suínos (MOREIRA et al., 2004). Por sua vez, a adição de ácidos objetiva reduzir o efeito alcalinizante da dieta no estômago, tornando mais efetiva a barreira gástrica que impede/ou dificulta a entrada de microorganismos patogênicos no intestino delgado (TSILOYIANNIS et al., 2001). Tem-se observado que o uso de ácidos orgânicos melhora o desempenho animal e aumenta a digestibilidade ileal de aminoácidos e minerais e o aproveitamento da energia (PARTANEN & MROZ, 1999). Em experimentação *in vitro*, a utilização de ácidos orgânicos em tecidos da mucosa do cólon de ratos aumentou a absorção de cálcio através do mecanismo de transporte paracelular intestinal (MINEO et al., 2001).

Dentre os ácidos orgânicos existentes, o butírico se destaca por apresentar propriedades multifuncionais. Ele é a fonte energética preferencial para as células intestinais e assim estimula o crescimento e integridade da mucosa. Em comparação aos outros ácidos, tais como propiônico, acético ou láctico, o butírico é o que tem maior capacidade de se manter na forma não dissociada e, dessa maneira, favorece os microrganismos benéficos enquanto controla os patogênicos (KESSLER, 2005).

Supõe-se que os ácidos orgânicos possam acidificar o lúmen intestinal, aumentando a solubilização das fontes minerais e produzir um efeito aditivo na fitase de origem bacteriana (*Escherichia coli*), já que essa enzima é ativa em pH ácido. No entanto, os efeitos sinérgicos entre fitase e ácidos orgânicos se mostram controversos e pouco evidentes (PARTANEN & MROZ, 1999). Por outro lado, a acidificação do meio luminal pode ser anulada ou diminuída pelo nível de cálcio da dieta, em função de seu comprovado efeito alcalinizante (VIEIRA et al., 2008). LIM et al. (2003), trabalhando com poedeiras, observaram que o efeito da suplementação de fitase pode ser modificado pelo nível de Ca na dieta. Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito aditivo do ácido butírico e da enzima fitase na digestibilidade de nutrientes, com ênfase no balanço de cálcio e fósforo em suínos na fase crescimento, utilizando dietas variáveis quanto ao nível de cálcio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi subdividido no tempo, em dois períodos de 17 dias (três de adaptação e 14 de mensurações). Em cada um, foram utilizados 16 suínos

machos castrados, com peso médio de 24,6±0,7kg no primeiro e de 43,2±1,77kg no segundo período. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas individuais, com comedouro, bebedouro tipo chupeta e bandejas para coleta total de fezes e urina. Água e ração foram fornecidas à vontade.

As dietas foram formuladas com níveis nutricionais recomendados pelas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2005), diferindo apenas no nível de cálcio (0,5 ou 0,72%), na inclusão de ácido butírico (0 ou 0,3% de butirato de sódio 84%, equivalente a 0,2% de ácido butírico) e na inclusão de fitase de origem microbiana derivada de *Escherichia coli* (0 ou 500FTU kg⁻¹). Com a adição de fitase à dieta, a concentração do fosfato monobásico foi reduzida em 0,13%, de acordo com a recomendação do fabricante. Os níveis de Ca foram obtidos pela inclusão de calcário calcítico em substituição à areia fina, enquanto o ácido butírico e fitase foram incluídos em substituição ao amido de milho (Tabela 1).

Foi utilizado o método de coleta total de fezes e urina. O início e o final do período de coleta foram determinados pelo aparecimento de fezes marcadas, ocorrido pela adição de 0,5% de Fe₂O₃ nas dietas. A urina foi coletada diariamente e amostras foram congeladas (-10°C) até a análise laboratorial.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em decomposição fatorial 2x2x2 (dois níveis de Ca, com ou sem ácido butírico, com ou sem fitase) e quatro repetições. Cada animal constituiu uma unidade experimental. Os blocos foram formados pelos dois períodos de 17 dias, nos quais os 16 animais foram distribuídos aleatoriamente nos tratamentos.

