

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**NÍVEIS DE CÁLCIO E DIFERENTES ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA
NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE**

MAITÊ DE MORAES VIEIRA
Médica Veterinária/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de
Mestre em Zootecnia
Área de Concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil
Novembro de 2006

NÍVEIS DE CÁLCIO E DIFERENTES ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE¹

Autora: Maitê de Moraes Vieira

Orientador: Prof. Alexandre de Mello Kessler

RESUMO

O uso de ácidos graxos de cadeia curta na alimentação de frangos de corte como alternativa aos antibióticos promotores de crescimento pode proporcionar diversos efeitos no trato digestório, entre os quais afetar a digestibilidade dos minerais. Neste trabalho foram testadas inclusões de ácidos graxos de cadeia curta em dietas com níveis crescentes de cálcio objetivando avaliar a retenção aparente de cálcio, fósforo e cobre além do desempenho das aves. Foram utilizados 96 frangos de corte, machos, de linhagem Cobb, dos 21 aos 31 dias de idade. Utilizou-se um esquema fatorial 5X4 (5 – sem ácido orgânico; ácido fórmico, ácido acético, ácido propiônico e ácido butírico) X (4 – níveis de cálcio: 0,40; 0,58; 0,79 e 0,97%) em um delineamento completamente casualizado. As variáveis analisadas foram consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, metabolizabilidade da matéria seca, matéria orgânica e cinzas, balanço de cálcio, fósforo e cobre, metabolizabilidade da proteína, energia metabolizável, peso da tíbia e cinzas dos ossos. Não foi possível detectar o efeito dos ácidos graxos de cadeia curta em nenhuma das variáveis analisadas. No entanto, houve diferenças significativas entre os níveis de cálcio das dietas em relação à metabolizabilidade da matéria seca e da matéria orgânica e da porcentagem e conteúdo de cinzas dos ossos, peso da tíbia, balanço de cálcio e fósforo. Os resultados encontrados permitem concluir que o nível de cálcio da dieta interfere de forma quadrática na retenção aparente do cálcio e do fósforo e afeta linearmente a metabolizabilidade da matéria seca e da matéria orgânica e o conteúdo em cinzas dos ossos das aves indicando um nível ótimo na dieta de 1% de cálcio. Os ácidos orgânicos utilizados não apresentam efeitos detectáveis sobre o metabolismo do cálcio.

¹ Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, (61p.). Novembro de 2006.

CALCIUM LEVELS AND DIFFERENT SHORT CHAIN FATTY ACIDS IN DIET OF BROILER CHICKENS:²

Author: Maitê de Moraes Vieira

Adviser: Prof. Alexandre de Mello Kessler

ABSTRACT

The use of short chain organic acids in broiler feeding as a alternative to growth promoting antibiotics can trigger several digestive effects, as affect the efficiency of mineral digestibility. In this study were tested additions of short chain fatty acids (SCFA) in diets with increasing levels of calcium, by measuring apparent calcium, phosphorus and copper retention, as well as animal performance and bone ash. 96 Cobb male broilers from 21 to 31 days of age were used. Experimental diets were assigned in a 5X4 factorial arrange (5- without acids, formic acid, acetic acid, propionic acid and butiric acid; 4 – calcium levels of 0.40, 0.59, 0.78 and 0.97%) in a completely randomized design. The responses evaluated were feed intake, weight gain, feed conversion, dry matter, organic matter, protein and energy metabolizability, tibia weight and ash, calcium phosphorus and copper balance. The addition of SCFA had no effect on all studied responses. Conversely, increasing calcium levels affected positively dry and organic matter metabolizability, tibia weight and ash, and calcium and phosphorus balance. This effect was quadratic for calcium and phosphorus balance and linear for dry and organic matter metabolizability and percent tibia ash, indicating an optimum dietary level around 1% of calcium. By the study of the present responses, SCFA have no detectable effects on calcium metabolism.

² Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, (61p.). November, 2006.

SUMÁRIO

	Página
CAPITULO I.....	1
1. Introdução.....	2
2. Revisão Bibliográfica.....	3
2.1. Aspectos do Metabolismo de Cálcio	3
2.1.1. Absorção Intestinal de Cálcio.....	5
2.1.2. Fatores que Influenciam a Absorção de Cálcio.....	7
2.1.3. Exigências Nutricionais de Cálcio para Aves.....	9
2.2. Importância dos Ácidos Graxos de Cadeia Curta.....	11
2.2.1. Absorção Intestinal de Ácidos Graxos de Cadeia Curta...	13
2.2.2 O Uso de Ácidos Graxos de Cadeia Curta em Nutrição	15
Animal.....	
3. Hipóteses e Objetivos.....	17
CAPITULO II.....	18
Níveis de Cálcio e Diferentes Ácidos Graxos de Cadeia Curta na Dieta de Frangos de Corte	
Resumo.....	19
Abstract.....	20
Introdução.....	21
Materiais e Métodos.....	23
Resultados e Discussão.....	26
Conclusão.....	35
Literatura Citada.....	36
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
APÊNDICES	47

LISTA DE ABREVIATURAS

AGCC	ácidos graxos de cadeia curta
AOAC	Association of Official Agricultural Chemists
Ca ²⁺	íon cálcio
<i>Calbindin</i>	proteína de ligação do cálcio
Cl	Cloro
Cu	Cobre
CV	coeficiente de variação
CZ	Cinzas
DHC	1,25 – dihidroxicolecalciferol
EB	energia bruta
EMA	Energia Metabolizável Aparente
EMAn	Energia Metabolizável Aparente corrigida para nitrogênio
F	Teste F
Fe	Ferro
H ⁺	íon hidrogênio
Meq	miliequivalentes
Mn	Manganês
MO	matéria orgânica
MS	matéria seca
Na	Sódio
NC	Níveis de cálcio
NRC	National Research Council
P	Probabilidade
p. ex.	por exemplo
pH	potencial de hidrogênio iônico
PTH	hormônio da paratireóide
R ²	coeficiente de regressão
TRPV5 / TRPV6	canais epiteliais de cálcio
Zn	Zinco

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1 Tratamentos experimentais: adição de ácidos graxos de cadeia curta e níveis de cálcio das dietas	24
2 Composição percentual da dieta basal.....	25
3 Efeito dos níveis de cálcio e adição de ácidos graxos de cadeia curta sobre o consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar de frangos de corte machos, dos 21 aos 31 dias de idade.....	28
4 Efeito dos níveis de cálcio e ácidos graxos de cadeia curta sobre a metabolizabilidade da matéria seca, metabolizabilidade da matéria orgânica e metabolizabilidade das cinzas de frangos de corte machos, dos 21 aos 31 dias de idade.....	29
5 Efeito dos níveis de cálcio e ácidos graxos de cadeia curta sobre balanço de proteína, metabolizabilidade da proteína e da energia, Energia Metabolizável Aparente (EMA) e Energia Metabolizável Aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) de frangos de corte machos, dos 21 aos 31 dias de idade.....	30
6 Efeito dos níveis de cálcio e ácidos graxos de cadeia curta sobre peso da tíbia, cinza do osso e porcentagem de cinza do osso seco de frangos de corte machos, dos 21 aos 31 dias de idade.....	31
7 Efeito dos níveis de cálcio e ácidos graxos de cadeia curta sobre o balanço de cálcio, balanço de fósforo e balanço de cobre de frangos de corte machos, dos 21 aos 31 dias de idade.....	33
8 Equações calculadas por análise de regressão e a respectiva exigência estimada de cálcio para frangos de corte machos de 21 a 31 dias de idade.....	35

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

O uso dos aditivos nas rações animais, como os ácidos graxos de cadeia curta, é bastante difundido em diversas espécies. Estes ácidos são aditivos alimentares e quando utilizados na dieta animal agem diminuindo o pH, atuando no ambiente luminal do intestino, com implicações no aproveitamento de nutrientes pelos animais e na microbiota intestinal.

O aproveitamento de cálcio em frangos de corte de dietas comerciais é relativamente baixo e um dos prováveis motivos é a indisponibilidade desse mineral devido às ligações com diversas substâncias nas dietas. A solubilidade, bem como a absorção do cálcio, são afetados pelas condições fisiológicas no intestino das aves. O aumento da disponibilidade dos minerais nas dietas para frangos de corte possibilitaria a diminuição da inclusão destes nas rações. O “espaço” disponibilizado (em torno de 2%) que os minerais ocupam em formulações de ração poderá ser preenchido com energia e/ou proteína, minimizando a poluição ambiental por excretas com excesso de mineral. O uso de ácidos graxos de cadeia curta nas dietas pode trazer um aumento na digestibilidade do cálcio, pela redução do pH luminal ou por efeitos indiretos em nível de mucosa intestinal.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos do Metabolismo do Cálcio

A biodisponibilidade pode ser definida como a quantidade dos minerais presentes na dieta que são absorvidos e utilizados para as funções orgânicas (Bertechini, 2004). O termo biodisponibilidade tenta incluir em um conceito simples o efeito de uma seqüência de eventos metabólicos: digestibilidade, solubilização, absorção, entrada nos órgãos e liberação, transformação enzimática, secreção e excreção. Com a possível exceção da digestibilidade e da solubilização dos minerais, cada um desses eventos é de difícil mensuração experimental e todos são dependentes da idade dos animais e estão sujeitos aos controles nutricionais e hormonais (Bronner, 1993).

As metodologias disponíveis para determinar a biodisponibilidade dos minerais são geralmente complexas (Bertechini, 2004). Diversos métodos têm sido utilizados para o estudo dos mecanismos de absorção celular de cálcio. Tradicionalmente, balanço metabólico, micropuntura e técnicas com traços radioativos são utilizados para estimar os fluxos epiteliais de cálcio em modelos animais e humanos. Mais recentemente, isolamento do epitélio e modelos estáveis de células são utilizados para medir o transporte de cálcio por radioisótopos e indicadores fluorescentes. Finalmente, com a biologia

molecular tornou-se possível a identificação e caracterização do transporte individual através das proteínas, sendo desenvolvidos modelos celulares em animais visando uma melhor explanação sobre o transporte de cálcio (Hoenderop, 2005). Em aves, a maioria dos estudos de biodisponibilidade é baseada em curvas de dose-resposta dos elementos nos tecidos e no desempenho animal (Bertechini, 2004).

O cálcio é essencial para todos os organismos, sendo encontrado em maior parte como componente estrutural, principalmente nos ossos (88%). Apesar de quase 90% do cálcio constituir o esqueleto, o restante tem diversas funções vitais, encontrando-se nos fluidos corporais na forma ionizada (Ca^{2+}) fisiologicamente ativa e na forma não ionizada, unido a proteínas, principalmente a albumina. O cálcio plasmático está envolvido em vários processos fisiológicos como na regulação da atividade de inúmeros sistemas enzimáticos, das funções neurais, da contração muscular e como segundo mensageiro (Leeson & Summers, 2001).

A manutenção da concentração extracelular de cálcio é de fundamental importância para muitas funções vitais do organismo. Em face da ampla variação de entrada e saída de cálcio, o organismo possui sistemas regulatórios para manter seus níveis plasmáticos em torno de 2,5 mM/L, sendo sua homeostase controlada hormonalmente (Hoenderop, 2005). Participam o hormônio da paratireóide (PTH), a calcitonina da tireóide e o 1,25 – dihidroxicolecalciferol (DHC) (produto do metabolismo da vitamina D) (González & Silva, 1999). Os níveis de cálcio no corpo são regulados principalmente pelo hormônio da paratireóide e pela calcitonina (Hoenderop,

2005). Quando baixam seus níveis de cálcio no plasma, há aumento na produção de hormônio paratireoideo estimulando a mobilização de cálcio dos ossos e aumentando a reabsorção renal (Leeson & Summers, 2001). De um modo geral, enquanto o PTH e DHC aumentam os níveis de cálcio sangüíneo, a calcitonina os reduz (González & Silva, 1999).

2.1.1 Absorção Intestinal de Cálcio

A absorção de cálcio ocorre principalmente no intestino delgado (Hoenderop *et al.*, 2005). Provavelmente, não mais do que 10% do total de cálcio absorvido ocorre no intestino grosso, seja o consumo de cálcio baixo ou alto (Bronner & Pansu, 1999). O cálcio é absorvido por dois mecanismos distintos incluindo o transporte paracelular e o transcelular (Hoenderop *et al.*, 2005). A coexistência de dois mecanismos de transporte (paracelular e transcelular) garante ao organismo um adequado suprimento de cálcio, prevenindo a absorção em excesso (Bronner, 2003).

O transporte paracelular ocorre entre as células do epitélio absorptivo chamadas de junções firmes, e é dependente do gradiente eletroquímico (Hoenderop *et al.*, 2005). Os componentes passivos de absorção de cálcio são proporcionais à quantidade solubilizada de cálcio (Bronner, 1993). De acordo com Lobaugh *et al.*, (1981) quando a fonte de cálcio é mais solúvel, o cálcio iônico no sangue é rapidamente elevado, inibindo o apetite das aves. A principal forma de absorção mineral é o mecanismo paracelular e os principais determinantes da absorção são a solubilidade mineral, a permeabilidade do epitélio intestinal e o tempo de passagem luminal (Bronner, 1998). Isso indica

que o cálcio mais solúvel será mais rapidamente absorvido pelo organismo.

Já a absorção transcelular de cálcio é intensa no duodeno e no jejuno proximal, ocorrendo pouco no jejuno distal e no íleo, devido à ausência de sistemas carreadores específicos dependentes de DHC e pH adequado nestes segmentos. Neste processo, a forma ativa da vitamina D (DHC) estimula as etapas do transporte de cálcio transcelular pelo aumento da expressão dos canais de cálcio luminal, da proteína de ligação do cálcio (*calbindin*) e do sistema de expulsão (Hoenderop *et al.*, 2005). Somente no duodeno e no cólon que o cálcio é absorvido por mecanismos de transporte dependentes de vitamina D (Karbach, 1994).

O transporte transcelular de cálcio é realizado em três etapas: primeiro ocorre a entrada de íons cálcio através dos canais epiteliais de cálcio (TRPV5 e TRPV6) para o interior da célula; na seqüência ocorre a ligação do cálcio com a *calbindin-D* para sua difusão pelo citoplasma até a membrana basolateral e, finalmente, na membrana basolateral o cálcio é expulso através da bomba de cálcio que é uma ATPase dependente de Ca^{2+} e também ocorre a expulsão do cálcio através da troca com Na^+ (Hoenderop *et al.*, 2005).

Portanto, a difusão intracelular é realizada por uma pequena molécula protéica, a *calbindin-D* (proteína de ligação do cálcio), que transporta mais de 90% do cálcio que atravessa a célula duodenal (Bronner, 2003). Por isso, suspeita-se que a difusão do íon cálcio através do citoplasma seja a etapa limitante no transporte transcelular de cálcio dependente de *calbindin-D* (Karbach, 1994; Bronner, 1998) e assim contribuindo para que a acumulação de cálcio no organismo seja um processo relativamente ineficiente (Bronner,

1999).

