



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ALITON NUNES DA SILVA

**FONTES E GRANULOMETRIAS DO CALCÁRIO NAS DIETAS INICIAL E
CRESCIMENTO DE FRANGOS DE CORTE**

**Areia -PB
Fevereiro de 2017**

ALITON NUNES DA SILVA

**FONTES E GRANULOMETRIAS DO CALCÁRIO NAS DIETAS INICIAL E
CRESCIMENTO DE FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Zootecnia, área de concentração em produção de não ruminantes, para obtenção do título de mestre.

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva

Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa

Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal

Areia -PB

Fevereiro de 2017

S586f Silva, Aliton Nunes da.

Fontes e granulometria do calcário nas dietas inicial e crescimento de frangos de corte / Aliton Nunes da Silva. – Areia - PB: CCA/UFPB, 2017.

ix, 45 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

Bibliografia.

Orientador: José Humberto Vilar da Silva.

1. Frangos de corte – Desempenho produtivo 2. Dieta de aves – Cálcio 3. Carcaça de frangos – Qualidade I. Silva, José Humberto Vilar da (Orientador) II. Título.

UFPB/BSAR

CDU: 636.5 (043.3)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: “Fontes e granulometrias do calcário nas dietas inicial e crescimento de frangos de corte”

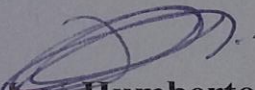
AUTOR: Aliton Nunes da Silva

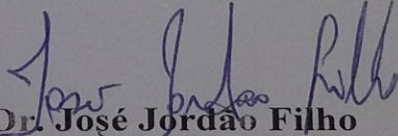
ORIENTADOR: Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva

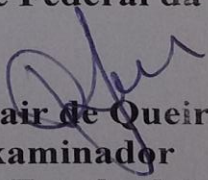
JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:


Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva
Presidente
Universidade Federal da Paraíba


Prof. Dr. José Jordão Filho
Examinador
Universidade Federal da Paraíba


Prof. Dr. Dijair de Queiroz Lima
Examinador
Universidade Estadual da Paraíba

Areia, 22 de fevereiro de 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e sabedoria para que eu pudesse realizar este trabalho, pois sem a força Dele nós não podemos caminhar de forma correta.

Agradeço a minha MÃE (Josileide Guilherme da Silva) e meu PAI, (José Nunes Neto) que apesar das dificuldades conseguiram me oferecer uma boa educação, que servirá para toda vida, principalmente meu pai que me ensinou a trabalhar, onde essas atitudes serviram pra que me torna-se uma pessoa de bem.

Agradeço a minha amada namorada Roseane da Silva, que sempre me deu apoio, e sempre procurou entender nas vezes que precisei ficar ausente por conta das pesquisas e disciplinas, e sempre esteve do meu lado nas horas difíceis.

A todos os meus familiares que sempre ficaram na torcida pela minha vitória, principalmente minha irmã Andreza Nunes, meu tio Josenilson Guilherme (DODA) e meu avô Oliveira Nunes.

Ao professor José Humberto Vilar da Silva, que sempre teve paciência de me explicar as dúvidas que surgiram durante todo o percurso do mestrado desde as suas disciplinas ministradas no programa (Métodos de Avaliação de Alimentos e Exigência Nutricionais / Nutrição de Não-Ruminantes), até todo o desenvolvimento da pesquisa e confecção da dissertação.

Ao professor José Jordão Filho, pois este foi o grande responsável pelo meu sucesso nessa pequena trajetória acadêmica, sendo a primeira pessoa na universidade que depositou sua confiança em mim ainda no início do curso de graduação quando me deu a oportunidade de ingressar na iniciação científica.

Aos professores Fernando Guilherme Perazzo Costa e Leonardo Augusto Fonseca Pascoal, membros do meu comitê de orientação, pelas contribuições, no exame de qualificação.

Ao professor Paulo Sérgio de Azevedo pela total disponibilidade e confiança para realização das análises de resistência óssea.

A todo corpo docente do programa de Pós Graduação em Zootecnia, da UFPB pelos conhecimentos transmitidos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo, pois sem ela não tinha conseguido êxito na obtenção do título de mestre.

Aos meus companheiros de quarto no início do mestrado Hélio Domingos, Alian Cácio e Eduardo, que sempre tornaram o ambiente descontraído e alegre favorecendo meus estudos.

Agradeço a todos os integrantes do Grupo NEPaves, Tiago Melo, Leandro Araújo, Mário César, João Pedro, Janiele, Lucas Notaro, Flavio Bruno, Nataly, Erivaldo Justino, Carol Araújo, Gabriele Catarine, David, “Menino Andrews” e Gelma, pois a colaboração de todos foi fundamental para o desenvolvimento desse trabalho, seja de forma braçal como pesagem dos aves, confecção das rações e abates, ou de forma intelectual, na confecção deste trabalho e análises estatísticas. Especialmente agradecer a Silvana Lima, que foi a pessoa que mais ajudou no desenvolvimento do experimento, pois todos os dias estava comigo para a realização de manejos diários e planejamento de atividades.

Agradecer aos funcionários do laboratório de Avicultura do CCHSA, seu Nivaldo, Fabiano e Santino pela ajuda em algumas atividades dos experimentos, e pelas brincadeiras descontraídas nas horas de descanso.

Em fim, a todos que de certa forma contribuíram para minha formação acadêmica o meu muito obrigado.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe Josileide Guilherme da Silva, meu pai José Nunes Neto, meus avós Helena Cardoso da Silva e Manuel Guilherme da Silva *In memoriam*, e a todos os membros da família Nunes e da família Guilherme.