As análises de matéria seca, energia bruta das rações e fezes, nitrogênio das fezes, ração e urina foram realizadas de acordo com a AOAC (1993). O conteúdo de Ca na ração, fezes e urina foi analisado por espectrofotometria de absorção atômica e o conteúdo de fósforo (P) por colorimetria (TEDESCO et al., 1995). Foi avaliado o balanço de Ca e P, seus coeficientes de retenção e a quantidade de Ca e P excretada pela urina em relação ao ingerido. Determinou-se a digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta, da energia bruta, a metabolizabilidade da energia bruta e a retenção de nitrogênio.

Os dados foram submetidos à análise de variância através do programa computacional Statgraphics plus 4.1 (MANUGISTICS, 1999), considerando o fator período, como bloco. As médias dos fatores principais e das interações foram comparadas pelo teste de Tukey.

Tabela 1 - Composição percentual dos tratamentos experimentais

Ingredientes	-----0,5% Ca-----				-----0,72% Ca-----			
	CN ⁵	F ⁶	AB ⁷	F+AB ⁸	CN	F	AB	F+AB
Milho	69,76	69,76	69,76	69,76	69,76	69,76	69,76	69,76
Farelo de soja	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89
Calcário	0,34	0,73	0,34	0,73	0,95	1,34	0,95	1,34
Fosfato monobásico	1,42	0,72	1,42	0,72	1,42	0,72	1,42	0,72
Sal comum	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Premix mineral ¹	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Premix vitamínico ²	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
L-Lisina HCl	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Cl-Colina 60%	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Na-butilato 84% ³	-	-	0,27	0,27	-	-	0,27	0,27
Fitase 2500 FTU g ⁻¹ ⁴	-	0,02	-	0,02	-	0,02	-	0,02
Amido	0,29	0,27	0,02	-	0,29	0,27	0,02	-
Areia fina	0,61	0,92	0,61	0,92	-	0,31	-	0,31
-----Composição Nutricional Calculada-----								
Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹)	3160	3160	3160	3160	3160	3160	3160	3160
Proteína bruta (%)	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40
Cálcio (%)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,72	0,72	0,72	0,72
Fósforo total (%)	0,62	0,48	0,62	0,48	0,62	0,48	0,62	0,48
Fósforo disponível (%)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Sódio (%)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloro (%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Potássio (%)	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Lisina dig. (%)	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Met.+cist. dig. (%)	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Metionina (%)	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Treonina dig. (%)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Triptofano dig. (%)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Colina (mg kg ⁻¹)	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Arginina dig. (%)	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19

¹Adição por kg de dieta: Selênio 0,3mg; Iodo 0,4mg; Ferro 60mg; Cobre 10mg; Zinco 100mg; Manganês 40mg. ²Adição por kg de dieta: Vit. A 5000UI; Vit. D₃ 1000UI; Vit. E 20mg; Vit. K₃ 2mg; Vit. B₁ 1,2mg; Vit. B₂ 4,2mg; Vit. B₆ 1,1mg; Vit. B₁₂ 0,015mg; Biotina 0,05mg; Ácido pantotênico 14mg; Niacina 23mg; Ácido fólico 0,6mg. ³Fornecer 0,20% de ácido butírico à dieta. ⁴Fornecer 500FTU de fitase/kg de dieta. ⁵CN: Controle negativo, sem fitase e sem AB. ⁶F: adição de fitase. ⁷AB: adição de ácido butírico. ⁸F+ AB: Adição de fitase e ácido butírico simultaneamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre os fatores estudados para digestibilidade aparente da matéria seca, energia bruta e metabolizabilidade da energia bruta, assim como também nenhum dos fatores mostrou-se significativo (Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por RADCLIFFE et al. (1998). Ao contrário, JOHNSTON et al. (2004) observaram aumento na digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos, da matéria seca, do Ca e P e da energia bruta com o uso de fitase. Poucos trabalhos foram realizados com ácido butírico, dificultando a comparação e a análise dos resultados do presente

trabalho. Os animais que consumiram maiores níveis de Ca apresentaram maior digestibilidade de cinzas ($P < 0,005$) (Tabela 2). O fato de haver a substituição do calcário pela areia fina nas dietas de baixo Ca pode explicar a maior parte do efeito observado.