2.1.2 Fatores que Influenciam a Absorção de Cálcio

As mudanças na expressão dos canais de cálcio com a idade e com a dieta estão significativamente correlacionadas com o transporte duodenal de cálcio e com os níveis de *calbindin*-D. Em função disso, os canais apicais de cálcio, juntamente com a *calbindin* e a bomba de cálcio podem estar sendo modulados pela idade do animal, pelo cálcio da dieta e pelo DHC (Brown *et al.*, 2005). Segundo Hurwitz *et al.* (1995), há indicação de que com o aumento de cálcio na dieta ocorre a redução na produção duodenal da proteína de ligação e no transporte de cálcio, podendo isto estar relacionado com o esgotamento dos níveis de DHC que são necessários para sua absorção ativa.

A absorção do cálcio é influenciada pela quantidade de cálcio presente na alimentação, visto que, quando o consumo de cálcio é alto, sua absorção é baixa e vice-versa (Ganong, 2001). Quando os níveis de cálcio do alimento são baixos, o transporte transcelular de cálcio torna-se primordial; como o consumo de cálcio é baixo, o transporte transcelular de cálcio responsabiliza-se por uma substancial fração de cálcio absorvido. Quando o consumo de cálcio é alto, esse transporte assume uma porção menor de absorção devido ao menor tempo de permanência e porque o canal de membrana (TRVP6) e a *calbindin*-D, ambos limitantes, tornem-se reguladores (feedback negativo) (Bronner, 2003).

A quantidade de mineral absorvido pela via paracelular é determinada pela solubilidade mineral e a permeabilidade paracelular para o

íon. No caso do cálcio, a solubilidade é uma função da forma química dos sais de cálcio, do pH na região intestinal e do tempo de passagem intestinal (Bronner, 1998), pois há interferência desses fatores na luz intestinal, aumentando ou diminuindo a absorção de cálcio (Hoenderop *et al.*, 2005).

As principais fontes dietéticas de cálcio, o carbonato e os fosfatos mono e dibásicos de cálcio, são insolúveis em água (pH neutro), (Merck, 1989). Já os sais de cálcio dos AGCC (formato de cálcio, acetato de cálcio, propionato de cálcio e butirato de cálcio) são solúveis em água em pH neutro. O cálcio é solúvel em meio ácido e precipita em pH alcalino (Grüdtner *et al.*, 1997). Este mineral, para manter-se em suspensão no conteúdo intestinal, está fixo a ligandinas (grupo carboxil e grupos quelados em cofatores ou enzimas). A secreção gástrica (pH 1 a 2) é suficiente para liberar o mineral em troca de H^+ e ser absorvido. Contudo, em meio alcalino há o aumento da ligação cálcio-fosfato, formando fosfato de cálcio, que é insolúvel e eliminado pelas fezes (Grüdtner *et al.*, 1997). O excesso de cálcio na dieta pode favorecer a formação desse precipitado floculado de fosfato de cálcio no suco alcalino do duodeno, tornando-o inabsorvível e provocando deficiência desse mineral (Smith & Kabaja, 1985).

O excesso de cálcio na dieta também interfere na disponibilidade de outros minerais como fósforo, zinco e manganês (Schoulten *et al.*, 2003). A quantidade excessiva de alguns minerais pode ser tóxica ou agir como antagonista de outros minerais, tal como o magnésio que, em excesso, atua como antagonista de vários minerais inclusive o cálcio (Georgievskii, 1982). A absorção de cálcio é diminuída por substâncias que formam sais insolúveis

com cálcio (ex. fosfatos e oxalatos) ou por álcalis, ocorrendo formação de sabões de cálcio insolúveis (Ganong, 2001). Outro fator que interfere com a absorção de cálcio no organismo é a presença de ácido fítico que é encontrado no grão cereais e se combina com o cálcio, formando fitato de cálcio diminuindo sua absorção por redução da sua solubilidade.

2.1.3 Exigências Nutricionais de Cálcio para Aves

As necessidades de cálcio para frangos de corte representam em torno de 4g/kg de massa corporal livre de gordura para atender as funções vitais do organismo (Leeson & Summers, 2001). Rostagno et al. (2005) sugerem níveis de cálcio para frango de corte na ordem de 0,82% da dieta dos 22 aos 35 dias e 0,77% de 36 a 42 dias de idade. Para o atendimento de valores de exigências de cálcio na dieta estimados por regressão quadrática, Sá *et al.* (2004) verificaram os valores de 1,01% no período de 22 aos 42 dias de idade em função da porcentagem de cálcio no osso e da quantidade em gramas de cinzas no osso. Ao considerar a resistência à quebra óssea a exigência de cálcio nessa fase de crescimento sobe para 1,28%.

A exigência de cálcio na dieta de frangos de corte em crescimento, segundo NRC (1994) é de 0,9% (3 a 6 semanas) em 90% de matéria seca. No entanto, segundo Driver *et al.* (2005), o rápido crescimento do frango moderno não demonstra tão altas necessidades de cálcio durante a fase de crescimento (19 a 42 dias) quanto as sugeridas no NRC (1984 e 1994) para a mesma idade. Suas pesquisas sugerem que a suplementação de 0,9% de cálcio para a fase de crescimento pode ser excessivo para o ótimo ganho de peso e conversão

alimentar e conteúdo de cinzas na tíbia das aves. Entretanto, deve-se ter cautela na redução dos níveis de cálcio na dieta, pois, segundo Schoulten *et al.* (2002), níveis muito baixos de cálcio prejudicam a absorção de fósforo.

A absorção da maioria dos minerais é dificultada pela existência de uma barreira intestinal (condições físico-químicas, pH e viscosidade intestinal). Assim, os níveis dietéticos normalmente se apresentam muito além das necessidade reais, resultando na baixa taxa de aproveitamento mineral com conseqüente poluição ambiental pelo excesso de excreção (Bertechini, 2004). O cálcio em excesso é excretado na urina e nas fezes, aparecendo nas excretas das aves, induzindo a uma resposta de baixa digestibilidade aparente no balanço de minerais. Schoulten *et al.* (2002) verificaram redução linear na eficiência da absorção de Ca e Mn à medida que elevaram-se os níveis de cálcio da dieta.

A absorção de cálcio no organismo da aves é afetado de diversas formas e tem uma importância relevante em função da baixa eficiência de aproveitamento nas diferentes idades das aves. Segundo Bronner (1993) a demanda corporal do cálcio aumenta com a idade e depois diminui. Mesmo assim, a partir de estimativas de consumo e retenção de cálcio (compilação de dados de Leeson & Summers, 2001 e Kolling, 2001), pode-se verificar o baixo aproveitamento de cálcio em frangos de corte, desde a primeira semana de vida onde apenas 30% do cálcio dietético é retido, aos 21 dias ao redor de 24% e aos 42 dias menos de 20% de cálcio consumido é retido pelas aves.

Deve-se buscar alternativas para otimizar a digestão de cálcio pelo organismo das aves e dessa maneira reduzir seus níveis de inclusão na dieta.

A utilização de ácidos graxos de cadeia curta na dieta das aves seria uma alternativa pois eles possivelmente melhoram a retenção aparente do cálcio em função da redução do pH no intestino.

2.2 Importância dos Ácidos Graxos de Cadeia Curta

Nos sistemas de produção de aves existe a preocupação com o desenvolvimento de alimentos que favoreçam a integridade da mucosa intestinal e que exerçam efeito sobre a atividade microbiana luminal dos animais. Várias substâncias têm sido testadas em conjunto ou em substituição aos antibióticos, com efeitos favoráveis na mucosa e na microbiota intestinal (ácidos graxos de cadeia curta, probióticos e prébióticos, extratos vegetais).

Os ácidos graxos de cadeia curta existem como monômeros no lúmen intestinal e podem atravessar facilmente a mucosa em qualquer segmento do trato digestivo. Portanto a digestibilidade destes é considerada 100%. Em suínos, o decréscimo no pH do plasma e a absorção de cálcio são estimulados pelos ácidos graxos de cadeia curta (Vieira *et al.* 2005).

As evidências da influência nutricional dos ácidos graxos de cadeia curta em frangos estão associadas à produção insuficiente de ácido clorídrico pelo organismo para a acidificação das dietas de alta capacidade tamponante (alta proteína e minerais). Dessa forma, o mecanismo de ação básico do ácido graxos de cadeia curta estaria relacionado com a capacidade aniônica tamponante do ácido com cátions da dieta (Ca, Mg, Fe, Cu, Zn), aumentando a metabolizabilidade e retenção desses elementos (Bellaver & Scheuermann, 2004).

Os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), como o fórmico, acético, propiônico e butírico, têm grande potencial dentro deste contexto. O ácido fórmico é constituinte natural dos tecidos animais e do sangue, é importante no metabolismo, na transferência de substâncias com um carbono, que são geradas principalmente durante o metabolismo de aminoácidos. O ácido acético é um precursor de lipídios no organismo animal, sendo eventualmente oxidado na presença de glicose para produção de energia. O ácido propiônico é glicogênico. Já o ácido butírico é um precursor importante de corpos cetônicos além de ser uma fonte de energia preferencial para o enterócito. Estes podem atuar sobre o crescimento e integridade da mucosa, favorecer a absorção de minerais e atuar positivamente sobre a atividade microbiana luminal – favorecendo microorganismos benéficos e controlando patogênicos (Vieira et al., 2005).

Nos estudos de Mineo *et al.* (2001), a presença individual dos ácidos acético, propiônico ou butírico na mucosa cecal induziu a um aumento na absorção de cálcio através dessa mucosa em ratos. Da mesma forma, Raschka *et al.* (2005) verificaram que a presença dos ácidos graxos de cadeia curta estimulou o transporte transepitelial de cálcio no ceco. Nos trabalhos de Mroz *et al.* (2000) comprovou-se a interrelação dos ácidos graxos e a retenção de cálcio em suínos na fase de crescimento, além da interação da retenção de fósforo com a capacidade tamponante da dieta. Isso comprova que existe a interferência dos ácidos graxos no transporte de cálcio através da mucosa intestinal.

É necessário, no entanto, respeitar os parâmetros fisiológicos intestinais das aves para se ter sucesso com o uso dos ácidos graxos de

cadeia curta. Ao contrário dos antibióticos, os ácidos graxos de cadeia curta têm outras propriedades como: reduzir o pH do quimo, influenciar a morfologia das células intestinais, influenciar o equilíbrio eletrolítico no alimento e no intestino além de melhorar a retenção de muitos nutrientes (quelando minerais, p. ex.) (Gauthier, 2002).

2.2.1 Absorção Intestinal de Ácidos Graxos de Cadeia Curta

Ainda existe controvérsia no meio acadêmico a respeito da absorção intestinal dos ácidos graxos de cadeia curta, mas o conceito dominante é de que existem maneiras distintas de absorção das formas dissociada e não-dissociada (Stevens & Hume, 1998). A forma não dissociada não possui carga e atravessa livremente a membrana das células da mucosa intestinal em função da sua lipossolubilidade. O ácido dissociado tem carga negativa e é trocado ativamente pelo íon bicarbonato em sistema acoplado ao transporte de sódio na membrana celular, que por sua vez é trocado pelo íon H^+ (Stevens & Hume, 1998). As conseqüências importantes destes mecanismos de absorção são duas: a primeira é que a abundância de íons H^+ tanto no meio luminal (pela troca com o Na^+) quanto no intracelular (originados pelo metabolismo energético) desvia o equilíbrio das formas dissociadas e não-dissociadas do ácido a favor da forma não-dissociada. Isso contrapõe, de certa forma, o efeito contrário e predominante do pH intestinal que tende à alcalinidade e favorece a presença de ácido não-dissociado (mantendo assim seu efeito antimicrobiano) na região próxima das microvilosidades intestinais. A segunda conseqüência é que a absorção da maior parte dos ácidos de cadeia curta, dissociada, é um

processo com gasto energético (ATP dependente) acoplado ao transporte do sódio e, provavelmente, a outros cátions (Stevens & Hume, 1998).

A absorção de sódio, cálcio e ácidos graxos de cadeia curta acontece em parte por mecanismos acoplados. A absorção de sódio é fortemente estimulada por estes ácidos, pela ativação do transportador Na/H nas células intestinais. Em estudo na mucosa do cólon de ratos, o fluxo líquido de Na e Cl aumentou em aproximadamente 145% (Binder & Menta, 1989). O estímulo da absorção de Na e Cl foi maior para o butirato do que para o propionato e o acetato, enquanto o formiato não afetou a taxa de absorção. Aparentemente, o estímulo da absorção ativa de Na e Cl envolve a absorção da forma não-dissociada do ácido butírico além do acoplamento das trocas Na/H e Cl/butirato. O cálcio, um cátion de solubilidade comprometida nas condições de pH intestinal fisiológico (5,7 a 6,4 no duodeno de galinhas, segundo Sturkie, 1986), também tem sua absorção estimulada pelo propionato e pelo butirato, mas por mecanismos ainda não conhecidos, pois segundo os resultados de Mineo *et al.* (2001), em ratos, a simples redução do pH do meio pela incorporação de ácidos não é a responsável direta pelo aumento no transporte de Ca^{2+} em tecido intestinal. O transporte por difusão de Ca^{2+} em tecido cecal e do cólon de ratos aumentou de forma exponencial com o aumento na concentração de acetato, propionato e butirato no meio, sendo o butirato o mais eficiente em nível de cólon. Uma mistura dos três ácidos no meio aumentou a absorção líquida de Ca^{2+} em 300% (Mineo *et al.* 2001).

2.2.2 O uso de ácidos graxos de cadeia curta em nutrição animal

Os ácidos graxos de cadeia curta são substâncias que contêm uma ou mais carboxilas em sua molécula. Em geral, quando o termo ácido orgânico é utilizado em nutrição animal, refere-se a ácidos graxos de cadeia curta fracos, que produzem menor quantidade de prótons ao se dissociarem.

O ácido fórmico e seus sais (diformiato de potássio e formiato de potássio) exercem efeito positivo sobre a digestibilidade e/ou retenção corporal do cálcio e fósforo em suínos, sugerindo que a suplementação com ácido orgânico pode interagir com a digestão, absorção e metabolismo dos minerais (Mroz *et al.* 2002). Outros trabalhos têm sido realizados com o objetivo de verificar a interação entre AGCC e fitase sobre a digestibilidade dos minerais, pois segundo estudos de Jongbloed *et al.* (2000), há efeitos sinérgicos de ácidos graxos de cadeia curta e fitase com relação a digestibilidade aparente de minerais, cálcio, fósforo e magnésio. Valencia & Chavez (2002) verificaram um efeito positivo quando suplementaram a dieta de leitões com ácido acético e fitase, pela maior digestibilidade aparente de cálcio e fósforo. Eles observaram que a digestibilidade do cálcio e fósforo foi maior com a adição da fitase + AGCC e ainda a digestibilidade de fósforo também foi maior quando adicionado à dieta apenas fitase ou ácido acético isoladamente.

Segundo Leeson *et al.* (2005), o uso de 0,2% de ácido butírico na dieta de frangos de corte pode ajudar para a manutenção do desempenho e qualidade de carcaça desses animais. Rafacz-Livingstons *et al.* (2005), em estudos com frangos de corte em crescimento, concluíram que o ácido cítrico

melhorou significativamente a utilização do fósforo por frangos de linhagem comercial e segundo Hernandez *et al.* (2006) existe um efeito positivo do ácido fórmico sobre a digestibilidade ileal dos nutrientes em frangos de corte.