Você tem que ser louco, tem que ter uma verdadeira necessidade, você precisa dormir sobre seus dedos do pé e quando você está na rua, você precisa ser capaz de distinguir a carne fácil com seus olhos fechados.

David gilmour (Pink Floyd)

FONTES E GRANULOMETRIAS DO CALCÁRIO NAS DIETAS INICIAL E CRESCIMENTO DE FRANGOS DE CORTE

Aliton Nunes da Silva; José Humberto Vilar da Silva

RESUMO: Objetivou-se estudar a influência de diferentes fontes do calcário calcítico, associadas a diferentes granulometrias no desempenho, qualidade de carcaça e parâmetros ósseos em frangos de corte nas fases inicial e de crescimento. Foram utilizados 1224 pintos da linhagem Cobb -500 Slow Feather[®] na fase de 8 a 21 dias e 504 na fase de 33 a 42 dias. As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3x3, (Três fontes de calcário e três granulometrias) totalizando nove tratamentos com quatro repetições, de 34 aves de 8 a 21 e 14 por repetição, de 33 a 42 dias. Para ambas as fases, os calcários foram identificados pela origem como A, B e C e continham 34, 42 e 36% de cálcio, respectivamente. Para a fase de 8 a 21 dias as granulometrias foram: Fina (0,419 mm), comercial (1,418 mm) e pedrisco (2,334 mm) e para a segunda fase a granulometria fina foi substituída pela grossa (2,695 mm). Foram determinados os diâmetros geométrico médio, desvio padrão geométrico, solubilidade das fontes, desempenho, características de carcaça, índices econômicos e parâmetros ósseos das tíbia. Na fase inicial as fontes de calcário apresentaram diferentes solubilidades ($P \leq 0,05$) em função da granulometria e da origem do calcário. Não foi observado efeito de interação ($P > 0,05$) entre as fontes e granulometrias no desempenho nas duas fases, entretanto, a fonte C e a granulometria pedrisco influenciaram menores resultados de consumo de ração e melhor conversão alimentar. Na fase de crescimento, não houve efeito de interação entre a fonte e a granulometria do calcário ($P < 0,05$). A fonte C do calcário diminuiu o consumo dos frangos, enquanto a granulometria grossa, diminuiu o consumo e melhorou a conversão alimentar ($P \leq 0,05$). O desempenho econômico dos frangos foi melhor com o calcário A e a granulometria pedrisco na ração inicial e, a granulometria grossa na ração da fase de crescimento. Com exceção do índice seedor aos 42 dias, os demais parâmetros ósseos não foram influenciados ($P > 0,05$) pela interação entre fontes e granulometrias dos calcários. Os calcários A e C e as granulometrias pedrisco (2,334 mm) na fase inicial e grossa na fase de crescimento, são as mais indicadas para frangos de corte. Recomendam-se usar calcários com solubilidades de 44,84% para frangos na fase inicial e de 31,13% na fase de crescimento.

Palavras – chave: Cálcio, desempenho produtivo, solubilidade

SOURCES AND GRANULOMETRIES OF THE LIMESTONE IN THE INITIAL AND GROWTH DIETS OF CHICKENS

Aliton Nunes da Silva; José Humberto Vilar da Silva

ABSTRACT: The objective of this study was to study the influence of different sources of calcitic limestone associated with different particle sizes on performance, carcass characteristics and bone parameters in broilers in the initial and growth stages. A total of 1224 chicks of the Cobb -500 Slow Feather strain was used of 8 to 21 days of age and 504 at 33 to 42 days. The birds were distributed in a completely randomized design in a 3x3 factorial arrangement (three limestone sources and three granulometries), resulting in nine treatments with four replications, of 34 birds of 8 to 21 and 14 birds of 33 to 42 days. For both phases, the limestones were identified by the origin as A, B and C and contained 34, 42 and 36% of calcium, respectively. For the 8 to 21 days period the limestone granulometries were: fine (0.419 mm), commercial (1.418 mm) and hail (2.334 mm) and for the second phase the fine particle size was replaced by the coarse particle size (2.695 mm). The geometric mean diameter, geometric standard deviation, solubility of the limestone sources, performance, carcass characteristics, economic indexes and bone parameters of the tibia were determined. In the initial phase the sources of limestone presented different solubilities ($P \leq 0.05$) as a function of the granulometry and the origin of the limestone. There was no interaction effect ($P > 0.05$) between the sources and limestone particle size in the two phases, however, source C and hail particle size decreased feed intake and improved feed conversion. In the growth phase, there was no interaction effect between the source and the limestone granulometry ($P < 0.05$). The source C of the limestone decreased the consumption of the chickens, while the coarse particle size improved the feed intake and feed conversion ($P \leq 0.05$). The economic performance of the chickens was better with limestone A and the granulometry of hail in the initial diet and the coarse particle size in the diet of the growth phase. Exception of the seedor index at 42 days, the other bony parameters were not influenced ($P > 0.05$) by the interaction between sources and granulometry of limestones. The limestone A and C and the particle hail size of initial phase and the coarse particle size in the growth phase are more indicate for chickens. Suggest to use limestone with solubilities of 44.84% for chickens in the initial phase and of 31,13% in the growth phase.