Houve efeito do ácido butírico ($P < 0,06$) sobre a digestibilidade aparente da proteína bruta (DAPB), que aumentou. No entanto, a retenção de nitrogênio e a porcentagem de nitrogênio excretado na urina não foram diferentes estatisticamente, embora numericamente sejam coerentes com a resposta de digestibilidade (Tabela 2). De acordo com KORNEGAY et al. (1994), a melhora na DAPB pode ser explicada pela capacidade de os ácidos orgânicos reduzirem o

Tabela 2 - Efeito dos níveis de cálcio (Ca), ácido butírico (AB) e fitase (F) sobre a digestibilidade dos nutrientes e da energia em suínos na fase de crescimento

Variáveis		DAMS (%) ¹	DAEB (%) ²	MAEB (%) ³	DACZ (%) ⁴	DAPB (%) ⁵	RN (%) ⁶	N ⁷ excretado urina (%)
-----Efeito Principal-----								
Ca	Alto	86,3	84,8	83,0	59,3	82,5	37,3	26,2
	Baixo	85,5	85,1	83,3	52,4	82,4	38,9	26,9
AB	Com	86,3	85,5	83,7	57,1	83,6	39,9	25,8
	Sem	85,5	84,4	82,6	54,6	81,4	36,3	27,3
F	Com	85,8	84,9	82,9	55,3	82,2	35,1	27,9
	Sem	86,0	84,9	83,3	56,5	82,8	41,1	25,1
-----Probabilidade (P<F)-----								
Ca		0,234	0,706	0,760	0,002	0,938	0,695	0,856
AB		0,256	0,133	0,117	0,218	0,054	0,368	0,688
F		0,721	0,857	0,668	0,549	0,621	0,148	0,451
Ca*AB		0,715	0,992	0,775	0,702	0,315	0,983	0,508
Ca*F		0,726	0,614	0,558	0,596	0,663	0,293	0,731
AB*F		0,418	0,757	0,818	0,058	0,766	0,660	0,769
Ca*AB*F		0,203	0,089	0,095	0,390	0,127	0,740	0,898
CV (%)		2,29	2,34	2,50	9,76	3,83	30,01	39,73

¹DMS: digestibilidade aparente da matéria seca. ²DEB: digestibilidade aparente da energia bruta. ³MEB: metabolizabilidade aparente da energia bruta. ⁴DCZ: digestibilidade aparente das cinzas. ⁵DPB: digestibilidade aparente da proteína bruta. ⁶RN: retenção de nitrogênio. ⁷N: Nitrogênio

pH gástrico. Em meio ácido, as enzimas proteolíticas estão mais ativas e há uma diminuição na taxa de esvaziamento, existindo mais tempo para a digestão protéica no estômago.

Os resultados de balanço de Ca e P não apresentaram interação significativa entre os fatores, mas houve diferença para nível de Ca e fitase. Já o uso de ácido butírico não influenciou as respostas Ca consumido (CaC), coeficiente de retenção de Ca e (CRetCa), Ca excretado nas fezes e urina em porcentagem do ingerido (Tabela 3). Os níveis de Ca na dieta influenciaram a CaC ($P < 0,0001$), o que já era esperado em função da natureza dos tratamentos e o CRetCa foi maior nas dietas com menos Ca ($P < 0,05$). Segundo BENSON et al. (1969), o aumento na retenção de Ca, em dietas com baixo Ca, pode ser interpretado como um mecanismo adaptativo, refletindo a habilidade do animal em reter o mineral em proporção inversa ao que foi ingerido. AUCHÉRE et al. (1998) concluíram que, quando os níveis de Ca do alimento são baixos, o transporte transcelular torna-se primordial, aumentando a fração de Ca absorvido, de maneira que a restrição estimula as bombas e proteínas transportadoras de Ca. O uso de fitase não influenciou o metabolismo do cálcio, não tendo havido diferenças no CRetCa, nem na excreção do mineral tanto pelas fezes (CaFz), como pela urina (CaU).