Isto demonstra que apesar de vários experimentos realizados, ainda permanecem incertos os efeitos dos diferentes ácidos graxos de cadeia curta na digestibilidade dos minerais e qual o mecanismo envolvido com sua absorção pelo epitélio intestinal.

3. HIPÓTESES E OBJETIVOS

O aproveitamento de cálcio da dieta por frangos de corte é baixo devido à baixa disponibilidade desse mineral nas dietas e às condições fisiológicas do intestino que afetam a solubilidade e conseqüente absorção do cálcio.

Nesse trabalho será avaliada a hipótese de que o uso de ácidos graxos de cadeia curta nas dietas traz um aumento na digestibilidade do cálcio pois os ácidos graxos de cadeia curta favorecem a absorção do cálcio, possibilitando a formulação de dietas com menores níveis deste mineral.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes ácidos graxos de cadeia curta (fórmico, acético, propiônico e butírico) em dietas com níveis crescentes de cálcio sobre a retenção aparente de cálcio e fósforo e o desempenho de frangos de corte.

CAPÍTULO II

Níveis de Cálcio e Diferentes Ácidos Graxos de Cadeia Curta na Dieta de Frangos de Corte

Resumo

Foram utilizados 96 frangos de corte, machos, de linhagem Cobb, de 21 aos 31 dias de idade para avaliar a inclusão de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) em dietas com níveis crescentes de cálcio sobre o balanço de cálcio, fósforo e cobre; a metabolizabilidade da matéria seca, da matéria orgânica e das cinzas; metabolizabilidade da proteína; energia metabolizável, peso da tibia e cinzas dos ossos, a partir da amostragem da tibia esquerda, além do desempenho das aves. Os tratamentos foram organizados em um esquema fatorial 5X4 (5 – sem ácido orgânico; ácido fórmico, ácido acético, ácido propiônico e ácido butírico) X (4 – níveis de cálcio: 0,40, 0,59, 0,78 e 0,97%) utilizando um delineamento completamente casualizado. Não foi possível detectar o efeito dos ácidos graxos de cadeia curta em nenhuma das variáveis analisadas. O crescimento do nível de cálcio da dieta afetou de forma positiva e quadrática o balanço aparente do cálcio e do fósforo (melhor nível estimado em 0,87% e 0,75% de cálcio dietético, respectivamente) e afetou positiva e linearmente a metabolizabilidade da matéria seca e matéria orgânica, bem como o conteúdo de cinza e o peso das tibias, mas reduziu a eficiência de retenção aparente do cálcio de forma quadrática. A exigência estimada de cálcio para aves em crescimento considerando a mineralização óssea foi de 1,01%. Os ácidos graxos de cadeia curta utilizados não apresentam efeitos detectáveis sobre o metabolismo do cálcio.

Palavras-chave: exigência de cálcio, ácidos orgânicos.

Calcium levels and different short chain fatty acids in diets for broilers

Abstract

In this study were used 96 Cobb male broilers from 21 to 31 days of age to test additions of short chain fatty acids (SCFA) in diets with increasing levels of calcium, by measuring apparent calcium, phosphorus and copper balance, as well as animal performance and bone ash. Experimental diets were assigned in a 5X4 factorial arrange (5- without acids, formic acid, acetic acid, propionic acid and butiric acid; 4 – calcium levels of 0.40, 0.59, 0.78 and 0.97%) in a completely randomized design. The addition of SCFA had no effect on any studied responses. Conversely, increasing calcium levels affected positively dry and organic matter metabolizability, tibia weight and ash, and calcium and phosphorus balance. This effect was a quadratic increase for calcium and phosphorus balance (best levels estimated at 0,87% and 0,75% of dietary calcium, respectively) and a linear increase for dry and organic matter metabolizability and percent tibia ash. However, the efficiency of calcium retention was decreased quadratically with increasing calcium levels. The estimated maximum response for bone mineralization indicates an optimum dietary level of 1.01% of calcium. By the study of the present responses, SCFA have no detectable effects on calcium metabolism.

Key words: calcium requirements, organic acids.

Introdução

Os aditivos alimentares presente nas formulação de dietas para aves provavelmente interferem no trato gastrointestinal, modificando a microbiota e/ou acidificando o meio luminal, e isso poderia ter um efeito benéfico para as aves seja melhorando a digestibilidade dos nutrientes (inclusive minerais) ou na modulação da microbiota intestinal (controle de microrganismos indesejáveis).

O estudo da acidificação da dieta para aves tem um histórico recente. Alguns autores têm tentado demonstrar o efeito dos ácidos graxos de cadeia curta no desempenho de frangos de corte (Vale *et al.*, 2004; Leeson *et al.*, 2005; Hernandez *et al.*, 2006). Se há uma ação benéfica dos ácidos graxos de cadeia curta no metabolismo digestivo das aves, ela ainda não foi completamente elucidada. A influência na absorção intestinal de cálcio foi claramente verificada *in vitro* por Mineo *et al.* (2001), que, utilizando ácido acético, propiônico e butírico em preparações de tecido da mucosa do cólon de ratos, comprovaram o efeito positivo dos ácidos graxos de cadeia curta no mecanismo de transporte paracelular de cálcio no intestino.

Diversos autores têm pesquisado sobre as exigências de cálcio nas dietas para frangos de corte (Schoulten *et al.*, 2003; Sá *et al.*, 2004; Driver *et al.*, 2005; Rostagno *et al.*, 2005). Entretanto, as estimativas dos diversos autores são um pouco divergentes em função do critério considerado para estipular o nível de cálcio na dieta buscando a melhor resposta dos animais, mas em média têm-se estabelecido valores em torno de 1%, o que está muito próximo do estabelecido pelo NRC (1994) (0,9% de 3 a 6 semanas). A necessidade de otimizar a suplementação do cálcio nas dietas para frangos de corte estimula a pesquisa para encontrar um nível ótimo de cálcio, pois a inclusão excessiva desse mineral ocupa um valioso espaço nas formulações de ração e pode até, em alguns casos, prejudicar o desempenho dos animais (Schoulten *et al.* 2003).

Um gradiente de concentração de cálcio da mucosa para a serosa intestinal é necessário para a absorção eficiente de cálcio solúvel no ceco e no cólon proximal e distal. Segundo Raschka *et al.* (2005), a presença de ácidos graxos de cadeia curta estimula o transporte transepitelial de cálcio no ceco. A produção de ácidos graxos de cadeia curta, principalmente acetato, propionato e butirato diminuem o pH intraluminal e assim é aumentada a solubilidade do cálcio (Campbell *et al.*, 1997). Como resultado, há um aumento no gradiente do cálcio transepitelial promovendo a entrada passiva de

cálcio (Lopez *et al.* 1998). Com a otimização da utilização do cálcio da dieta, pode ser possível uma menor inclusão desse mineral. Entretanto, apesar das evidências do aumento do transporte de cálcio no intestino grosso, pela ação dos ácidos de origem fermentativa, neste local ocorre a menor parte da absorção do cálcio da dieta (Bronner & Pansu, 1999), tornando pequena aquela contribuição. Conseqüentemente, deve ser investigado se efeito semelhante ocorre no intestino delgado, com a presença de ácidos graxos de cadeia curta incorporados à dieta.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) (fórmico, acético, propiônico e butírico) em dietas com níveis crescentes de cálcio sobre a retenção aparente de cálcio e fósforo e o desempenho de frangos de corte.

Materiais e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Ensino Zootécnico (LEZO) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no período de 8 a 18 de agosto de 2006. Foram utilizados 96 frangos de corte da linhagem Cobb dos 21 aos 31 dias de idade, mantidos em uma sala climatizada, com temperatura mínima média de 20°C e máxima média de 24°C e um programa de luz de 24 horas. Os animais foram alojados em gaiolas individuais com comedouro individual, bebedouro tipo calha e bandeja para a coleta individual de excretas. A água e ração foram fornecidos à vontade, com controle individual de consumo de ração.

No experimento foi avaliada a inclusão equimolar dos ácidos fórmico, acético, propiônico e butírico (20 meq/kg) em dietas com níveis crescentes de cálcio (0,42, 0,62, 0,84 e 0,97%), conforme a Tabela 1. As dietas foram formuladas com níveis nutricionais próximos daqueles recomendados pelas tabelas brasileiras para aves (Rostagno et al., 2005), sendo isoprotéicas e isoenergéticas, diferindo somente no nível de cálcio e na adição dos diferentes ácidos graxos de cadeia curta. Para a produção das dietas experimentais foi utilizada uma única dieta basal (Tabela 2), sendo os diferentes níveis de cálcio obtidos pela inclusão de calcário calcítico (37% Cálcio) em substituição a areia fina e dos diferentes ácidos graxos de cadeia curta em substituição ao amido de milho. Os AGCC foram utilizados na forma pura.

O delineamento utilizado no experimento foi em blocos casualizados (bloqueamento conforme o peso inicial dos animais) em decomposição fatorial 4 X 5 (quatro níveis de Ca^{2+} e inclusão ou não dos quatro AGCC), totalizando 20 tratamentos (16 com 5 repetições por tratamento e 4 com 4 repetições (T17, T18, T19 e T20) em função do número total de gaiolas existentes), sendo que cada animal constituiu uma unidade experimental.

As respostas de desempenho avaliadas durante o experimento foram ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. Aos 31 dias de idade todos os animais foram abatidos para medidas de composição de cinzas nos ossos (tíbias esquerdas). A metabolizabilidade da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), energia bruta (EB), cálcio (Ca), fósforo (P), cobre (Cu) e o balanço de nitrogênio (N) foram determinados através da coleta total de excretas dos 21 aos 31 dias de idade.

Tabela 1: Tratamentos experimentais: adição de ácidos graxos de cadeia curta e níveis de cálcio das dietas

TRATAMENTOS	Perfis de ácidos graxos cadeia curta e níveis de cálcio das dietas
T1	0,40% de cálcio; s/adicação de ácidos;
T2	0,40% de cálcio; com adição de 20 meq/kg de ácido fórmico; ¹
T3	0,40% de cálcio; com adição de 20 meq/kg de ácido acético; ²
T4	0,40% de cálcio; com adição de 20 meq/kg de ácido propiônico; ³
T5	0,40% de cálcio; com adição de 20 meq/kg de ácido butírico; ⁴
T6	0,59% de cálcio; s/adicação de ácidos;
T7	0,59% de cálcio; com adição de 20 meq/kg de ácido fórmico;
T8	0,59% de cálcio; com adição de 20 meq/kg de ácido acético;
T9	0,59% de cálcio; com adição de 20 meq/kg de ácido propiônico;
T10	0,59% de cálcio; com adição de 20 meq/kg de ácido butírico;
T11	0,78% de cálcio; s/adicação de ácidos;
T12	0,78% de cálcio; com adição de 20 meq/kg de ácido fórmico;
T13	0,78% de cálcio; com adição de 20 meq/kg de ácido acético;
T14	0,78% de cálcio; com adição de 20 meq/kg de ácido propiônico;
T15	0,78% de cálcio; com adição de 20 meq/kg de ácido butírico;
T16	0,97% de cálcio; s/adicação de ácidos;
T17	0,97% de cálcio; com adição de 20 meq/kg de ácido fórmico;
T18	0,97% de cálcio; com adição de 20 meq/kg de ácido acético;
T19	0,97% de cálcio; com adição de 20 meq/kg de ácido propiônico;
T20	0,97% de cálcio; com adição de 20 meq/kg de ácido butírico;

1 - 20 meq de ácido fórmico correspondem a 0,92 g de ácido fórmico/kg

2 - 20 meq de ácido acético correspondem a 1,20 g de ácido acético/kg

3 - 20 meq de ácido propiônico correspondem a 1,48 g de ácido propiônico/kg

4 - 20 meq de ácido butírico correspondem a 1,76 g de ácido butírico/kg

As análises de matéria seca, cinzas e nitrogênio das rações e excretas, bem como de cinzas nas túbias foram realizadas de acordo com a AOAC (1993). Para a análise das cinzas, as túbias foram secas a 105°C por 12 horas e queimadas em mufla a 550°C por 4 horas, sem prévia extração da gordura. A energia bruta das dietas e das excretas seguiu os procedimentos de calorimetria usando uma bomba calorimétrica da Parr Instruments. Co. (1988). As análises de Ca, P e Cu nas rações e excretas foram realizadas por espectrometria de absorção atômica e colorimetria, conforme especificações de Tedesco *et al.* (1995).

Tabela 2: Composição percentual da dieta basal

Ingredientes	%
Milho	55,66
Farelo Soja	35,11
Gordura Vegetal	5,01
Fosfato Monobicálcico	1,37
Sal	0,47
DL-metionina	0,21
L-Lisina HCl	0,12
Pré – mistura mineral ¹	0,10
Pré – mistura vitamínica ²	0,05
Monensina 20%	0,05
Colina-Cl	0,04
Calcário	0,03
L-treonina	0,01
Areia fina	1,58
Amido de milho	0,18
Composição Calculada	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3100
Proteína bruta (%)	20
Cálcio (%)	0,40
Fósforo Total	0,62
Fósforo Disponível (%)	0,38
Sódio (%)	0,20
Cloro (%)	0,31
Potássio (%)	0,89
Metionina digestível (%)	0,46
Lisina digestível (%)	1,05
Metionina + Cistina digestíveis (%)	0,76
Treonina digestível (%)	0,66
Triptofano digestível (%)	0,23
Arginina digestível (%)	1,18

¹ Adição por kg de dieta: Selênio 0,3 mg; Iodo 0,7 mg; Ferro 40 mg; Cobre 10 mg; Zinco 80 mg; Manganês 80 mg;

² Adição por kg de dieta: Vit A 8000 UI; Vit D3 2000 UI; Vit E 30 mg; Vit K 2 mg; Vit B1 2 mg; Vit B2 6 mg; Vit B6 2,5 mg; Vit B12 0,012 mg; biotina 0,08 mg; ácido pantotênico 15 mg; Niacina 35 mg; ácido Fólico 1 mg;

O modelo estatístico foi analisado por análise de variância pelo método dos Quadrados Mínimos Generalizados através do programa computacional Statgraphics plus 4.1 (Manugistics, 1999). As médias dos fatores principais foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade. O efeito dos níveis de cálcio foi testado de forma contínua por análise de covariância (inclusão de todos os fatores do modelo). O peso inicial dos animais foi incluído como covariável nas análises.

Resultados e Discussão

Não foram verificadas diferenças significativas nas respostas de desempenho para os níveis de cálcio ou a adição de ácidos graxos de cadeia curta na dieta (Tabela 3). Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Sá et al. (2004), que não verificaram diferenças significativas no desempenho das aves (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar) em função dos níveis de cálcio utilizados (0,41%; 0,66%; 0,91%; 1,16% e 1,41%). Segundo eles, o fato de não terem sido observadas diferenças significativas no desempenho das aves durante essa fase pode estar relacionado à possível mobilização do cálcio do tecido ósseo, que poderia estar sendo utilizado para suprir as necessidades dos frangos em relação a esse mineral, nas dietas com baixo cálcio. Da mesma forma, Araújo et al. (2002) verificaram que a redução do nível de cálcio na dieta (de 0,9% para 0,68%) para frangos de corte na fase de crescimento não afetou o desempenho.