Key words: Calcium, productive performance, solubility

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição percentual e valores nutricionais calculados das rações inicial (8 a 22 dias de idade) e crescimento (33 a 42 dias de idade)	20
Tabela 2. Teores de cálcio, valores de solubilidade e granulometria das fontes de calcário	22
Tabela 3 - Médias de solubilidade em função das fontes e das granulometrias	23
Tabela 4 - Desempenho de frango dos 8 a 21 dias de idade alimentados com rações contendo diferentes fontes e granulometrias de calcário	25
Tabela 5 - Desempenho de frango dos 33 a 42 dias de idade alimentados com rações contendo diferentes fontes e granulometrias de calcário	26
Tabela 6 – Peso, percentagens de carcaça, de cortes comerciais e gordura abdominal de frangos de 8 a 22 dias de idade submetidos à alimentação de dietas contendo diferentes fontes de calcário associados a diferentes granulometrias	29
Tabela 7 - Peso, percentagens de carcaça, de cortes comerciais e gordura abdominal de frangos de 33 a 42 dias de idade submetidos à alimentação de dietas contendo diferentes fontes de calcário associados a diferentes granulometrias.....	30
Tabela 8 - peso e percentagens de órgãos de frangos de 8 a 22 dias de idade submetidos à alimentação de dietas contendo diferentes fontes de calcário associados a diferentes granulometrias.....	31
Tabela 9 - Pesos e percentagens de órgãos de frangos de 33 a 42 dias de idade submetidos à alimentação de dietas contendo diferentes fontes de calcário associados a diferentes granulometrias.....	32
Tabela 10 - Análise dos índices econômicos, das dietas de frango de 8 a 21 dias de idade contendo diferentes fontes de calcário associada a diferentes granulometrias	33
Tabela 11 - Análise dos índices econômicos, das dietas de frango de 33 a 42 dias de idade contendo diferentes fontes de calcário associada a diferentes granulometrias	34

Tabela 12 - Características dos parâmetros ósseos dos frangos aos 21 dias de idade contendo diferentes fontes de calcário associada a diferentes granulometrias35

Tabela 13 - Características dos parâmetros ósseos dos frangos aos 42 dias de idade contendo diferentes fontes de calcário associada a diferentes granulometrias36

Tabela 14 - Desdobramento da interação do índice de seador das tíbias dos frangos aos 42 dias alimentados com dietas contendo diferentes fontes e granulometrias do calcário37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1. Calcário calcítico.....	14
2.2. Importância do cálcio na dieta das aves.....	14
2.3. Absorção de cálcio	15
2.4. Solubilidade e tamanho de partículas da fonte de cálcio	16
2.5. Transporte de cálcio.....	17
2.6. Deposição de minerais e qualidade óssea	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1. Local dos experimentos	19
3.2. Animais e tratamentos experimentais	19
3.3. Manejo experimental	19
3.4. Determinação da solubilidade, DGM e DPG dos calcários	21
3.5. Variáveis estudadas	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. Solubilidade e granulometria dos calcários.....	23
4.2. Desempenho produtivo.....	24
4.2.1. Fase de 8 a 21 dias	24
4.2.2. Fase de 33 a 42 dias	26
4.3. Características de carcaça e órgãos	28
4.4. Índices Econômicos	33
4.5. Parâmetros ósseos.....	35
5. CONCLUSÃO	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1. INTRODUÇÃO

A suplementação de minerais nas dietas de aves parte do princípio de que o milho e o farelo de soja não atendem os requerimentos de alguns minerais. Dentre os principais minerais exigidos pelas aves o cálcio destaca-se por participar de diversas funções. A função estrutural está associada ao desenvolvimento e a manutenção óssea (BRONNE, 2003; CHUNG *et al.*, 2009). Dentre outras funções, o cálcio é fundamental para a vasoconstrição e vasodilatação, transmissão de impulsos nervosos, contração muscular, metabolismo celular e atua como segundo mensageiro (por exemplo, cálcio citosólico, estímulo da remoção de cálcio) mediando efeitos de sinalização de membranas para a liberação de substâncias e hormônios (CHUNG *et al.*, 2009).

Segundo Kleyn (2013), mais de 99% do cálcio corporal encontra-se nos ossos principalmente sob a forma de hidroxiapatita, que é um cristal complexo basicamente composto de cálcio e de fosfato, e 1% nos fluidos extracelulares. O cálcio difere de outros nutrientes por manter um estoque considerável no organismo que pode ser mobilizado rapidamente para manter a homeostase no organismo, enfraquecendo o tecido ósseo quando a dieta é deficiente ou pelo efeito de outros fatores como solubilidade que pode afetar a digestão o metabolismo e o desempenho dos frangos.

O calcário calcítico é a fonte de cálcio mais utilizada nas dietas de aves, entretanto a qualidade destas fontes variam em função da origem geológica e dos seus teores de cálcio, magnésio, sílica, solubilidade e granulometria, influenciando diretamente na quantidade de calcário a ser inclusa nas dietas para os frangos. Fontes que apresentam teor de cálcio mais elevado são inclusas em menor quantidade na dieta tendo em vista o seu maior potencial de atender a deficiência de cálcio dietético. Os calcários de menor granulometria e alta solubilidade apresentam perdas fecais de cálcio maiores que interferem na absorção dos íons cálcio.

Um estudo realizado por Zhang & Coon (1997a) teve como resultado que a granulometria interfere diretamente na solubilidade do calcário, onde o calcário de maior tamanho de partícula tende a ser menos solúvel *in vitro*, indicando que quanto menor o tamanho de partícula deste material, maior será sua solubilidade.

A granulometria ideal do calcário para frangos de corte ainda é motivo de controversias, GUINOTTE *et al.* (1991) ao comparar dietas com granulometria de 0,150 mm e 1,306 mm encontrou melhor resultado de desempenho com a menor granulometria. Ao contrário Zohravi (2002), concluiu que rações para frangos de corte de 8 a 49 dias de idade confeccionadas com

calcários de tamanho de partícula de 1,8 a 4,75 mm reduziram a ingestão de alimentos, melhoraram a conversão alimentar e aumentaram a retenção de cálcio e de fósforo na tíbia.