Estudos mostrando que a perda de Ca aumenta com o incremento de Ca na dieta sugerem que

o fenômeno pode ser devido à redução da taxa de reabsorção do cálcio endógeno secretado e não devido apenas a um aumento na taxa de excreção *per se* (AUCHÉRE et al., 1998; BENSON et al., 1969). Nesse particular, o conceito de digestibilidade do cálcio (DCA) é confuso, uma vez que grandes e variadas quantidades de cálcio são absorvidas e, em sequência, excretadas nas fezes. GEORGIEWSKII (1979) estimou que num suíno de 35kg de peso vivo, em torno de 38% do Ca ingerido foi absorvido; deste, 30% voltou ao lúmen intestinal e foi excretado nas fezes, constituindo-se numa confusão clássica no conceito de digestibilidade.

Para balanço de P (Tabela 3), verificou-se que uma diminuição na ingestão de Ca reduziu o coeficiente de retenção de P (CRetP) pelos suínos ($P < 0,06$), demonstrando indiretamente o aumento na mobilização óssea quando há desbalanço entre Ca e P. A maior excreção urinária de P observada (PU) ($P < 0,001$) é consequência desse fenômeno. A ação hormonal do organismo responde aos baixos níveis de Ca através da secreção do hormônio PTH, que favorece os mecanismos de reabsorção de Ca nos túbulos renais e desfavorece a reabsorção de P, que é, então, eliminado na urina (GONZÁLES & SILVA, 2006). Por outro lado, o alto nível de Ca na dieta proporcionou maior perda de P pelas fezes (PFz) ($P < 0,069$), talvez pela formação de fosfatos insolúveis no intestino delgado (BERTECHINI, 2006). A presença de fitase influenciou

Tabela 3 - Efeito dos níveis de cálcio (Ca), ácido butírico (AB) e fitase (F) sobre o balanço de cálcio e fósforo em suínos na fase crescimento

Variáveis		CaC (g) ¹	CRetCa (%) ²	CaFz (%) ³	CaU (%) ⁴	PC (g) ⁵	CRetP (%) ⁶	PFz (%) ⁷	PU (%) ⁸
-----Efeitos Principais-----									
Ca	Alto	176,3	49,7	46,6	3,7	135,3	46,9	48,2	4,9
	Baixo	127,8	59,6	37,7	2,9	140,7	42,8	44,5	12,7
AB	Com	152,3	54,5	42,2	3,4	138,3	45,3	45,9	8,7
	Sem	151,7	54,8	42,1	3,1	137,8	44,5	46,7	8,9
F	Com	148,7	56,0	40,7	3,3	117,9	49,4	43,2	7,4
	Sem	155,4	53,3	43,6	3,1	158,1	40,3	49,5	10,2
-----Probabilidade (P<F)-----									
Ca		<0,0001	0,007	0,013	0,047	0,204	0,061	0,069	<0,001
AB		0,898	0,924	0,993	0,557	0,902	0,651	0,690	0,823
F		0,177	0,425	0,382	0,719	<0,000	0,000	0,004	0,002
Ca*AB		0,744	0,673	0,703	0,727	0,602	0,613	0,613	0,917
Ca*F		0,145	0,807	0,955	0,203	0,261	0,224	0,104	0,410
AB*F		0,699	0,129	0,118	0,995	0,894	0,100	0,085	0,897
Ca*AB*F		0,099	0,589	0,481	0,320	0,084	0,853	0,940	0,757
CV %		8,92	11,86	16,81	38,29	5,67	9,17	8,62	26,96

¹CaC: Cálcio consumido. ²CRetCa: Coeficiente de retenção de cálcio. ³CaFz: Cálcio excretado nas fezes em % do ingerido. ⁴CaU: Cálcio excretado na urina em % do ingerido. ⁵PC: Fósforo consumido. ⁶CRetP: Coeficiente de retenção do fósforo. ⁷PFz: Fósforo excretado nas fezes em % do ingerido. ⁸PU: Fósforo excretado na urina em % do ingerido.

o fósforo consumido (PC) em função da natureza dos tratamentos, pois o fósforo total nas rações sem e com a enzima foi de 0,62% e 0,48%, respectivamente (Tabela 3). A enzima também exerceu efeito sobre o CretP, aumentando-o significativamente ($P < 0,0001$). Esse fato se deu em função da redução tanto do PFz ($P < 0,004$), como do PU ($P < 0,002$). Porém, essa resposta confundeu-se com a formulação da dieta, visto que, quando adicionada fitase, houve redução na quantidade de fósforo total e dessa forma, menores níveis foram eliminados.