Quanto à adição dos AGCC, a ausência de efeito significativo sobre o desempenho dos animais está de acordo com diversos autores que utilizaram esses ácidos graxos nas dietas. Hernandez *et al.* (2006), utilizando ácido fórmico em duas concentrações (0,5 e 1%) não encontraram diferenças no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar em frangos de corte machos de 1 a 42 dias de idade. Leeson *et al.* (2005) suplementaram as dietas de frangos, de 20 a 42 dias, de idade com ácido butírico (0,2 e 0,4%) e também não encontraram diferenças significativas no desempenho. Garcia *et al.* (2000) utilizaram uma mistura de ácido fórmico e ácido propiônico em três concentrações (0,0; 0,1 e 0,2%) em dietas para frangos de corte e não encontraram diferenças significativas para desempenho nessa fase de crescimento.

As respostas de metabolizabilidade da matéria seca e da matéria orgânica mostram um efeito significativo dos níveis de cálcio (NC) utilizados nas dietas (Tabela 4). A regressão linear significativa ($Y = 63,69 + 4,57*NC$; $P < 0,0002$), indica uma relação positiva entre a metabolizabilidade da matéria seca e o nível de cálcio da dieta, ou seja, à medida que aumentou o nível de cálcio na dieta houve um aumento proporcional na metabolizabilidade da matéria seca ingerida. A melhora concomitante da metabolizabilidade da matéria orgânica mostra que o aumento de cálcio na dieta favoreceu a digestão de componentes dietéticos não necessariamente ligados às fontes dietéticas deste mineral. Entretanto, a forma pela qual o cálcio afeta esta metabolizabilidade ainda precisa ser esclarecida.

Tabela 3: Efeito dos níveis de cálcio e da adição de ácidos graxos de cadeia curta sobre o consumo de ração, ganho de peso, peso inicial, peso final e conversão alimentar de frangos de corte machos, dos 21 aos 31 dias de idade

Variáveis	Consumo Ração (g)	Ganho Peso (g)	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Conversão Alimentar
Efeitos Principais					
Níveis Cálcio % (NC)					
0,40	1544	874.4	734,4	1609,2	1.77
0,59	1563	880.4	738,5	1620,7	1.79
0,78	1576	886.3	728,3	1612,9	1.79
0,97	1512	876.4	732,3	1608,4	1.73
Ácidos Graxo de Cadeia Curta (AGCC)					
Fórmico	1510	861.3	734,2	1595,9	1.76
Acético	1591	889.7	734,9	1625,1	1.80
Propiônico	1556	872.4	732,8	1605,1	1.78
Butírico	1550	897.0	732,7	1629,5	1.73
Sem ácidos	1536	876.4	732,4	1608,5	1.76
Probabilidade (P < F)					
NC	0,2898	0.9651	0,9680	0,9873	0.4277
AGCC	0,3064	0.7315	1,0000	0,9246	0.4980
NC X AGCC	0,8206	0.8933	1,0000	0,9898	0.7386
CV (%)	7,50	9,81	9,96	2,54	7,36

Tabela 4: Efeito dos níveis de cálcio e ácidos graxos de cadeia curta sobre a metabolizabilidade da matéria seca, metabolizabilidade da matéria orgânica e balanço das cinzas de frangos de corte machos, dos 21 aos 31 dias de idade

Variáveis	Metabolizabilidade Matéria Seca (%)	Metabolizabilidade Matéria Orgânica (%)	Balanço de Cinzas (%)
Efeitos Principais			
Níveis Cálcio % (NC)			
0,40	65.51 a	68.68 a	14.70
0,59	66,72 ab	69.85 ab	16.59
0,78	67,38 b	70.56 b	16.49
0,97	68,15 b	71.37 b	16.62
Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC)			
Fórmico	67.02	70.16	16.68
Acético	66.35	69.58	14.60
Propiônico	66.72	69.90	15.75
Butírico	67.15	70.24	17.80
Sem ácidos	67.47	70.71	15.68
Probabilidades (P < F)			
NC	0.0043	0.0028	0.5043
AGCC	0.6797	0.6797	0.4094
NC X AGCC	0.5865	0.5525	0.6549
Análise de Regressão			
Linear	0.0002 ¹	0.0001 ²	NS
Quadrática	NS	NS	NS
Cúbica	NS	NS	NS
CV (%)	3,70	3,46	32,34

¹ Regressão linear significativa: $Y = 63,69 + 4,57*NC$; $r^2 = 0,16$

² Regressão linear significativa: $Y = 66,8 + 4,66*NC$; $r^2 = 0,17$

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem estatisticamente.

Não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos para o balanço de cinzas. O fato de não haver diferenças significativas para o balanço de cinzas indica que não houve diferença quanto à proporção final do total de minerais absorvidos em cada tratamento, no entanto não indica diretamente que houve alguma interferência na quantidade de cálcio absorvida pelos animais. Além disto, nas aves a proporção dos minerais absorvidos que é excretada na urina está presente nas excretas, o que faz diminuir o valor absoluto de digestibilidade aparente da matéria mineral e provavelmente afeta a detecção de diferenças entre os tratamentos. Não houve

diferenças significativas para metabolizabilidade da matéria seca, matéria orgânica e cinzas em relação ao uso dos diferentes ácidos graxos de cadeia curta nas dietas.

Não foi possível detectar diferenças significativas quanto ao balanço de proteína, metabolizabilidade da proteína e da energia, energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio utilizando diferentes níveis de cálcio e inclusão de ácidos graxos de cadeia curta na dieta conforme pode ser verificado na Tabela 5. Da mesma forma, Sebastian et al., (1996) não verificaram efeito do nível de cálcio da ração na retenção de nitrogênio em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. Ao contrário, Schoulten et al. (2003) verificaram que os baixos níveis de cálcio (0,46%) reduziram a retenção de nitrogênio em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade.

Tabela 5: Efeito dos níveis de cálcio e ácidos graxos de cadeia curta sobre balanço de proteína, metabolizabilidade da proteína e da energia, Energia Metabolizável Aparente (EMA) e Energia Metabolizável Aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) de frangos de corte machos, dos 21 aos 31 dias de idade

Variáveis	Balanço Proteína (g)	Metabolizabilidade de. Proteína (%)	Metabolizabilidade de. Energia (%)	EMA MS (kcal)	EMAn MS (kcal)
Efeitos Principais					
Níveis Cálcio % (NC)					
0,40	180.23	58.63	72.05	3261	3083
0,59	183.30	58.82	72.93	3297	3118
0,78	183.25	58.67	73.21	3291	3113
0,97	181.71	60.20	73.65	3307	3124
Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC)					
Fórmico	178.91	59.45	73.06	3280	3099
Acético	182.73	57.71	72.73	3292	3117
Propiônico	180.22	58.30	72.79	3295	3117
Butírico	184.20	59.58	72.90	3276	3095
Sem ácidos	184.55	60.36	73.33	3302	3119
Probabilidades (P < F)					
NC	0.8869	0.4153	0.1257	0.4873	0,4794
AGCC	0.7571	0.1584	0.9347	0.9328	0,8971
NC X AGCC	0.7455	0.2620	0.4436	0.0622	0,0556
CV (%)	8,66	6,05	3,20	3,21	3,14

Houve efeito significativo dos níveis de cálcio sobre peso da tíbia (linear), cinza do osso (quadrático) e porcentagem de cinza do osso seco (linear), conforme resultados apresentados na Tabela 6. Verificou-se que o nível de cálcio da dieta interferiu na deposição mineral óssea das aves. Esses resultados estão de acordo com o trabalho de Sá *et al.* (2004) onde os valores de cinza dos ossos em porcentagem elevaram-se com o aumento de cálcio na dieta. No presente trabalho, o nível de 0,97% promoveu a maior deposição óssea. Entretanto, discordam dos resultados de Alves *et al.* (2002) e Schoulten *et al.*, (2003) onde o aumento do nível de cálcio na ração não afetou a deposição mineral e crescimento ósseo das aves verificado através da deposição de cinzas em frangos de corte de 22 a 42 dias de idade.

Tabela 6: Efeito dos níveis de cálcio e ácidos graxos de cadeia curta sobre peso da tíbia, cinza do osso e porcentagem de cinza do osso seco de frangos de corte machos, dos 21 aos 31 dias de idade

Variáveis	Peso da tíbia (g)	Cinza Osso (%)	% Cinza do Osso seco
Efeitos Principais			
Níveis Cálcio % (NC)			
0,40	5.46	12.50 a	34.15 a
0,59	5.74	14.02 b	36.61 b
0,78	5.72	14.93 c	37.92 bc
0,97	5.93	15.17 c	38.73 c
Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC)			
Fórmico	5.69	14.45	37.12
Acético	5.81	14.41	37.38
Propiônico	5.69	14.02	36.37
Butírico	5.76	13.95	36.87
Sem ácidos	5.60	13.95	36.52
Probabilidades (P < F)			
NC	0.1495	0.0000	0.0000
AGCC	0.8961	0.4354	0.7023
NC X AGCC	0.9101	0.5370	0.6790
Análise de Regressão			
Linear	0.0339 ¹	0.0024	0.0000 ³
Quadrática	NS	0.0349 ²	NS
Cúbica	NS	NS	NS
CV (%)	11,99	7,88	6,65

¹ Regressão linear significativa: $Y = 5.21 + 0.697*NC$; $r^2 = 0,058$

² Regressão quadrática significativa: $Y = -3.62 + 22.76*NC - 13.03*NC^2$; $r^2 = 0,24$

³ Regressão linear significativa: $Y = 31.03 + 8.18*NC$; $r^2 = 0,35$

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem estatisticamente.

Não foi observado efeito dos ácidos graxos de cadeia curta na mineralização óssea de frangos de corte machos de 21 a 31 dias de idade, pois não houve diferenças significativas para peso do osso, cinza do osso e porcentagem de cinza do osso seco em função dos ácidos graxos de cadeia curta utilizados na dieta. No entanto, diferentemente dos presentes resultados, Snow et al., (2004) e Rafacz-livingston *et al.* (2005) verificaram o aumento nas cinza da tíbia de frangos de corte alimentados com dietas contendo ácido cítrico.

A inclusão de ácidos graxos de cadeia curta na dieta de frangos de corte não interferiu de forma significativa no balanço dos minerais analisados (cálcio, fósforo e cobre) conforme verificado na Tabela 7. Da mesma forma, Valencia & Chavez (2002), em um experimento com suínos, não observaram efeito na digestibilidade do cálcio quando o ácido acético foi adicionado na dieta. Porém, Mroz et al. (2000) estabeleceram uma relação entre ácidos orgânicos (fórmico, butírico e fumárico) e retenção de minerais em suínos em crescimento, sendo que a retenção de cálcio foi afetada pelos ácidos orgânicos e a retenção de fósforo interagiu com a capacidade tamponante da dieta. Em frangos de corte, Rafacz-Livingston *et al.* (2005) verificaram uma melhor utilização de fósforo utilizando dietas contendo ácido cítrico.

Os diferentes níveis de cálcio influenciaram no balanço de cálcio e fósforo, mas não afetaram de forma significativa o balanço de cobre. Sabe-se que altos níveis dietéticos de cálcio afetam a absorção de fósforo (Pesti et al., 2005) e cobre (Klasing, 1998) devido à formação de complexos insolúveis no intestino. Frangos de corte são mais sensíveis à intoxicação por cobre quando alimentados com dietas deficientes ou

em níveis marginais de cálcio (Leach *et al.*; 1990). Nesse experimento, não houve efeito detectável dos níveis de cálcio sobre a absorção de cobre pelas aves.

Tabela 7: Efeito dos níveis de cálcio e ácidos graxos de cadeia curta sobre o balanço de cálcio, balanço de fósforo e balanço de cobre de frangos de corte machos, dos 21 aos 31 dias de idade

Variáveis	Balanço Cálcio (g)	Balanço Cálcio (%)	Balanço Fósforo (g)	Balanço Fósforo (%)	Balanço Cobre (mg)	Balanço Cobre (%)
Efeitos Principais						
Níveis Cálcio % (NC)						
0,40	3.69 a	57,00 a	4.54 a	46.65 a	7.84	21.93
0,59	5.34 b	54,95 b	4.79 a	49.18 b	9.10	24.85
0,78	6.09 c	49,31 c	4.89 a	49.81 b	7.83	21.74
0,97	6.50 c	41,60 c	4.95 a	50.05 b	7.38	21.00
Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC)						
Fórmico	5.38	51.95	4.66	48.77	7.76	22.16
Acético	5.55	50.41	4.97	49.09	8.28	22.41
Propiônico	5.48	51.37	4.85	49.21	8.10	22.37
Butírico	5.42	50.62	4.82	49.17	7.67	21.29
Sem ácidos	5.19	49.23	4.67	48.00	8.37	23.66
Probabilidade (P < F)						
NC	0.0000	0.0000	0.0554	0.0125	0.1462	0.2684
AGCC	0.6737	0.7458	0.3740	0.8943	0.9048	0.8951
NC X AGCC	0.9987	0.9914	0.5505	0.1386	0.1318	0.0839
Análise de Regressão						
Linear	0.0000	0.0588	0.0271	0.0108 ⁴	NS	NS
Quadrática	0.0000 ¹	0.0050 ²	0.0178 ³	NS	NS	NS
Cúbica	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	14,54	12,89	11,50	8,74	33,05	32,13

¹ Regressão quadrática significativa: $Y = -3.62 + 22.76*NC - 13.03*NC^2$; $r^2 = 0,49$

² Regressão quadrática significativa: $Y = 44.65 + 53.21*NC - 57.69*NC^2$; $r^2 = 0,69$

³ Regressão quadrática significativa: $Y = 2,77 + 5,92*NC - 3,97*NC^2$; $r^2 = 0,12$

⁴ Regressão linear significativa: $Y = 44.79 + 5.70*NC$; $r^2 = 0,078$

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas diferem estatisticamente.

A retenção de cálcio e fósforo (gramas) foi afetada de forma quadrática quanto aos diferentes níveis de cálcio. Esses resultados contrariam as pesquisas de Schoulten *et al.* (2003), onde a deposição mineral (cálcio, fósforo, manganês e magnésio) não foi afetada pelos níveis de cálcio na ração de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade.

A resposta de balanço de cálcio em porcentagem representa a eficiência de retenção de cálcio e foi quadrática e decrescente à medida que aumentaram os níveis de

cálcio da dieta. Esse fato pode ser explicado pela regulação da absorção de cálcio que é influenciada pela quantidade de cálcio presente na alimentação, visto que, quando o consumo de cálcio é alto, sua absorção é baixa e vice-versa (Ganong, 2001). Quando os níveis de cálcio do alimento são baixos, o transporte transcelular de cálcio torna-se primordial; como o consumo de cálcio é baixo, o transporte transcelular de cálcio responsabiliza-se por uma substancial fração de cálcio absorvido. Quando o consumo de cálcio é alto, esse transporte assume uma porção menor de absorção devido ao menor tempo de permanência e porque o canal de membrana (TRVP6) e a calbindin-D, ambos limitantes, tornem-se reguladores (feedback negativo) (Bronner, 2003). Dessa forma os níveis de cálcio utilizados nas dietas estariam sujeitos a essa regulação pelo organismo das aves interferindo na eficiência de retenção de cálcio.