Diante do exposto, objetivou-se estudar a influência de diferentes fontes do calcário calcítico associadas a diferentes granulometrias, no desempenho, características de carcaça e parâmetros ósseos de frangos de corte.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Calcário calcítico

As fontes mais utilizadas na alimentação animal para suprir a necessidade de cálcio, são os compostos inorgânicos, proveniente de rochas, como os calcários e o fosfatos bicálcios, por serem mais abundantes na natureza e de menor custo (ARAÚJO et al., 2008; MELO e MOURA, 2009).

O calcário calcítico é um suplemento mineral proveniente da extração da rocha calcária, que é apenas moída, não tendo a necessidade de passar por nenhum tratamento específico após a moagem para ser usado na alimentação das aves.

A sua utilização é intensificada por conta das características químicas deste produto, sendo que este contém em média 38% de cálcio e níveis inferiores de 5% de magnésio, uma vez que este íon pode dificultar a absorção de cálcio no intestino dos animais.

Segundo o NRC (1994), a biodisponibilidade de cálcio no calcário calcítico situa-se próximo de 90%, esse alto valor de biodisponibilidade deve-se ao fato do calcário calcítico possuir cristais com camadas alternadas de íons cálcio e carbonato (calcita), proporcionando maior solubilidade do material, enquanto, no calcário dolomítico o magnésio substitui parte do cálcio, resultando em cristais mais densos e menos solúveis. O magnésio por ser antagonista ao cálcio pode influenciar o mecanismo de absorção intestinal. ROSS *et al.* (1984) comentam que a disponibilidade de cálcio no calcário dolomítico é menor do que no calcário calcítico devido a sua maior complexidade estrutural.

2.2. Importância do cálcio na dieta das aves

O cálcio (Ca) é um macromineral essencial que desempenha diversas funções no organismo, como na formação e manutenção dos ossos, formação da casca do ovo, transmissão de impulsos nervosos, coagulação sanguínea, contração muscular, ativador de sistemas enzimáticos e coadjuvante na secreção de alguns hormônios (MACARI et al., 2002; UNDERWOOD, 1999). O desequilíbrio deste nutriente na dieta pode causar mudanças na taxa de absorção deste nutriente no lúmen intestinal.

O cálcio encontra-se no grupo dos metais alcalinos terrosos com peso atômico de 40,08 e número atômico 20. Sua ocorrência na crosta terrestre é 3,64%, sendo considerado o 5º elemento mais abundante. O cálcio ocorre abundantemente na natureza e as fontes

minerais mais utilizadas são calcário calcítico ou dolomítico, carbonato, sulfato e fluoreto de cálcio, fluorapatita e fosfatos de rocha defluorizado, tendo estas fontes biodisponibilidade variáveis (GEORGIEVSKII, 1982; FIALHO *et al.*, 1992).

A formação do esqueleto das aves depende de um suprimento adequado de Ca na alimentação e cerca de 99% do Ca do organismo é encontrado na massa óssea dos animais na forma de fosfato de cálcio e hidroxiapatita, enquanto o 1% restante acha-se distribuído pelos órgãos e tecido moles desempenhando funções essenciais ao metabolismo orgânico (Kleyn, 2013).

2.3. Absorção de cálcio

O cálcio dietético é absorvido sobre na forma iônica no intestino delgado, o que depende de vários fatores fisiológicos, entre eles o estado de reserva deste mineral no organismo, a ação dos derivados ativos de vitamina D, os níveis anteriores e atuais dos aportes de Ca (Gueguen, 1990), e da solubilidade do mineral no meio ácido do estômago (Pak e Avioli, 1988).

O cálcio dietético ave é proveniente de alimentos de origem animal, vegetal ou aditivos minerais. O cálcio presente nos vegetais está complexado as proteínas e a íons de ácidos orgânicos, já o cálcio dos aditivos minerais, aparece como carbonato ou fosfato de cálcio. Qualquer que seja sua forma química, a massa de Ca composta e introduzida na dieta é convertida pelo suco gástrico em cloreto de cálcio, que é quase completamente dissociado em íons (Barcelos, 1999).

Após a absorção, o cálcio é movido através do sistema porta em direção ao tecido hepático, onde os compostos complexos são quebrados e o cálcio forma novo composto semelhante a outro cátion, possivelmente, com proteínas.

Independente da forma como o cálcio é ingerido, sua absorção é dependente da sua solubilidade no ponto de contato com as membranas absorventes (Maynard *et al.*, 1979). Segundo Bener e Levy (1988), o cálcio é ativamente absorvido em todos os segmentos do intestino, principalmente no duodeno e jejuno numa velocidade maior que a de qualquer íon, exceto o Na.

O cálcio permanece por algum tempo no fígado, assim, sua taxa de passagem para o sangue periférico é relativamente uniforme. O fígado é considerado uma central metabólica por onde passa o sangue carregando o Ca^{+2} . Após a absorção o Ca^{+2} é depositado nos tecidos moles, migrando de tecido para tecido até ser excretado (Georgievskii, 1982).

Animais alimentados com dieta deficiente nesse mineral aumentam a taxa de absorção, enquanto altos níveis dietéticos de Ca levam à redução da absorção (Rutz, 1994).

Existem fatores que interferem na absorção de Ca, e dentre estes pode-se destacar a interação entre minerais com a solubilidade e o tamanho de partículas.

2.4.Solubilidade e tamanho de partículas da fonte de cálcio

A eficiência da digestão dos alimentos pode ser influenciada pela exposição destes às ações das secreções digestivas, bem como pela taxa de passagem no trato gástrico-intestinal das aves. Sendo assim, o grau de moagem dos suplementos tem influência sobre a disponibilidade dos minerais, pois a variação existente na utilização do cálcio de diversas fontes é também devida ao tamanho de partícula, o que vai influenciar na solubilidade dos minerais, sendo esta melhora considerável com a diminuição do tamanho da partícula (Deobald, Everjem e Hart, 1988).