CONCLUSÃO

Não houve efeito aditivo no uso de ácido butírico e fitase quanto à digestibilidade de nutrientes e balanço de Ca e P em suínos na fase de crescimento. A adição da fitase na ração melhorou a retenção de P, reduzindo a excreção fecal e urinária, enquanto a adição de ácido butírico melhorou a digestibilidade da proteína bruta da dieta.

Os níveis de Ca na dieta não influenciaram a ação da fitase e do ácido butírico. O menor nível de Ca melhorou a retenção de cálcio e fósforo e diminuiu a quantidade desses minerais nas fezes, ação essa que, sob o ponto de vista ambiental, é extremamente recomendável. No entanto, para se adotar esse nível, medidas de resistência óssea devem ser avaliadas.

REFERÊNCIAS

- AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS). **Official Methods of Analysis**. 16.ed. Washington: AOAC, 1995. 1025p.
- AUCHÈRE, D. et al. Role of transcellular pathway in ileal Ca^{2+} absorption: Stimulation by low Ca^{2+} diet. **American Journal of Physiology – Gastrointestinal and Liver Physiology**, Bethesda, v.275, n.5, p.G951-G956, 1998. Disponível em: <<http://ajpgi.physiology.org/cgi/reprint/275/5/G951.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2010.
- BENSON, J.D. et al. Effects of previous calcium intakes on adaptation to low and high calcium diets in rats. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.97, n.1, p.53-60, 1969. Disponível em: <<http://jn.nutrition.org/cgi/reprint/97/1/53?maxtoshow=&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=BENSON&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Acesso em: 28 ago. 2010.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. 301p.
- BLANK, R. et al. Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibility in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.77, n.11, p.2974-2984, 1999. Disponível em: <<http://jas.fass.org/cgi/reprint/77/11/2974.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2010.
- GEORGIEVSKII, V.I. **Mineral nutrition of animals – Studies in the agricultural and food sciences**. Moscow: Kolos, 1979. 14p.
- GONZÁLES, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 360p.