A estimativa da exigência de cálcio (Tabela 8) calculada a partir das análises de regressão das respostas estudadas contempla valores próximos do esperado, visto que as exigências oscilam entre 0,75% e 1,01%, portanto próximos das recomendações publicadas, com exceção do nível de cálcio estimado de 0,46% pelo balanço de cálcio em porcentagem. Existem dois argumentos para explicar a redução na eficiência de retenção de cálcio com o aumento dos níveis dietéticos: a redução da capacidade absorptiva face ao maior tamponamento do ambiente luminal pelos maiores níveis de carbonato de cálcio, junto com a contra regulação resultando em menor nível de calbindin na mucosa intestinal (Hurwitz, 1995); e a maior excreção urinária do cálcio, proporcional ao aumento nos níveis plasmáticos associados aos maiores níveis dietéticos. Isto significa que a quantidade necessária para otimizar o aproveitamento de cálcio é bem menor do que o nível essencial para a manutenção da calcemia do organismo em função da ineficiência do processo metabólico. No entanto, é importante

ressaltar que, no presente experimento, mesmo mostrando eficiência decrescente no aproveitamento do cálcio da dieta, os frangos atingiram os níveis ótimos estimados de mineralização óssea e no balanço de cálcio nos níveis mais elevados deste mineral.

Tabela 8: Equações calculadas por análise de regressão e a respectiva exigência estimada de cálcio para frangos de corte machos de 21 a 31 dias de idade

Variáveis	Modelo	Equação	R ²	Exigência a Cálcio (%)
Metabolizabilidade da Matéria Seca (%)	Linear	$Y = 63.69 + 4.57*NC$	0,16	≥0,97
Metabolizabilidade da Matéria Orgânica (%)	Linear	$Y = 66.8 + 4.66*NC$	0,17	≥0,97
Peso da tibia	Linear	$Y = 5.21 + 0.697*NC$	0,058	≥0,97
Cinza Osso %	Quadrático	$Y = 7.36 + 15.46*NC - 7.65*NC^2$	0,50	1.01
% Cinza do Osso seco	Linear	$Y = 31.03 + 8.18*NC$	0,35	≥0,97
Balanço Cálcio (g)	Quadrático	$Y = -3.62 + 22.76*NC - 13.03*NC^2$	0,49	0.87
Balanço Cálcio (%)	Quadrático	$Y = 44.65 + 53.21*NC - 57.69*NC^2$	0,69	0.46
Balanço Fósforo (g)	Quadrático	$Y = 2,77 + 5,92*NC - 3,97*NC^2$	0,12	0,75
Balanço Fósforo (%)	Linear	$Y = 44.79 + 5.70*NC$	0,078	≥0,97

Conclusão

Os ácidos graxos de cadeia curta utilizados em dietas experimentais para frangos de corte não afetaram as respostas de desempenho dos animais e metabolizabilidade dos nutrientes.

O uso de diferentes níveis de cálcio na dieta demonstrou que existe interferência do cálcio dietético no balanço de cálcio e fósforo em frangos de corte de 21 a 31 dias de idade. A exigência de cálcio na dieta de frangos de corte, para essa fase de crescimento, considerando a deposição mineral no osso, é de 1,01% e de 0.87% quando utilizado o balanço como parâmetro.

Literatura Citada

- ALVES, E.L.; TEIXEIRA, A.S.; BERTECHINI, A.G.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, A.I.G. Efeito dos níveis de cálcio sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n. 6, p.1305-1312, 2002.
- ARAÚJO, C.S.S.; ARTONI, S.M.B.; ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA, O.M.; BORGES, S.A. Desempenho, rendimento de carcaça e excreção de cálcio de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de aminoácidos e cálcio no período de 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.6, p. 2209-2215, 2002
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Washington, 1993.
- CAMPBELL, J.M.; FAHEY Jr., G.C.; WOLF, B.W. Selected indigestible oligosaccharides affect large bowel mass, cecal and fecal short-chain fatty acids, pH and microflora in rats. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.127, p. 130-136, 1997.
- CAMPOS, M.P.A.; RABELLO, C.B.; SAKOMURA, N.K.; LONGO, F.A.; KUANA, S. GUT, F. Utilização do ácido fumárico em dietas de frangos de corte com baixa energia metabolizável. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v.26, n.1, p. 35-39, 2004.
- DRIVER, J.P.; PESTI, G.M.; BAKALLI, R.I.; EDWARDS Jr, H.M. Calcium requirements of modern broiler chicken as influenced by dietary protein and age. **Poultry Science**, Champaign, v.84, p. 1629-1639, 2005.
- GARCIA, R.G.; ARIKI, J.; MORAES, V.M.B.; KRONKA, S.N.; BORGES, S.A.; MURATA, L.S.; CAMPOS, V.A. Isolated or combined Action of Organic Acids and Growth Promoter in Broilers Rations. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 149-154, 2000.
- HERNANDEZ, F.; GARCIA, V.; MADRID, J.; ORENGO, J.; CATALA, P.; MEGIAS, M.D. Effect of formic acid on performance, digestibility, intestinal histomorphology and plasma metabolite levels of broiler chickens. **British Poultry Science**, Cambridge, v. 47, n.1, p. 50-56, 2006.
- KLASING, K.C. **Comparative Avian Nutrition**. London: CAB International, 1998. 350p.
- LEACH Jr., R.M.; ROSENBLUM, C.I.; AMMAN, M.J.; BURDETTE, J. Broiler chicks fed low-calcium diets. 2. Increased sensitivity to copper toxicity. **Poultry Science**, Champaign, v.69, p.1905-1910, 1990.
- LEESON, S.; NAMKUNG, H.; ANTONGIOVANNI, M.; LEE, E.H. Effect of butyric acid on the performance and carcass yield of broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v.84, p.1418-1422, 2005.

- LOPEZ, H.W.; COUDRAY, C.; BELLANGER, J.; YOUNES, H.; DEMIGNÉ, C.; RÉMÉSY, C. Intestinal fermentation lessens the inhibitory effect of phytic acid on mineral utilization in rats. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 128, p. 1192-1198, 1998.
- MANUGISTICS. **Statgraphics Plus for Windows**. (version 4.1) Rockville : Maryland, 1997.
- MINEO, H.; HARA, H.; TOMITA, F. Short-chain fatty acids enhance diffusional Ca transport in the epithelium of the cecum and colon. **Life Sciences**, New York n. 69, p. 517-526, 2001.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9.ed. Rev. ampl. Washington: National Academy Press, 1994. 155p.
- PARR INSTRUMENTS COMPANY. **Instructions for the Parr 1720 Calorimeter Controller**. Moline- IL, 1988. 35p. (Manual 165).
- PESTI, F. M.; BAKALLI, R.I.; DRIVER, J.P.; ATENLIO, A.; FOSTER, E.H; **Poultry Nutrition and Feeding**. Victoria: Trafford Publishing, 2005. 490p. Cap.13: Nutrients Contributing to Bone and Shell Structure.
- QIAN, H.; KORNEGAY, T.; DENBOW, D.M. Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol, and the calcium: total phosphorus ratio in broiler diets. **Poultry Science**, Champaign, v.76, p.37-46, 1997.
- RAFACZ-LIVINGSTON, K.A.; PARSONS, C.M.; JUNGKT, R.A. The effects of various organic acids on phytate phosphorus utilization in chicks. **Poultry Science**, Champaign, v.84, p.1356-1362, 2005.
- RAFACZ-LIVINGSTON, K.A.; MARTINEZ-AMEZCUA, C.; PARSONS, C.M.; BAKER, D.H.; SNOW, J. Citric acid improves phytase phosphorus utilization in crossbred and commercial broiler chicks. **Poultry Science**, Champaign, v.84, p.1370-1375, 2005.
- RASCHKA, L. ; DANIEL, H. Mechanisms underlying the effects of inulin-type fructans on calcium absorption in the large intestine of rats. **Bone**, New York, n.37, p.728-735, 2005.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELLE, J. L. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia da UFV, 2005. 186p.
- SÁ, L.M.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; CECON, P.R.; D'AGOSTINI, P. Exigências nutricionais de cálcio para frangos de corte, na fase de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.2, p.307-406, 2004.

- SHAFEY, T.M.; MCDONALD, M.W. The effects of dietary concentration of minerals, source of protein, amino acids and antibiotics on the growth of and digestibility of amino acids by broiler chickens. **British Poultry Science**, Cambridge, v.32, n.3, p. 535-544, 1991.
- SHOULTEN, N. A.; TEIXEIRA, A. S.; FREITAS, T.F.; BERTECHINI, A. G.; CONTE, A.J.; SILVA, H.O. Níveis de cálcio em rações de frangos de corte na fase inicial suplementada com fitase. **Revista Brasileira da Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.5, p. 1190-1197, 2003.
- SNOW, J.L.; BAKER, D.H.; PARSONS, C. Phytase, citric acid, and 1- α -hidroxycholecalciferol improve phytate phosphorus utilization in chicks fed a corn-soybean meal diet. **Poultry Science**, Champaign, v.83, p.1187-1192, 2004.
- TEDESCO, M. J. ET AL . **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2ed. ver. ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995.
- VALE, M.M.; MENTEN, J.F.M.; MORAIS, S.C.D.; BRAINER, M.M.A. Mixture of formic and propionic acid as additives in broiler feeds. **Scientia Agrícola**, Piracicaba , v.61, n.4, p.371-375, 2004.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma discussão pertinente no presente trabalho é a total falta de efeito da adição dos AGCC no balanço de minerais, em especial o cálcio. Muito do cálcio absorvido, dentro das amplitudes dietéticas usuais, ocorre no duodeno por mecanismo paracelular a favor de um gradiente eletroquímico (Hurwitz & Bar, 1969). Nesta situação, a solubilização do íon Ca^{2+} é muito importante, sendo necessário um meio onde o pH esteja mais baixo. Os ácidos adicionados à dieta poderiam ser úteis nessa situação. Entretanto, a fisiologia gastrointestinal das aves tem particularidades cuja ação pode reduzir um possível efeito acidificante dos AGCC no ambiente luminal. Primeiro, a secreção de HCl por unidade de peso é bem maior nas aves do que em mamíferos (Long, 1967). Segundo, as secreções mais alcalinas provindas do fígado e pâncreas só acontecem ao final do duodeno, na junção com o jejuno, de certa forma retardando o aumento do pH, cujo efeito seria a redução da solubilidade do Ca^{2+} . De fato, o pH duodenal dos frangos ainda está abaixo da neutralidade entre 5,7 - 6,0 (Sturkie, 1986). Conseqüentemente, é provável que a contribuição dos AGCC, no duodeno - onde ocorre a maior parte da absorção do cálcio - seja pouco relevante. Os trabalhos mostrando benefício dos AGCC no transporte de cálcio foram realizados em tecidos do ceco e cólon de ratos,

regiões de reconhecida pequena participação na absorção total do cálcio em condições dietéticas normais.

As estimativas de exigência de cálcio, de acordo com as respostas ósseas, nesse experimento, apontam para valores superiores à 0,97%, acima da exigência proposta para frangos em crescimento (NRC, 1994). Entretanto, a resposta do balanço de cálcio mostra um efeito quadrático evidente, com nível máximo estimado em 0,87%, valor próximo dos publicados (Rostagno, 2005). Isto indica saturação fisiológica de cálcio antes do nível máximo testado (0,97%), mesmo que a mineralização óssea tenha apresentado resposta máxima em nível de cálcio superior, estimado em 1,01%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E.L.; TEIXEIRA, A.S.; BERTECHINI, A.G.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, A.I.G. Efeito dos níveis de cálcio sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n. 6, p.1305-1312, 2002.
- ARAUJO, C.S.S.; ARTONI, S.M.B.; ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA, O.M.; BORGES, S.A. Desempenho, rendimento de carcaça e excreção de cálcio de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de aminoácidos e cálcio no período de 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.6, p. 2209-2215, 2002
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTIS (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Washington, 1993.
- BINDER, H. J.; MEHTA, P. Short-chain fatty-acids stimulate active sodium and chloride absorption in vitro in the rat distal colon. **Gastroenterology**, Baltimore, n.96, v.4, p. 989-996, 1989.
- BELLAVER, C.; SCHEUERMANN, G. Aplicações dos Ácidos Orgânicos a Produção de Aves de Corte. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS, 3., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/palestras.htm>> Acesso em: 15 jun. 2006.
- BERTECHINI, A. G. Absorção e metabolismo de minerais em aves. In: CURSO DE FISIOLOGIA DA DIGESTÃO E METABOLISMO DOS NUTRIENTES EM AVES, 2004, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Unesp, 2004. CD-ROM.
- BRONNER, F. Intestinal calcium absorption: mechanisms and applications. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.117, n.8, p. 1347-1352, 1987.
- BRONNER, F. Intestinal calcium transport: the cellular pathway. **Mineral Electrolyte Metabolism**, Basel, v.16, n.2-3, p.94-100, 1990.
- BRONNER, F. Nutrient bioavailability, with special reference to calcium. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.123, n.5, p. 797-820, 1993.

- BRONNER, F. Calcium absorption – a paradigm for mineral absorption. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 128, p. 917-920, 1998.
- BRONNER, F. Mechanisms of intestinal calcium absorption. **Journal Cell Biochemical**, New York, v.88, n.2, p.387-393, 2003.
- BRONNER, F. mechanisms and functional aspects of intestinal calcium absorption. **Journal of experimental zoology. Part A, Comparative experimental biology**. Hoboken, v.300, n.1, p.47-52, 2003.
- BRONNER, F. ; PANSU, D. Nutritional aspects of calcium absorption. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.129, p.9-12, 1999.
- BROWN, A.J.; KRITS, I.; ARMBRECHT, H.J. Effect of age, vitamin D, and calcium on the regulation of rat intestinal epithelial calcium channels. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, n.437, p. 51-58, 2005.
- BUDAVARI, S. **The merck index an encyclopedia of chemicals, drugs and biologicals**. 11.ed. Rahway: Merck, 1989. 2200p.
- CAMPBELL, J.M.; FAHEY Jr., G.C.; WOLF, B.W. Selected indigestible oligosaccharides affect large bowel mass, cecal and fecal short-chain fatty acids, pH and microflora in rats. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.127, p. 130-136, 1997.
- CAMPOS, M.P.A.; RABELLO, C.B.; SAKOMURA, N.K.; LONGO, F.A.; KUANA, S. GUT, F. Utilização do ácido fumárico em dietas de frangos de corte com baixa energia metabolizável. **Acta Scientiarum. Animal Science**, Maringá, v.26, n.1, p. 35-39, 2004.
- DRIVER, J.P.; PESTI, G.M.; BAKALLI, R.I.; EDWARDS Jr, H.M. Calcium requirements of modern broiler chicken as influenced by dietary protein and age. **Poultry Science**, Champaign, v.84, p. 1629-1639, 2005.
- GARCIA, RG; ARIKI, J.; MORAES, V.M.B.; KRONKA, S.N.; BORGES, S.A.; MURATA, L.S.; CAMPOS, V.A. Isolated or combined Action of Organic Acids and Growth Promoter in Broilers Rations. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 149-154, 2000.
- GANONG, W. F. **Review of Medical Physiology**. 31. ed. San Francisco: Lange Medical Book, 2003. 912p.
- GAUTHIER, R. Intestinal Health, the key to productivity (The case of organic acids). In: PRECONGRESSO CIENTIFICO AVICOLA IASA; CONVENCION ANECA-WPDC, 27., México, 2002. [**Proceedings...**] Mexico, 2002. p.424.