De acordo com Fassani, (2003), a moagem é o principal fator que afeta a solubilidade do calcário, para galinhas poedeiras e o ideal é que o valor de solubilidade *in vitro* não ultrapasse 12%, mas para frango de corte segundo Bertechini (2012) o ideal é que a fonte de calcário apresente uma solubilidade *in vitro* maior que 20%, entretanto o valor máximo de solubilidade ainda é desconhecido.

Altos níveis de calcário com granulometria fina permitem elevada concentração de cálcio no trato gastrointestinal e prejudicam a absorção de vários microminerais, principalmente os bivalentes (BERTECHINI, 2012).

De acordo com Motzok, Arthur e Branion (1965) um alto nível de Ca, proveniente de uma fonte altamente solúvel, como o carbonato de cálcio ou calcário calcítico, pode interferir na absorção de cálcio e de fósforo de um suplemento de baixa solubilidade utilizado.

Em relação à granulometria da fonte de cálcio, Damron e Harms (1971); Mc Naughton, Dilworth e Day (1974); Anderson, Dobson e Jack (1984) relataram que as aves apresentaram diferença na absorção de cálcio, de acordo com o tamanho das partículas da fonte, tendo a melhor utilização do cálcio da ração ocorrido quando as partículas se encontravam com granulometria de média a fina devido à maior facilidade de atuação dos sucos digestivos. A hipótese para explicar o aumento no cálcio retido em aves alimentadas com calcário é de que partículas grandes permaneceriam por mais tempo na moela (Scott, Hull e Mullenhof; 1971), com liberação gradual de cálcio no intestino (Rao e Roland, 1990 e 1992), evitando-se os picos de cálcio intestinais causados por calcários muito solúveis.

Avaliando a influência do tamanho da partícula sobre a solubilização *in vivo* pelas poedeiras, Rao e Roland (1990) destacaram que as aves recebendo ração com calcário de partículas grandes tiveram maior porcentagem de cálcio solubilizado e retido, quando comparadas com as aves que consumiram calcário em pó fino.

2.5. Transporte de cálcio

O cálcio na dieta pode ser transportado através do epitélio intestinal de forma ativa ou passiva (FUJITA *et al.*, 2008). De acordo com PENG, BROWN e HEDIGER 2003, o transporte de cálcio de forma ativa se dar em três passos : O primeiro é a entrada do íon através da membrana celular, logo após acontece a difusão pelo citoplasma e por último a saída pela membrana basolateral da célula. Já o transporte passivo é caracterizado pela passagem dos íons de cálcio do lúmen para a corrente sanguínea, por conta do gradiente de concentração (BRONNER, PANSU, 1999; BRONNER; PANSU; STEIN 1986). O transporte passivo ocorre ao longo de todo intestino delgado, mas o transporte ativo além de acontecer também no intestino delgado o processo é dependente de vitamina D. A ação da vitamina D parece ser essencial na absorção, transporte do epitélio e passagem do cálcio para a corrente sanguínea. Esta vitamina atua sobre o DNA do núcleo das células do microvilos intestinal, ativando a síntese de uma proteína transportadora de cálcio (PTCa). Esta proteína se liga com gasto de energia e transporta o Cálcio presente no microvilos para a corrente sanguínea, sem sair da célula, com ajuda do sódio (Bertechini, 1994). Os altos níveis dessa proteína correlacionam-se positivamente a entrada de grandes quantidades de cálcio no citosol, não permitindo, entretanto, concentrações que levem à formação de sais insolúveis com íons intracelulares.

O transporte ativo de cálcio ainda pode ser regulado pela concentração dietética de cálcio (AUCUERE *et al.*, 1998), os níveis séricos de cálcio e fósforo são mantidos através de mecanismos de feedback dos hormônios PTH, calcitriol, calcitonina e seus receptores no intestino delgado, ossos e rins (VEUN, 2010). De acordo Bar *et al.*, (2003) as linhagens de frangos de corte de crescimento rápido alimentados com dietas deficientes em cálcio e fósforo, da eclosão até 11 dias de idade, tiveram leve hipocalcemia, e aumento da atividade renal da 1-alfa-hidroxilase, uma enzima que é responsável pela ativação da vitamina D nos rins, esses animais ainda tiveram aumento da concentração da proteína transportadora de cálcio (Calbindin D28-K), no intestino. O organismo das aves utiliza esses mecanismos compensatórios para manter a calcemia nos níveis adequados.

2.6. Deposição de minerais e qualidade óssea

O percentual de Ca nos ossos de animais adultos, que está em torno de 99%, é encontrada na forma de cristais de hidroxiapatita, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$.

Segundo Barcelos (1999), o cálcio é acumulado de forma mais intensa no esqueleto das aves no período osteogênético, o cálcio aumenta de forma mais rápida no esqueleto do pintinho durante as fases iniciais, chegando ao final do primeiro mês de vida a 80 % do conteúdo deste elemento presente em uma ave adulta.

Os osteoblastos formam osso novo na superfície do osso previamente absorvido pelos osteoclastos. Os osteoclastos são células gigantes multinucleadas responsáveis pela reabsorção óssea, estão ativamente envolvidos na síntese de componentes da matriz do osso e facilitam o movimento de íons minerais extracelulares e de superfície óssea (Georgevskii, 1982).

De acordo com RATH *et.al.* (2000), as linhagens de frangos de crescimento rápido, não tem o desenvolvimento do esqueleto acompanhando o seu desenvolvimento do peso corporal, o que gera uma sobrecarga sobre o esqueleto ainda em formação, causando diversos problemas ósseos, uma vez que o melhoramento genético desses animais tem focado mais no desenvolvimento dos tecidos musculares sem dar a devida atenção para o crescimento do tecido ósseo.