- HURWITZ, S. et al. Calcium metabolism and requirements of chickens are affected by growth. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.125, n.10, p.2679-2686, 1995. Disponível em: <<http://jn.nutrition.org/cgi/reprint/125/10/2679?maxtoshow=&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=HURWITZ%2C&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Acesso em: 28 ago. 2010.
- JOHNSTON, S.L. et al. Effect of phytase addition and dietary calcium and phosphorus levels on plasma metabolites and ileal and total-tract nutrient digestibility in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, n.3, p.705-714, 2004. Disponível em: <<http://jas.fass.org/cgi/content/full/82/3/705>>. Acesso em: 28 ago. 2010.
- JONGBLOED, A.W. et al. The effects of microbial phytase, organic acids, and their interaction in diets for growing pigs. **Livestock Production Science**, New York, v.67, n.1, p.113-122, 2000. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6T9B-41SKB1K-C-6&_cdi=5110&_user=687304&_pii=S030162260001792&_origin=search&_coverDate=12%2F31%2F2000&_sk=999329998&view=c&wchp=dGLzVtzzSkWb&md5=65e0afd12d065356133957657e453b1a&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2010.
- JONGBLOED, A.W. Phosphorus in the feeding of pigs. Effect of diet on the absorption of phosphorus by growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.65, n. 56, p.1179-1186, 1987.
- KESSLER, A.M. Butirato de sódio – Aspectos fisiológicos de uma molécula multifuncional na nutrição animal. **Pork World**, São Paulo, v.5, n.29, p.32-36, 2005. Disponível em: <<http://www.ingentaconnect.com/content/els/03778401/1998/00000073/00000001/art00124>>. Acesso em: 28 ago. 2010. doi: 10.1016/S0377-8401(98)00124-2.
- KORNEGAY, E.T. et al. Effects of diet and protein level or source of calcium on the performance, gastrointestinal content measurements, bone measurements and carcass composition of gilts and barrow weaning pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, p.2670-2680, 1994.
- LIM, H.S. et al. Effects of phytase supplementation on the performance, egg quality, and phosphorous excretion of laying hens fed different levels of dietary calcium and nonphytate phosphorous. **Poultry Science**, Champaign, v.82, p.92-99, 2003. Disponível em: <<http://ps.fass.org/cgi/reprint/82/1/92?maxtoshow=&hits=10&RESULTFORMAT=&author1=lim&fulltext=Effects+of+Phytase+Supplementation+on+the+Performance%2CEgg+Quality%2C+and+Phosphor&searchid=1&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&resourcetype=HWCIT>>. Acesso em: 28 ago. 2010.
- MANUGISTICS. **Statgraphics Plus for Windows**. (version 4.1). Rockville: Maryland, 1997. CD-ROM.
- MINEO, H. et al. Short-chain fatty acids enhance diffusional Ca transport in the epithelium of the cecum and colon. **Life Sciences**, New York, v.69, n.5, p. 517-526, 2001. Disponível em: <<http://www.ingentaconnect.com/content/els/00243205/2001/00000069/00000005/art01146>>. Acesso em: 28 ago. 2010. doi: 10.1016/S0024-3205(01)01146-8.
- MROZ, Z. Acidifiers, phytases and their interactions in feeding of pigs and poultry. In: TECHNICAL MEETING ON ADDITIVES AND NEW FEED TECHNOLOGIES, EFFECTS OF THEIR INTERACTIONS AND SPECIFICATIONS OF USE, 2002, Madrid, Espana. **Proceedings...** Madrid: [s.n.], 2002. p.1-51.
- MROZ, Z. et al. The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.78, n.10, p.2622-2632, 2000. Disponível em: <<http://jas.fass.org/cgi/reprint/78/10/2622>>. Acesso em: 28 ago. 2010.
- OMOGBENIGUN, F.O. et al. The effect of supplementing microbial phytase and organic acids to a corn-soybean based diet fed to early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, n.7, p.1806-1813, 2003. Disponível em: <<http://www.animal-science.org/cgi/content/full/81/7/1806>>. Acesso em: 28 ago. 2010.
- PARTANEN, K.H.; MROZ, Z. Organic acids for performance enhancement in pigs diets. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v.12, n.1, p.117-145, 1999. Disponível em: <<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=547616>>. Acesso em: 28 ago. 2010. doi: 10.1079/095442299108728884.
- RADCLIFFE, J.S. et al. The effects of microbial phytase, citric acid, and their interaction in a corn-soybean meal-based diet for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.76, n.7, p.1880-1886, 1998. Disponível em: <<http://www.animal-science.org/cgi/reprint/76/7/1880>>. Acesso em: 28 ago. 2010.
- RASCHKA, L.; DANIEL, H. Mechanisms underlying the effects of inulin-type fructans on calcium absorption in the large intestine of rats. **Bone**, New York, v.37, n.8, p. 728-735, 2005.
- ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.
- TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5).
- TSILOYIANNIS, V.K. et al. The effect of organic acids on the control of porcine post-weaning diarrhea. **Research in Veterinary Science**, Saskatoon, v.70, n.7, p. 287-293, 2001. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6WWR-45V80RX-K-1&_cdi=7137&_user=687304&_pii=S00345288090476X&_origin=search&_zone=rslt_list_item&_coverDate=06%2F30%2F2001&_sk=999299996&wchp=dGLzVzz-zSkz&md5=2a00d25087663e28f66ce9ea049567ab&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2010. doi: 10.1053/rvsc.2001.0476.
- VALENCIA, Z.; CHAVEZ, E.R. Phytase and acetic acid supplementation in the diet of early weaned piglets: effect on performance and apparent nutrient digestibility. **Nutrition Research**, New York, v.22, n.5, p.623-632, 2002. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6TB1-45SR5B2-8-2&_cdi=5129&_user=687304&_pii=S0271531702003718&_origin=search&_coverDate=05%2F31%2F2002&_sk=999779994&view=c&wchp=dGLzVzb-zSkz&md5=271790a7ef12932f32de2ab2ee192d68&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2010.
- VIEIRA, M.M. et al. Ácidos graxos de cadeia curta e fitase em dietas de frangos de corte com diferentes níveis de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008. CR-ROM.