- GEORGIEVSKII, V.I. **Mineral Nutrition of animal**: studies in the agricultural and food science. London: Butterworths, 1982. 474p.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária**. Porto Alegre: UFRGS, 1999. 198 p.
- GRÜDTNER, V.S.; WEINGRILL, P.; FERNANDES, A.L. Aspectos da absorção no metabolismo do cálcio e vitamina D. **Revista Brasileira de Reumatologia**, Campinas, v.37, n.3, p.143-150,1997.
- HERNANDEZ, F.; GARCIA, V.; MADRID, J.; ORENCO, J.; CATALA, P.; MEGIAS, M.D. Effect of formic acid on performance, digestibility, intestinal histomorphology and plasma metabolite levels of broiler chickens. **British Poultry Science**, Cambridge, v. 47, n.1, p. 50-56, 2006.
- HOENDEROP, J.G.L.; NILIUS, B; BINDELS, R.J.M. Calcium absorption across epithelia. **Physiological Reviews**, New York, n.35, p. 373-422, 2005.
- HURWITZ, S.; PLAVNIK, I.; SHAPIRO, A. Calcium metabolism and requirements of chickens are affected by growth. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, n.125, p.2679-2686, 1995.
- JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z.; VAN DER WEIJ-JONGBLOED, R.; KEMME, P.A. The effects of microbial phytase, organic acids, and their interaction in diets for growing pigs. **Livestock Production Science**, New York, 67, p. 113-122, 2000.
- KARBACH, U. New findings on the mechanism and regulation of intestinal calcium transport. **Z Gastroenterology**, New York, V.32, n.9, p.500-513, 1994.
- KLASING, K.C. **Comparative Avian Nutrition**. London: CAB International, 1998. 350p.
- KOLLING, A.V. Efeito de diferentes relações de energia e proteína e de alimentação por livre escolha sobre o desempenho e a composição corporal de frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. : 2001 : Piracicaba. **Anais...** Piracicaba : FEALQ, 2001. p. 740-741
- LEACH Jr., R.M.; ROSENBLUM, C.I.; AMMAN, M.J.; BURDETTE, J. Broiler chicks fed low-calcium diets. 2. Increased sensitivity to copper toxicity. **Poultry Science**, Champaign, v.69, p.1905-1910, 1990.
- LEESON, S.; SUMMER, J.D. **Scott's Nutrition of the Chicken**. 4. ed. Guelph: University Books, 2001. 591p.

- LEESON, S.; NAMKUNG, H.; ANTONGIOVANNI, M.; LEE, E.H. Effect of butiric acid on the performance and carcass yield of broiler chickens. **Poultry Science**, Champaing, v.84, p.1418-1422, 2005.
- LOPEZ, H.W.; COUDRAY, C.; BELLANGER, J.; YOUNES, H.; DEMIGNÉ, C.; RÉMÉSY, C. Intestinal fermentation lessens the inhibitory effect of phytic acid on mineral utilization in rats. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 128, p. 1192-1198, 1998.
- LOBAUGH, B.; JOSHUA, I.G.; MUZLLER, W.J. Regulation of calcium appetite in broiler chickens. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.111, p. 298-306, 1981.
- MANUGISTICS. **Statgraphics Plus for Windows**. (versão4.1) Rockville, Maryland, 1997.
- MINEO, H.; HARA, H.; TOMITA, F. Short-chain fatty acids enhance diffusional Ca transport in the epithelium of the cecum and colon. **Life Sciences**, New York, n. 69, p. 517-526, 2001.
- MROZ, Z. The effects of potassium diformate an its molecular constituents on the apparents ileal and fecal digestibility and retention of nutrients in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaing, n.80, p. 681-690, 2002.
- MROZ, Z.; JONGBLOED, A.W.; PARTANEN, K.H.; VREMAN, K.; KEMME, P.A.; KOGUT, J. 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**, Champaing, n. 78, p. 2622-2632, 2000.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9ed. Rev. ampl. Washington : National Academy Press, 1994.
- PARR INSTRUMENTS COMPANY. **Instructions for the Parr 1720 Calorimeter Controller**. Moline- IL, 1988. 35p. (Manual 165).
- PESTI, F. M.; BAKALLI, R.I.; DRIVER, J.P.; ATENLIO, A.; FOSTER, E.H; **Poultry Nutrition and Feeding**. Victoria: Trafford Publishing, 2005. 490p. Cap.13: Nutrients Contributing to Bone and Shell Structure.
- QIAN, H.; KORNEGAY, T.; DENBOW, D.M. Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol, and the calcium: total phosphorus ratio in broiler diets. **Poultry Science**, Champaing, v.76, p.37-46, 1997.

- RAFACZ-LIVINGSTON, K.A.; PARSONS, C.M.; JUNGKT, R.A. The effects of various organic acids on phytate phosphorus utilization in chicks. **Poultry Science**, Champaing, v.84, p.1356-1362, 2005.
- RAFACZ-LIVINGSTON, K.A.; MARTINEZ-AMEZCUA, C.; PARSONS, C.M.; BAKER, D.H.; SNOW, J. Citric acid improves phytase phosphorus utilization in crossbred and commercial broiler chicks. **Poultry Science**, Champaing, v.84, p.1370-1375, 2005.
- RASCHKA, L.; DANIEL, H. Mechanisms underlying the effects of inulin-type fructans on calcium absorption in the large intestine of rats. **Bone**, New York, n. 37, p. 728-735, 2005.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELLE, J. L. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: Composição de alimentos e exigências nutricionais. 2 ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia da UFV, 2005.186p.
- SÁ, L.M.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; CECON, P.R.; D'AGOSTINI, P. Exigências nutricionais de cálcio para frangos de corte, na fase de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.2, p.307-406, 2004.
- SCHWARZER, K. The role of organic acids and natural principles in animal health and performance. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS, 4., 2005, Florianópolis. **Anais....** Florianópolis: AVESUI, 2005. p. 72-78.
- SHAFEY, T.M.; MCDONALD, M.W. The effects of dietary concentration of minerals, source of protein, amino acids and antibiotics on the growth of and digestibility of amino acids by broiler chickens. **British Poultry Science**, Cambridge, v.32, n.3, p. 535-544, 1991.
- SHOULTEN, N. A.; TEIXEIRA, A. S.; BERTECHINI, A. G.. Efeito dos níveis de cálcio sobre a absorção de minerais em dietas iniciais para frangos de corte suplementada com fitase. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.6, p. 1313-1321, 2002.
- SHOULTEN, N. A.; TEIXEIRA, A. S.; CONTE, A.J.; SILVA, H.O.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E.T. Efeito dos níveis de cálcio da ração suplementada com fitase sobre a deposição de minerais na tíbia de frangos de corte de 22 a 42 dias. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.1, p. 206-210, 2003.
- SHOULTEN, N. A.; TEIXEIRA, A. S.; FREITAS, T.F.; BERTECHINI, A. G.; CONTE, A.J.; SILVA, H.O. Níveis de cálcio em rações de frangos de corte na fase inicial suplementada com fitase. **Revista Brasileira da Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.5, p. 1190-1197, 2003.

- SMITH, O.; KABAJA, E. effect of high dietary calcium and wide calcium-phosphorus ratios in broiler diets. **Poultry Science**, Champaign, v.64, n.9, p. 1713-1720, 1985., 1985
- SNOW, J.L.; BAKER, D.H.; PARSONS, C. Phytase, citric acid, and 1- α -hydroxycholecalciferol improve phytate phosphorus utilization in chicks fed a corn-soybean meal diet. **Poultry Science**, Champaign, v.83, p.1187-1192, 2004.
- STEVENS, C. E.; HUME, I. D. Contributions of microbes in vertebrate gastrointestinal tract to production and conservation of nutrients. **Physiological Reviews**, New York, v. 78, n. 2, p. 393-425, 1998.
- TEDESCO, M. J. ET AL . **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2ed. ver. ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995.
- VALE, M.M.; MENTEN, J.F.M.; MORAIS, S.C.D.; BRAINER, M.M.A. Mixture of formic and propionic acid as additives in broiler feeds. **Scientia Agrícola**, Piracicaba , v.61, n.4, p.371-375, 2004.
- 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, n.22, p.623-632, 2002
- VIOLA, E.S.; VIEIRA, S.L. Ácidos orgânicos e suas misturas em dietas de suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2., 2004, Cascavel. **Anais**. Cascavel: CBNA, 2004. p. 153-182.
- VIEIRA, S. L.; VIOLA, ES.; OSTERMANN, D; SANFELICE, A. M. Metabolismo e bases conceituais para a ação benéfica de ácidos orgânicos para frangos de corte. **Ave World**, Campinas, v.3, n.15, p. 28-32, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Observações experimentais

Observações experimentais

Nível Cálcio %	Acido Orgânico	Peso Inicial g	Peso Final g	Ganho Peso g	Consumo Ração g	Conversão Alimentar	Metaboliz. MS %	Metaboliz. MO %	Metaboliz. CZ %
0,97	S	780	1747	967	1604	1,66	64,41	68,09	5,54
0,97	S	758	1582	824	1401	1,70	70,77	74,19	16,07
0,97	S	730	1678	948	1617	1,71	70,95	73,86	24,42
0,97	S	800	1716	916	1566	1,71	68,87	72,11	17,08
0,97	S	559	1225	666	1384	2,08	68,87	72,04	18,09
0,97	F	785	1599	814	1476	1,81	68,12	71,36	16,23
0,97	F	703	1545	842	1394	1,66	63,08	66,20	13,15
0,97	F	730	1598	868	1505	1,73	66,94	70,08	16,65
0,97	F	718	1614	896	1553	1,73	67,19	70,77	9,74
0,97	A	791	1706	915	1574	1,72	68,34	71,80	12,94
0,97	A	707	1517	810	1387	1,71	70,62	73,81	19,56
0,97	A	729	1703	974	1627	1,67	68,91	72,01	19,26
0,97	A	714	1611	897	1495	1,67	68,60	71,85	16,65
0,97	P	799	1723	924	1596	1,73	66,26	69,70	11,16
0,97	P	710	1513	803	1306	1,63	71,00	74,22	19,47
0,97	P	727	1540	813	1423	1,75	69,13	72,50	15,19
0,97	P	712	1647	935	1667	1,78	68,14	71,29	17,71
0,97	B	718	1611	893	1550	1,74	67,80	70,64	22,30
0,97	B	764	1639	875	1473	1,68	69,65	72,50	24,06
0,97	B	726	1617	891	1537	1,73	67,17	70,13	19,94
0,97	B	712	1627	915	1619	1,77	66,99	70,33	13,55
0,78	S	803	1702	899	1762	1,96	68,62	71,90	16,17
0,78	S	765	1714	949	1690	1,78	63,40	66,68	10,91
0,78	S	725	1634	909	1591	1,75	66,72	70,23	10,52
0,78	S	763	1655	892	1575	1,77	67,68	70,91	15,90
0,78	S	587	1406	819	1390	1,70	67,11	70,46	13,50
0,78	F	803	1422	619	1371	2,21	71,55	74,54	23,54
0,78	F	765	1651	886	1510	1,70	70,19	73,51	17,09
0,78	F	723	1713	990	1634	1,65	68,33	71,46	18,30
0,78	F	762	1661	899	1580	1,76	67,46	70,57	17,73
0,78	F	601	1445	844	1533	1,82	66,99	69,93	19,92
0,78	A	804	1712	908	1703	1,88	66,15	69,56	11,51
0,78	A	766	1774	1008	1656	1,64	67,91	71,38	12,41
0,78	A	721	1477	756	1422	1,88	66,62	69,85	14,86
0,78	A	759	1901	1142	1953	1,71	63,10	66,17	13,94
0,78	A	609	1437	828	1497	1,81	67,70	70,77	18,52
0,78	P	805	1637	832	1509	1,81	69,04	72,02	21,27
0,78	P	767	1689	922	1680	1,82	68,47	71,42	21,26
0,78	P	719	1637	918	1581	1,72	64,53	67,52	16,76
0,78	P	693	1558	865	1641	1,90	66,36	69,54	15,42
0,78	P	622	1403	781	1410	1,81	66,31	69,84	9,66
0,78	B	806	1671	865	1406	1,63	72,69	75,55	26,90
0,78	B	767	1737	970	1658	1,71	68,43	71,61	17,49
0,78	B	734	1633	899	1588	1,77	66,70	69,98	14,18
0,78	B	691	1453	762	1308	1,72	67,54	70,62	18,31
0,78	B	647	1601	954	1669	1,75	65,05	68,10	16,18
0,59	S	892	1755	863	1535	1,78	70,32	73,39	21,16