Frangos de corte e poedeiras apresentam alta incidência de problemas ósseos como fadiga de gaiola, deformidades ósseas, fraturas, dicondroplasia tibial e osteoporose, (MCCOY; RIELY; KILPATRIC, 1996).

A fragilidade e porosidade dos ossos estão relacionadas com a presença de fragmentos ósseos em produtos de carne desossada, assim como com a despigmentação da carne adjacente ao osso, em virtude da lixiviação do sangue, tornando a carne menos atraente para o consumidor, (RATH *et.al.*, 2000). O impacto econômico em decorrência de deformidades nos ossos das aves pode gerar prejuízos de milhões de reais ao ano para os produtores.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local dos experimentos

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Avicultura do departamento de ciência animal do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA), Campus III da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) nas fases de 8 a 21 e 33 a 42 dias de idade.

3.2. Animais e tratamentos experimentais

Na fase de 8 a 21 dias, 1.224 pintos de corte da linhagem Cobb Slow Feather[®] com peso médio de $0,200 \pm 0,001$ kg foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3x3 (três fontes calcárias e três granulometrias), totalizando nove tratamentos com quatro repetições de 34 aves. Na a fase de 33 a 42 foram utilizados 504 frangos de corte de mesma linhagem com peso médio $1,958 \pm 0,083$ Kg. Exceto o número de aves por repetição (14) o delineamento estatístico, número de tratamentos e repetições foram semelhantes ao da fase anterior.

As fontes de calcários utilizadas foram identificadas por A, B, e C e continham respectivamente 34, 42 e 36% de cálcio. As granulometrias dos calcários utilizados na fase inicial foram, fina, comercial e pedrisco e na fase de crescimento a granulometria do calcário fina foi substituída pela grossa.

3.3. Manejo experimental

De 8 a 21 dias os pintos foram distribuídos em boxes de 2,0 x 1,7 m ($3,4 \text{ m}^2$) e de 33 a 42 dias em boxes de 1,5 x 1 m, com o piso cobertos por cama de maravalha. Os boxes, com tela à prova de pássaros foram equipados com um comedouro tubular e bebedouro pendular.

As paredes laterais do galpão experimental foram revestidas com cortinas laterais, no interior do galpão foram instalados ventiladores e nebulizadores, para ajustar a temperatura e a umidade relativa do ar. O programa de luz foi o contínuo durante todo o período experimental, utilizando-se de lâmpadas incandescentes de 100 watts de forma a fornecer 22 lúmens/m^2 . Foi utilizado um termohigrômetro digital para aferição e registro da temperatura e umidade relativa do ar, que foram respectivamente de 28°C e 70%.

As rações foram fornecidas à vontade na forma farelada e exceto o nível de cálcio, de 0,75% exigido pelos frangos (Albuquerque, 2017), para a fase de 8 a 21 dias, os demais níveis nutricionais atendiam as recomendações de ROSTAGNO *et al.* (2011), nas duas fases, (Tabela 1).

Tabela 1. Composição percentual e valores nutricionais calculados das rações inicial (8 a 22 dias de idade) e crescimento (33 a 42 dias de idade)

Ingredientes	Fases					
	Inicial			Crescimento		
Milho	57,477	57,477	57,477	60,169	60,169	60,169
Farelo de soja	35,819	35,819	35,819	31,901	31,901	31,901
Óleo de soja	3,089	3,089	3,089	4,858	4,858	4,858
Fostato bicálcio	1,590	1,590	1,590	1,096	1,096	1,096
Calcário A	0,670	-	-	0,882	-	-
Calcário B	-	0,542	-	-	0,717	-
Calcário C	-	-	0,633	-	-	0,836
Sal comum	0,491	0,491	0,491	0,445	0,445	0,445
DL-Metionina	0,311	0,311	0,311	0,244	0,244	0,244
L-Lisina ·HCl	0,242	0,242	0,242	0,163	0,163	0,163
L-Treonina	0,081	0,081	0,081	0,028	0,028	0,028
Cloreto de colina	0,100	0,100	0,100	0,080	0,080	0,080
Premix vitamínico ¹	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Premix mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Bacitracina de zinco	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Anticoccidiano ³	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Antioxidante (Santoquin)	0,005	0,005	0,005	0,010	0,010	0,010
Inerte ⁴	0,000	0,128	0,037	0,000	0,160	0,050
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Níveis Nutricionais						
Proteína bruta (%)	21,200	21,200	21,200	18,400	18,400	18,400
EMAn (kcal/kg)	3,050	3,050	3,050	3,200	3,200	3,200
Cálcio (%)	0,730	0,730	0,730	0,630	0,630	0,630
Fósforo disponível (%)	0,401	0,401	0,401	0,309	0,309	0,309
Lisina Dig. (%)	1,217	1,217	1,217	1,060	1,060	1,060
Metionina+cistina Dig.(%)	0,876	0,876	0,876	0,774	0,774	0,774
Metionina Dig. (%)	0,588	0,588	0,588	0,424	0,424	0,424
Treonina Dig.(%)	0,791	0,791	0,791	0,689	0,689	0,689
Cloro (%)	0,345	0,345	0,345	0,170	0,170	0,170
Sódio (%)	0,210	0,210	0,210	0,195	0,195	0,195
Potássio (%)	0,822	0,822	0,822	0,284	0,284	0,284

¹ Níveis de garantia por kg de produto: suplemento vitamínico inicial: vitamina A 1.200.000 UI, vitamina D3 2.200.000, vitamina E 30.000 mg, vitamina K3 2.500mg, vitamina B1 2.200 mg, vitamina B2 6.000 mg, vitamina B6 3.300 mg, vitamina B12 16.000 mcg, niacina 53.000 mg, ácido pantotênico 13.000 mg, biotina 110 mg, ácido fólico 1.000 mg, antioxidante 500 mg. ²Suplemento mineral: selênio 250 mg, manganês 75.000 mg, zinco 70.000 mg, ferro 50.000, cobre 8.500 mg, iodo 1.500 mg, cobalto 200 mg. ³Salinomicina sódica 12g. ⁴Caulin.