Nível Cálcio %	Ácido Orgânico	Peso Inicial g	Peso Final g	Ganho Peso g	Consumo Ração g	Conversão Alimentar	Metaboliz.. MS %	Metaboliz.. MO %	Metaboliz.. CZ %
0,59	S	768	1721	953	1690	1,77	62,70	65,71	14,48
0,59	S	735	1713	978	1663	1,70	67,59	70,74	17,22
0,59	S	670	1602	932	1536	1,65	65,29	68,64	11,67
0,59	S	647	1530	883	1443	1,63	69,91	72,75	24,42
0,59	F	865	1772	907	1604	1,77	67,20	70,32	17,23
0,59	F	770	1727	957	1776	1,86	63,20	66,44	11,24
0,59	F	742	1609	867	1419	1,64	70,44	73,58	20,20
0,59	F	671	1299	628	1213	1,93	68,15	71,39	16,29
0,59	F	651	1651	1000	1558	1,56	68,86	72,14	16,27
0,59	A	858	1769	911	1616	1,77	61,24	64,65	6,51
0,59	A	771	1740	969	1712	1,77	65,57	68,82	13,58
0,59	A	743	1407	664	1696	2,55	70,90	73,27	32,89
0,59	A	672	1635	963	1649	1,71	65,68	68,89	14,37
0,59	A	654	1525	871	1524	1,75	64,21	67,20	16,36
0,59	P	847	1701	854	1565	1,83	66,46	69,69	14,83
0,59	P	771	1658	887	1607	1,81	70,23	73,20	22,61
0,59	P	744	1595	851	1563	1,84	60,18	63,85	1,42
0,59	P	672	1495	823	1470	1,79	68,41	71,69	15,77
0,59	P	661	1554	893	1594	1,78	64,81	67,63	19,66
0,59	B	836	1735	899	1690	1,88	68,45	71,38	21,59
0,59	B	773	1810	1037	1813	1,75	67,20	70,10	20,73
0,59	B	744	1639	895	1612	1,80	64,91	67,81	18,52
0,59	B	675	1475	800	1361	1,70	66,82	70,24	12,05
0,59	B	631	1400	769	1272	1,65	69,33	72,81	13,62
0,40	S	832	1626	794	1514	1,91	68,33	71,54	17,00
0,40	S	774	1484	710	1330	1,87	66,37	69,34	18,91
0,40	S	747	1663	916	1559	1,70	67,71	71,44	8,02
0,40	S	682	1560	878	1454	1,66	67,35	70,24	21,05
0,40	S	631	1457	826	1409	1,71	66,51	69,95	11,52
0,40	F	822	1708	886	1606	1,81	67,15	69,98	21,92
0,40	F	775	1702	927	1541	1,66	61,59	65,08	5,81
0,40	F	747	1636	889	1510	1,70	67,54	70,62	18,32
0,40	F	683	1531	848	1502	1,77	63,55	66,29	19,78
0,40	F	634	1445	811	1459	1,80	66,48	69,37	20,22
0,40	A	818	1776	958	1713	1,79	66,83	70,45	8,76
0,40	A	775	1603	828	1524	1,84	64,59	67,92	11,31
0,40	A	748	1633	885	1659	1,87	60,70	64,22	4,43
0,40	A	686	1536	850	1512	1,78	64,69	67,77	15,50
0,40	A	637	1406	769	1418	1,84	65,49	68,86	11,49
0,40	P	813	1674	861	1615	1,88	65,55	68,43	19,49
0,40	P	778	1695	917	1604	1,75	68,37	71,61	16,63
0,40	P	750	1644	894	1523	1,70	67,41	70,91	11,34
0,40	P	688	1612	924	1604	1,74	64,97	67,99	16,72
0,40	P	641	1521	880	1666	1,89	60,08	63,04	12,74
0,40	B	809	1751	942	1662	1,76	63,39	66,87	7,75
0,40	B	779	1766	987	1555	1,58	67,60	71,00	13,14
0,40	B	751	1739	988	1669	1,69	63,25	66,01	19,12
0,40	B	670	1597	927	1570	1,69	69,12	71,88	24,91
0,40	B	691	1466	775	1447	1,87	63,09	66,30	11,75

Observações experimentais

Nível Cálcio %	Acido Orgânico	Balanço Cálcio %	Balanço Cálcio g	Balanço Fósforo %	Balanço Fósforo g	Balanço Cobre %	Balanço Cobre mg
0,97	S	26,43	4,11	43,73	4,45	9,31	3,47
0,97	S	33,96	4,62	49,48	4,40	26,53	8,64
0,97	S	48,95	7,68	54,79	5,62	29,39	11,05
0,97	S	46,22	7,02	52,37	5,20	25,61	9,32
0,97	S	45,56	6,12	47,39	4,16	23,49	7,56
0,97	F	40,05	5,73	49,55	4,64	13,70	4,70
0,97	F	40,54	5,48	46,48	4,11	10,98	3,56
0,97	F	44,34	6,47	47,96	4,58	9,70	3,39
0,97	F	39,90	6,01	44,83	4,41	21,02	7,59
0,97	A	35,69	5,45	50,80	5,07	21,95	8,03
0,97	A	43,02	5,79	54,33	4,78	29,81	9,61
0,97	A	51,08	8,06	56,41	5,82	23,16	8,76
0,97	A	39,70	5,76	51,68	4,90	20,94	7,28
0,97	P	36,68	5,68	46,72	4,73	18,11	6,72
0,97	P	49,84	6,31	55,57	4,60	28,41	8,63
0,97	P	39,64	5,47	47,23	4,26	17,26	5,71
0,97	P	40,51	6,55	49,94	5,28	30,50	11,82
0,97	B	43,41	6,53	54,43	5,35	24,20	8,72
0,97	B	48,05	6,86	51,42	4,80	19,32	6,62
0,97	B	44,11	6,58	52,50	5,12	20,98	7,50
0,97	B	34,62	5,42	43,04	4,42	18,45	6,95
0,78	S	50,21	7,43	47,22	5,28	23,25	9,52
0,78	S	44,49	6,32	42,22	4,52	12,62	4,96
0,78	S	43,90	5,87	44,26	4,46	20,20	7,47
0,78	S	40,70	5,38	44,54	4,45	16,82	6,16
0,78	S	50,72	5,92	48,70	4,29	28,78	9,30
0,78	F	50,71	5,84	55,10	4,79	35,44	11,30
0,78	F	52,13	6,61	53,49	5,12	36,59	12,85
0,78	F	55,17	7,57	54,31	5,63	25,24	9,59
0,78	F	51,16	6,79	49,16	4,92	19,34	7,10
0,78	F	46,55	5,99	48,07	4,67	21,47	7,65
0,78	A	41,21	5,90	46,45	5,02	20,35	8,06
0,78	A	48,75	6,78	45,68	4,80	19,77	7,61
0,78	A	47,54	5,68	49,02	4,42	21,65	7,16
0,78	A	48,77	8,00	47,78	5,92	10,30	4,67
0,78	A	51,28	6,45	44,67	4,24	20,79	7,23
0,78	P	53,78	6,82	51,88	4,96	18,88	6,63
0,78	P	59,39	8,38	55,16	5,87	20,52	8,01
0,78	P	50,20	6,67	49,75	4,99	29,41	10,81
0,78	P	49,45	6,82	52,16	5,43	17,82	6,80
0,78	P	42,41	5,02	47,54	4,25	19,37	6,35
0,78	B	55,75	6,58	53,10	4,73	30,73	10,04
0,78	B	49,38	6,88	50,81	5,34	21,96	8,47
0,78	B	42,92	5,72	43,28	4,36	13,64	5,04
0,78	B	58,87	6,47	54,59	4,53	23,23	7,06
0,78	B	47,42	6,68	50,50	5,34	15,46	6,00
0,59	S	47,73	4,54	48,89	4,76	31,47	11,23

Nível Cálcio %	Ácido Orgânico	Balanço Cálcio %	Balanço Cálcio g	Balanço Fósforo %	Balanço Fósforo g	Balanço Cobre %	Balanço Cobre mg
0,59	S	53,27	5,58	47,39	5,08	21,75	8,55
0,59	S	53,04	5,47	49,48	5,22	22,36	8,64
0,59	S	51,68	4,92	45,86	4,47	18,12	6,47
0,59	S	61,35	5,49	58,01	5,31	29,00	9,73
0,59	F	56,02	5,57	49,12	5,00	20,54	7,66
0,59	F	51,82	5,71	41,77	4,70	16,27	6,72
0,59	F	60,61	5,33	49,75	4,48	33,77	11,14
0,59	F	58,76	4,42	51,25	3,94	21,45	6,05
0,59	F	55,02	5,32	47,22	4,66	19,64	7,11
0,59	A	39,06	3,91	40,41	4,14	11,36	4,27
0,59	A	56,20	5,97	51,32	5,57	30,98	12,33
0,59	A	61,15	6,43	58,70	6,31	32,43	12,79
0,59	A	69,18	7,07	65,97	6,90	49,62	19,03
0,59	A	52,61	4,97	44,59	4,31	12,09	4,28
0,59	P	60,81	5,90	53,27	5,29	24,81	9,03
0,59	P	56,90	5,67	53,63	5,46	27,58	10,31
0,59	P	48,47	4,70	43,95	4,36	2,74	0,99
0,59	P	50,62	4,61	42,93	4,00	24,58	8,40
0,59	P	55,16	5,45	50,18	5,07	29,35	10,88
0,59	B	57,34	6,01	47,30	5,07	36,53	14,35
0,59	B	54,21	6,09	52,87	6,08	33,16	13,98
0,59	B	53,69	5,37	50,69	5,18	24,54	9,20
0,59	B	53,47	4,51	48,40	4,18	19,42	6,15
0,59	B	55,58	4,38	52,22	4,21	27,75	8,20
0,40	S	44,57	2,83	45,60	4,38	29,53	10,40
0,40	S	70,27	3,93	53,11	4,48	29,68	9,18
0,40	S	48,57	3,18	44,75	4,43	20,90	7,58
0,40	S	64,37	3,93	49,10	4,53	28,07	9,49
0,40	S	58,56	3,47	43,20	3,86	26,43	8,66
0,40	F	57,16	3,86	48,82	4,97	31,49	11,76
0,40	F	45,89	2,97	40,26	3,93	15,58	5,58
0,40	F	63,68	4,04	49,10	4,70	20,50	7,20
0,40	F	65,33	4,13	49,89	4,76	27,41	9,58
0,40	F	63,02	3,87	51,97	4,81	29,28	9,94
0,40	A	50,50	3,64	43,78	4,77	23,35	9,33
0,40	A	57,88	3,72	45,19	4,39	17,12	6,10
0,40	A	56,34	3,94	45,43	4,79	15,17	5,87
0,40	A	61,48	3,91	43,86	4,21	17,89	6,30
0,40	A	54,44	3,30	42,51	3,89	25,54	8,56
0,40	P	61,95	4,20	46,68	4,78	16,72	6,28
0,40	P	54,54	3,67	46,06	4,68	25,23	9,41
0,40	P	58,47	3,74	44,98	4,34	23,73	8,40
0,40	P	58,49	3,94	50,00	5,08	22,28	8,31
0,40	P	58,50	4,09	46,70	4,93	26,57	10,29
0,40	B	45,34	3,16	43,10	4,54	11,13	4,30
0,40	B	39,79	2,60	40,40	3,98	2,48	0,90
0,40	B	65,14	4,57	50,15	5,31	21,29	8,26
0,40	B	62,98	4,15	51,83	5,16	23,58	8,61
0,40	B	57,73	3,54	42,42	3,89	17,21	5,79

Observações experimentais

Nível Cálcio %	Ácido Orgânico	Peso Tíbia Seca g	Cinza Osso %	% Cinza Osso seco	Metaboliz Proteína %	Balanço Proteína g	EMA MS kcal	EMAn MS kcal	Coef.Metab. Energia %
0,97	S	5,87	16,00	40,64	58,71	187,40	3166,43	2919,96	70,42
0,97	S	5,82	13,67	35,08	61,51	171,50	3413,38	3187,82	75,92
0,97	S	5,54	15,03	39,11	64,46	207,41	3405,80	3133,02	75,75
0,97	S	6,56	16,13	40,10	63,63	198,29	3360,65	3099,85	74,74
0,97	S	4,25	13,57	38,21	56,56	155,78	3279,19	3074,31	72,93
0,97	F	6,56	15,33	38,99	58,44	172,03	3322,72	3096,47	74,41
0,97	F	4,79	15,63	40,96	53,13	147,73	3037,42	2843,13	68,02
0,97	F	6,12	16,05	39,07	58,55	175,75	3219,34	2988,19	72,10
0,97	F	6,16	15,08	37,46	58,94	182,57	3291,50	3051,39	73,71
0,97	A	7,06	14,62	37,15	59,85	187,58	3383,48	3136,78	74,42
0,97	A	5,91	16,19	38,33	61,41	169,61	3472,23	3249,17	76,38
0,97	A	6,73	15,68	40,22	60,95	197,47	3426,69	3166,98	75,37
0,97	A	6,05	14,22	38,42	62,45	185,90	3425,96	3181,46	75,36
0,97	P	6,01	16,11	39,87	57,12	181,46	3239,21	3000,55	71,75
0,97	P	6,47	12,67	32,59	66,59	173,12	3446,05	3218,37	76,33
0,97	P	5,60	16,63	40,87	60,56	171,55	3372,47	3146,86	74,70
0,97	P	5,66	14,62	38,15	61,72	204,81	3336,91	3067,54	73,91
0,97	B	6,06	14,62	38,44	62,01	194,01	3239,30	2984,14	73,24
0,97	B	6,26	15,83	40,34	64,10	190,59	3265,71	3015,04	73,84
0,97	B	5,51	16,72	41,86	58,60	181,82	3143,20	2904,07	71,07
0,97	B	5,14	13,93	37,39	55,66	181,91	3212,63	2973,39	72,64
0,78	S	5,70	14,46	37,37	60,21	210,94	3370,81	3093,39	75,02
0,78	S	5,64	15,82	39,04	52,85	177,61	3119,70	2886,10	69,43
0,78	S	6,35	12,76	31,86	58,06	183,69	3342,73	3101,13	74,40
0,78	S	5,42	13,32	34,55	60,78	190,33	3293,15	3042,83	73,29
0,78	S	4,66	15,01	39,28	58,69	162,21	3231,84	3018,50	71,93
0,78	F	5,98	12,42	31,32	65,86	179,89	3452,98	3216,39	77,24
0,78	F	4,66	14,73	39,72	62,22	187,17	3375,38	3129,22	75,51
0,78	F	6,14	15,41	39,18	62,18	202,42	3306,14	3039,92	73,96
0,78	F	6,57	16,88	40,05	61,11	192,37	3296,89	3043,89	73,75
0,78	F	4,66	15,09	37,43	56,43	172,34	3215,34	2988,68	71,93
0,78	A	6,02	14,92	37,20	53,68	181,68	3274,24	3035,29	72,60
0,78	A	6,35	14,19	37,03	59,62	196,22	3327,20	3069,14	73,78
0,78	A	4,46	15,95	41,63	58,46	165,21	3262,85	3045,57	72,35
0,78	A	7,11	16,49	41,75	56,00	217,35	3118,59	2832,73	69,15
0,78	A	5,71	16,34	40,18	55,22	164,29	3298,91	3082,84	73,15
0,78	P	6,27	15,22	36,86	59,31	178,22	3368,31	3133,91	74,87
0,78	P	6,57	15,43	38,82	57,78	193,30	3331,55	3077,32	74,05
0,78	P	5,74	14,76	38,56	54,82	172,60	3138,71	2911,70	69,76
0,78	P	5,24	14,42	37,91	53,93	176,23	3272,40	3040,63	72,73
0,78	P	4,67	14,23	36,07	57,00	160,06	3225,43	3014,92	71,69
0,78	B	5,70	13,50	34,93	67,56	189,48	3496,99	3247,78	77,64
0,78	B	6,20	16,63	40,83	62,07	205,30	3386,69	3116,68	75,20
0,78	B	5,53	14,96	38,68	55,77	176,66	3266,46	3034,11	72,53
0,78	B	5,85	14,89	37,55	62,31	162,59	3319,79	3105,95	73,71
0,78	B	5,74	15,37	40,27	54,95	182,97	3180,94	2940,30	70,63
0,59	S	5,72	14,23	37,35	63,78	195,37	3508,93	3251,97	77,29

Nível Cálcio %	Ácido Orgânico	Peso Tíbia Seca g	Cinza Osso %	% Cinza Osso seco	Metaboliz Proteína %	Balanço Proteína g	EMA MS kcal	EMAn MS kcal	Coef.Metab. Energia %
0,59	S	5,95	14,44	37,15	56,21	189,57	3120,29	2870,97	68,73
0,59	S	5,78	13,09	35,85	62,03	205,84	3304,71	3033,98	72,79
0,59	S	5,31	13,74	36,71	59,36	181,93	3227,15	2987,87	71,08
0,59	S	5,84	14,30	37,18	67,10	193,23	3420,10	3165,97	75,33
0,59	F	6,89	14,69	37,57	61,45	196,29	3374,50	3116,34	74,13
0,59	F	6,14	17,00	41,91	55,73	197,13	3179,61	2920,35	69,85
0,59	F	4,60	16,50	39,24	64,29	181,67	3478,70	3239,77	76,42
0,59	F	5,04	13,92	37,16	60,13	145,25	3423,32	3232,29	75,20
0,59	F	5,90	14,08	35,96	58,90	182,74	3406,89	3166,55	74,84
0,59	A	6,16	13,35	35,26	51,76	166,76	3118,95	2899,62	68,78
0,59	A	5,92	14,25	37,62	54,88	187,29	3267,42	3021,09	72,05
0,59	A	5,77	14,80	35,94	63,07	213,25	3467,29	3186,81	76,46
0,59	A	5,91	13,47	35,36	56,38	185,33	3253,33	3009,59	71,74
0,59	A	5,05	13,61	35,94	57,80	175,61	3211,32	2980,36	70,82
0,59	P	6,36	14,29	36,04	57,43	179,00	3319,35	3083,93	73,69
0,59	P	5,76	14,70	37,91	60,22	192,74	3427,79	3174,30	76,10
0,59	P	6,04	11,93	31,21	48,26	150,24	3003,51	2805,91	66,68
0,59	P	5,13	13,36	35,67	61,18	179,11	3352,35	3116,78	74,42
0,59	P	5,68	14,15	37,72	56,30	178,73	3200,71	2965,64	71,06
0,59	B	6,78	13,34	35,48	58,36	196,40	3338,43	3080,12	74,66
0,59	B	6,04	13,17	35,47	56,32	203,32	3241,90	2974,50	72,50
0,59	B	5,94	13,46	36,58	60,56	194,41	3127,64	2871,95	69,94
0,59	B	5,30	14,64	37,10	55,99	151,64	3299,64	3100,21	73,79
0,59	B	4,59	11,99	35,77	62,94	159,67	3346,52	3136,51	74,84
0,40	S	5,74	11,84	31,20	57,89	174,53	3315,62	3086,08	73,93
0,40	S	6,03	12,39	33,68	63,71	168,66	3270,96	3049,14	72,94
0,40	S	5,30	14,08	38,36	63,39	199,48	3289,82	3027,47	73,36
0,40	S	5,71	12,76	34,13	62,00	179,25	3259,40	3023,65	72,68
0,40	S	4,77	12,32	33,49	56,31	158,06	3345,85	3137,97	74,61
0,40	F	6,67	10,40	29,13	59,04	188,45	3250,38	3002,52	72,74
0,40	F	6,28	12,20	32,92	55,79	171,22	3108,64	2883,46	69,57
0,40	F	5,93	11,16	30,65	62,34	187,79	3297,59	3050,61	73,80
0,40	F	4,75	13,23	37,03	58,74	176,05	3108,99	2877,45	69,58
0,40	F	4,09	13,60	37,45	58,42	169,76	3230,03	3006,76	72,29
0,40	A	5,62	12,50	33,52	56,68	193,56	3323,86	3069,29	73,61
0,40	A	5,32	13,72	36,13	57,16	173,49	3234,69	3006,52	71,64
0,40	A	5,47	13,45	37,01	51,11	168,84	3119,23	2897,18	69,08
0,40	A	4,65	12,64	36,11	59,58	179,22	3201,40	2965,69	70,90
0,40	A	4,57	12,58	34,24	57,02	160,85	3233,57	3022,02	71,61
0,40	P	5,82	13,92	35,21	58,81	188,57	3299,78	3051,78	71,93
0,40	P	5,73	11,08	32,17	63,29	202,06	3422,53	3156,78	74,61
0,40	P	5,46	13,09	36,02	59,99	181,94	3407,74	3168,44	74,29
0,40	P	4,78	12,60	34,66	58,74	187,54	3266,74	3020,10	71,21
0,40	P	4,99	12,20	33,29	51,38	170,37	3111,09	2887,01	67,82
0,40	B	5,20	12,73	33,99	53,46	176,93	3194,68	2961,99	69,80
0,40	B	7,03	10,10	27,95	61,06	189,09	3398,31	3149,62	74,25
0,40	B	5,70	14,36	39,31	58,89	195,72	3187,60	2930,19	69,64
0,40	B	4,92	12,11	35,11	64,75	202,45	3440,88	3174,62	75,18
0,40	B	5,94	11,41	30,98	56,18	161,87	3210,95	2998,05	70,15

APÊNDICE B - Análises Estatísticas do Experimento

Analysis of Variance for CONSUMO DE RAÇÃO

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	51657,3	3	17219,1	1,27	0,2898
AO	66410,9	4	16602,7	1,23	0,3064
NC*AO	100280,0	12	8356,65	0,62	0,8206
PI	215911,0	1	215911,0	15,96	0,0001
Residual	1,01438E6	75	13525,1		

Total (corrected) 1,45547E6 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 30,3057 percent

Analysis of Variance for GANHO DE PESO

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	2019,69	3	673,23	0,09	0,9651
AO	15075,9	4	3768,99	0,51	0,7315
NC*AO	46764,0	12	3897,0	0,52	0,8933
PI	44435,3	1	44435,3	5,96	0,0169
Residual	558709,0	75	7449,46		

Total (corrected) 668842,0 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 16,4661 percent

Analysis of Variance for CONVERSÃO ALIMENTAR

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	0,0475566	3	0,0158522	0,94	0,4277
AO	0,0575931	4	0,0143983	0,85	0,4980
NC*AO	0,143968	12	0,0119973	0,71	0,7386
PI	0,00974082	1	0,00974082	0,58	0,4506
Residual	1,27026	75	0,0169368		

Total (corrected) 1,53487 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 17,2401 percent

Analysis of Variance for METABOLIZABILIDADE DA MATÉRIA SECA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	87,6917	3	29,2306	4,75	0,0043
AO	14,2114	4	3,55285	0,58	0,6797
NC*AO	63,7269	12	5,31057	0,86	0,5865
Residual	467,428	76	6,15037		

Total (corrected) 637,981 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 26,7331 percent

Analysis of Regressão for METABOLIZABILIDADE DA MATÉRIA SECA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
AO	17,3273	4	4,33182	0,73	0,5728
NC	86,3639	1	86,3639	14,59	0,0002
Residual	532,918	90	5,92131		

Total (corrected) 637,981 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 16,468 percent

Analysis of Variance for METABOLIZABILIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	90,6489	3	30,2163	5,13	0,0028
AO	13,6188	4	3,40471	0,58	0,6797
NC*AO	63,53	12	5,29417	0,90	0,5525
Residual	447,901	76	5,89344		

Total (corrected) 620,467 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 27,8122 percent

Analysis of regressão for METABOLIZABILIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
AO	16,3688	4	4,09221	0,72	0,5817
NC	89,687	1	89,687	15,74	0,0001
Residual	512,861	90	5,69845		

Total (corrected) 620,467 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 17,3428 percent

Analysis of Variance for METABOLIZABILIDADE DAS CINZAS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	64,0981	3	21,366	0,79	0,5043
AO	109,184	4	27,296	1,01	0,4094
NC*AO	258,441	12	21,5367	0,79	0,6549
Residual	2060,73	76	27,1149		

Total (corrected) 2497,88 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 17,5006 percent

Analysis of Variance for BALANÇO PROTEÍNA BRUTA GRAMAS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	159,388	3	53,1294	0,21	0,8869
AO	469,055	4	117,264	0,47	0,7571
NC*AO	2096,55	12	174,713	0,70	0,7455
Residual	18935,9	76	249,157		

Total (corrected) 21604,2 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 12,3508 percent

Analysis of Variance for COEFICIENTE DE METABOLIZABILIDADE DA PROTEÍNA BRUTA %

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	36,828	3	12,276	0,96	0,4153
AO	86,898	4	21,7245	1,70	0,1584
NC*AO	192,508	12	16,0423	1,26	0,2620
Residual	970,181	76	12,7655		

Total (corrected) 1302,77 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 25,5296 percent

Analysis of Variance for ENERGIA METABOLIZÁVEL APARENTE MS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	27428,0	3	9142,66	0,82	0,4873
AO	9321,59	4	2330,4	0,21	0,9328
NC*AO	241741,0	12	20145,1	1,80	0,0622
Residual	848216,0	76	11160,7		

Total (corrected) 1,12417E6 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 24,5476 percent

Analysis of Variance for ENERGIA METABOLIZÁVEL APARENTE CORRIGIDA PARA NITROGÊNIO MS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	23891,6	3	7963,86	0,77	0,5152
AO	8737,55	4	2184,39	0,21	0,9317
NC*AO	222215,0	12	18517,9	1,79	0,0654
Residual	787523,0	76	10362,1		

Total (corrected) 1,03995E6 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 24,273 percent

Analysis of Variance for COEFICIENTE DE METABOLIZABILIDADE DA ENERGIA %

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	32,3131	3	10,771	1,97	0,1257
AO	4,49347	4	1,12337	0,21	0,9347
NC*AO	66,6527	12	5,5544	1,02	0,4436
Residual	415,67	76	5,46934		

Total (corrected) 521,424 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 20,2818 percent

Analysis of Variance for BALANÇO DE CÁLCIO %

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	3199,23	3	1066,41	24,96	0,0000
AO	83,0997	4	20,7749	0,49	0,7458
NC*AO	141,762	12	11,8135	0,28	0,9914
Residual	3247,02	76	42,7239		

Total (corrected) 6718,65 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 51,6716 percent

Analysis of Regressão for BALANÇO DE CÁLCIO %

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
AO	90,5179	4	22,6295	0,59	0,6703
NC	140,388	1	140,388	3,66	0,0588
NC2	317,513	1	317,513	8,29	0,0050
Residual	3410,43	89	38,3194		

Total (corrected) 6718,65 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 49,2394 percent

Analysis of Variance for BALANÇO DE CÁLCIO EM GRAMAS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	113,022	3	37,6739	60,97	0,0000
AO	1,44854	4	0,362134	0,59	0,6737
NC*AO	1,37737	12	0,114781	0,19	0,9987
Residual	46,9597	76	0,61789		

Total (corrected) 162,648 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 71,128 percent

Analysis of Regressão for BALANÇO DE CÁLCIO EM GRAMAS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
AO	1,5092	4	0,377301	0,67	0,6149
NC	25,6819	1	25,6819	45,56	0,0000
NC2	16,1961	1	16,1961	28,73	0,0000
Residual	50,1677	89	0,563682		

Total (corrected) 162,648 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 69,1556 percent

Analysis of Variance for BALANÇO DE FÓSFORO %

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	211,167	3	70,3891	3,86	0,0125
AO	19,9229	4	4,98073	0,27	0,8943
NC*AO	330,464	12	27,5386	1,51	0,1386
Residual	1384,79	76	18,2209		

Total (corrected) 1944,78 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 28,7943 percent

Analysis of regressão for BALANÇO DE FÓSFORO %

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
AO	19,8099	4	4,95247	0,25	0,9098
NC	134,822	1	134,822	6,77	0,0108
Residual	1792,67	90	19,9185		

Total (corrected) 1944,78 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 7,82134 percent

Analysis of Variance for BALANÇO DE FÓSFORO EM GRAMAS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	2,41251	3	0,80417	2,64	0,0554
AO	1,31129	4	0,327823	1,08	0,3740
NC*AO	3,28935	12	0,274112	0,90	0,5505
Residual	23,139	76	0,304461		

Total (corrected) 30,0578 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 23,0182 percent

Analysis of regressão for BALANÇO DE FÓSFORO EM GRAMAS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
AO	1,21015	4	0,302538	1,01	0,4041
NC2	1,50598	1	1,50598	5,05	0,0271
NC	1,73699	1	1,73699	5,83	0,0178
Residual	26,5314	89	0,298106		

Total (corrected) 30,0578 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 11,732 percent

Analysis of Variance for BALANÇO DE COBRE EM %

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	207,608	3	69,2026	1,34	0,2684
AO	56,3004	4	14,0751	0,27	0,8951
NC*AO	1053,95	12	87,8294	1,70	0,0839
Residual	3931,71	76	51,733		

Total (corrected) 5246,8 95
 All F-ratios are based on the residual mean square error.
 R-Squared = 25,0646 percent

Analysis of Variance for BALANÇO DE COBRE EM mg

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	39,074	3	13,0247	1,84	0,1462
AO	7,24578	4	1,81145	0,26	0,9048
NC*AO	129,676	12	10,8064	1,53	0,1318
Residual	536,554	76	7,05992		

Total (corrected) 710,732 95
 All F-ratios are based on the residual mean square error.
 R-Squared = 24,5068 percent

Analysis of Variance for PESO DO TÍBIA (g)

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	2,57385	3	0,857951	1,83	0,1495
AO	0,508254	4	0,127064	0,27	0,8961
NC*AO	2,80385	12	0,233654	0,50	0,9101
Residual	35,7026	76	0,469771		

Total (corrected) 41,4084 95
 All F-ratios are based on the residual mean square error.
 R-Squared = 13,7794 percent

Analysis of Regressão for PESO DA TÍBIA (g)

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
AO	0,451738	4	0,112934	0,26	0,9024
NC	2,00941	1	2,00941	4,64	0,0339
Residual	38,9866	90	0,433184		

Total (corrected) 41,4084 95
 All F-ratios are based on the residual mean square error.
 R-Squared = 5,84857 percent

Analysis of Variance for CINZA DO OSSO %

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	105,36	3	35,12	28,17	0,0000
AO	4,77891	4	1,19473	0,96	0,4354
NC*AO	13,6782	12	1,13985	0,91	0,5370
Residual	94,7439	76	1,24663		

Total (corrected) 218,379 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 56,615 percent

Analysis of regressão for CINZA DO OSSO %

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
AO	5,02173	4	1,25543	1,03	0,3961
NC	11,8555	1	11,8555	9,73	0,0024
NC2	5,59041	1	5,59041	4,59	0,0349
Residual	108,442	89	1,21845		

Total (corrected) 218,379 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 50,3423 percent

Analysis of Variance for % CINZA DO OSSO SECO

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
NC	285,709	3	95,2365	15,85	0,0000
AO	13,1267	4	3,28167	0,55	0,7023
NC*AO	55,5056	12	4,62547	0,77	0,6790
Residual	456,65	76	6,00856		

Total (corrected) 811,697 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 43,7413 percent

Analysis of regressão for % CINZA DO OSSO SECO

Source	Sum of Squares	Df	Mean Squar	F-Ratio	P-Value
AO	13,7567	4	3,43916	0,59	0,6686
NC	277,231	1	277,231	47,79	0,0000
Residual	522,039	90	5,80043		

Total (corrected) 811,697 95

All F-ratios are based on the residual mean square error.

R-Squared = 35,6855 percent