3.4. Determinação da solubilidade, DGM e DPG dos calcários

As solubilidades dos calcários foram determinadas *in vitro* por digestão ácida de acordo com a metodologia de ZHANG & COON (1997), com a pesagem de 2 g da amostra dos calcários em um Becker de 400 ml, contendo 200 ml de uma solução de HCl a 0,2 N, a solução até a temperatura constante de 45° C em banho maria antes da introdução da amostra, após a amostra foi introduzida e a solução foi agitada durante 10 minutos, e depois filtrada em papel de filtro. O resíduo insolúvel de amostra retido foi seco em estufa a 70 ° C durante 24 horas e, posteriormente, pesado. A solubilidade foi calculada como a percentagem da amostra solubilizada, em função da diferença entre o peso inicial da amostra e o material que ficou retido no filtro, dividido pelo peso inicial da amostra.

A determinação do DGM (diâmetro geométrico médio) e do DPG (desvio padrão geométrico) dos calcários foi realizada de acordo com a metodologia proposta pela American Society of Agricultural Engineers (1983) adaptada por Zanotto e Bellaver (1996), utilizando um agitador eletromagnético com um conjunto de peneiras ABNT, números: 5, 10, 16, 30, 50, e fundo, correspondendo às seguintes aberturas de malhas: 4; 2; 1,20; 0,60; 0,30; e 0,0 mm, respectivamente. As amostras de calcários foram homogeneizadas e secas em estufa de 105°C por 24 horas, as peneiras foram pesadas individualmente e os pesos anotados, logo após, o conjunto de peneiras sobrepostas foi montado no equipamento vibrador, em ordem crescente de abertura das malhas, em seguida, amostras em duplicata de aproximadamente 200 g foram transferidas para o topo do conjunto de peneiras, para o peneiramento durante 10 minutos. Terminando esta etapa, o conjunto peneiras foram retirados e pesados individualmente para aferição respectivas frações retidas.

Os dados obtidos foram transferidos para o programa GranuCal, desenvolvido pela Embrapa (Núcleo de Tecnologia da Informação – NTI Embrapa Suínos e Aves), para os cálculos de DGM e DPG.

Os resultados de solubilidades, DGM e DPG, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Teores de cálcio, valores de solubilidade e granulometria das fontes de calcário

Fontes	Cálcio (%)	Solubilidade (%)±EPM	DGM (µm)±DPG
A fino	34	63,12±0,648	0,433 ± 2,21
A Comercial	34	48,38±0,193	1,402 ± 1,87
A Pedrisco	34	39,35±0,949	2,579 ± 1,39
A Grosso	34	33,78±0,814	2,785 ± 1,36
B Fino	42	79,31±0,982	0,259 ± 1,91
B Comercial	42	56,31±0,123	1,012 ± 1,30
B Pedrisco	42	51,91±0,570	2,048 ± 1,31
B Grosso	42	38,94±0,890	2,472 ± 1,44
C Fino	36	61,92±0,996	0,567 ± 1,58
C Comercial	36	48,11±0,344	1,840 ± 1,65
C Pedrisco	36	43,25±0,923	2,374 ± 1,35
C Grosso	36	28,48±0,046	2,828 ± 1,36
Efeito		**	-
CV (%)		2,58	-

CV= Coeficiente de variação; EPM= Erro padrão da média; DGM= Diâmetro Geométrico Médio DPG=Desvio padrão geométrico.

3.5. Variáveis estudadas

Ao final de cada período experimental, as sobras de rações foram contabilizadas e os frangos foram pesados para avaliação do desempenho. O consumo de ração, peso final, ganho de peso e conversão alimentar foram calculados e, logo após, oito aves foram selecionadas, com peso médio do grupo de cada tratamento, pesadas e abatidas. Os pesos da carcaça (sem cabeça e pé) dos cortes comerciais (coxas, sobrecoxas, asas e dorso), e das vísceras comestíveis (moela, coração e fígado), foram tomados para os cálculos dos rendimentos de carcaça, considerando o peso da carcaça limpa e eviscerada e o peso vivo antes do abate. As tíbias direita foram coletadas para o cálculo índice Seedor, através da divisão do peso da tíbia seca e desengordurada pelo seu comprimento. (Seedor 1993).

A resistência óssea foi determinada em aparelho universal de teste TA-XT Plus Stable Micro Systems (Surrey, UK), equipado com célula de carga de 50 kg e velocidade de 50 mm/min, o acessório para fratura 3 POINT BEND RIG (HDP/3PB). As peças ósseas foram posicionadas com apoio na região das epífises e sem apoio na região central. A posição escolhida foi a antero-posterior para evitar que ossos se deslocassem no momento da quebra. A força foi aplicada na região central, sempre no mesmo ponto em todos os ossos.

Foram calculados dois índices de viabilidade econômica, índice de rentabilidade (IR) e o índice de eficiência produtiva (IEP). O índice de rentabilidade foi calculado segundo as recomendações de Murakami et al. (2009), e o índice de eficiência produtiva foi calculado segundo Gomes et al. (1996), e expresso de seguinte forma: Peso vivo médio das aves em kg (PV), percentual de viabilidade das aves (V), idade das aves em dias (IA) e conversão alimentar (CA). O IEP é um índice usado para avaliar o desempenho financeiro do lote de frangos pela indústria de integração avícola. A viabilidade é a relação percentual das aves sobreviventes e foi calculada pelo total de aves que iniciaram.

Os resultados dos dois experimentos foram submetidos à análise de variância em esquema fatorial com auxílio do PROC GLM (SAS, 2009), e as médias foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Solubilidade e granulometria dos calcários

Os calcários calcíticos A, B e C apresentaram diferentes teores de cálcio, variando de 34 a 42%, DGM de 1448 a 1902 mm e DPG de 0,58 a 0,65 (Tabela 3).

Tabela 3 - Médias de solubilidade em função das fontes e das granulometrias

Fonte	% Ca	DGM (mm)	Solubilidade (%)±EPM
A	34	1,800	46,16± 0,651 ^b
B	42	1,448	62,51±0,643 ^a
C	36	1,902	45,44±0,577 ^b
Granulometria			
Fino	-	0,419	68,12±0,875 ^a
Comercial	-	1,418	50,93±0,222 ^b
Pedrisco	-	2,334	44,84±0,814 ^c
Grosso	-	2,695	31,13±0,585 ^d
Efeito	-	-	**
CV (%)	-	-	4,56

CV= Coeficiente de variação; EPM= Erro padrão da média; DGM= Diâmetro Geométrico de partícula.

As diferenças na solubilidade dos calcários podem ser explicadas pelas granulometrias distintas de cada fonte, sendo que as granulometrias maiores tiveram menor solubilidade *in vitro*. Estes resultados estão de acordo Zhang & Coon (1997a) que ao avaliarem a

solubilidade de calcários com diferentes tamanhos de partícula observaram que as maiores solubilidades foram observadas nas fontes que continham menores tamanhos de partícula.

O calcário B apresentou média de solubilidade superior aos calcários A e C, o que pode estar relacionada a os valores distintos de granulometria e de dureza da rocha que deu origem a esses calcários, sendo a rocha sedimentar que deu origem ao calcário B classificada de baixa dureza (Albuquerque, 2017). Não foi observado diferença significativa entre os valores de solubilidade do calcário A e C, e seus valores de granulometria também foram bastante similares, talvez porque as rochas são de dureza média, o que provavelmente influenciou o processo de moagem tornando as granulometrias e solubilidades do produto final equivalentes.

O valor de DGM do calcário B foi menor, mas a solubilidade foi a mais alta, estes resultados estão coerentes com aqueles de Zhang e Coon (1997) que observaram que calcários mais finos são mais solúveis *in vitro* que calcários de partículas mais grossas.

O aumento da superfície de contato com o menor tamanho de partícula do calcário B estimulou sua solubilidade *in vitro*, por que as partículas menores ficam mais expostas no contato com as secreções digestivas, consequentemente sofrem mais ação.

De acordo com Deobald, Everjem e Hart (1988), o grau de moagem dos suplementos tem influência sobre a disponibilidade dos minerais, pois a variação existente na utilização do Ca de diversas fontes é também devida ao tamanho de partícula, o que vai influenciar na solubilidade dos minerais, o que justifica esta melhora considerável na solubilidade com a diminuição do tamanho da partícula.

4.2. Desempenho produtivo

4.2.1. Fase de 8 a 21 dias

Não existiu interação significativa entre as fontes e as granulometrias do calcário na fase de 8 a 21 dias de idade ($P > 0,05$), mas houve efeito ($P \leq 0,05$) da fonte e da granulometria do calcário como fatores principais nos resultados de consumo e conversão alimentar dos frangos (Tabela 4).

Tabela 4 - Desempenho de frango dos 8 a 21 dias de idade alimentados com rações contendo diferentes fontes e granulometrias de calcário

Fontes/Granulometria/Solubilidade	CR (kg/Ave)	PF (kg/Ave)	GP (kg/Ave)	CA (kg/Kg)
Calcário A (1,800 mm/ 46,16%)	1,176±0,008 ^b	1,241±0,006	1,048±0,005	1,134±0,010 ^b
Calcário B (1,448 mm/62,51%)	1,218±0,005 ^a	1,233±0,004	1,034±0,004	1,178±0,007 ^a
Calcário C (1,902 mm/45,44%)	1,170±0,005 ^b	1,232±0,008	1,037±0,006	1,137±0,009 ^b
Fina (0,419 mm/ 68,12%)	1,206±0,005 ^a	1,233±0,004	1,034±0,004	1,167±0,008 ^a
Comercial (1,418 mm/ 50,93%)	1,183±0,008 ^b	1,228±0,009	1,035±0,006	1,150±0,007 ^{ab}
Pedrisco (2,334 mm/ 44,84%)	1,175±0,010 ^b	1,244±0,010	1,044±0,005	1,132±0,013 ^b
ANOVA				
Fontes	**	ns	ns	**
Granulometrias	**	ns	ns	*
Fontes x Granulometrias	ns	ns	ns	ns
CV %	1,48	1,58	1,56	2,27

CR= Consumo de ração; PF= Peso final; GP=Ganho de peso; CA= Conversão alimentar; Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas, diferem significativamente pelo teste de SNK a 5% de probabilidade;

CV (%)= Coeficiente de variação.

. No período de 8 a 21 dias, os pintos que receberam as dietas contendo o calcários A e C apresentaram maior consumo de ração e pior conversão alimentar, em comparação com as aves que receberam as dietas que continham os calcário A e C ($P \leq 0,05$).

Apesar das dietas apresentarem a mesma composição de ingrediente e semelhantes valores de cálcio e de outros nutrientes, o consumo e a conversão alimentar foram afetados, sendo a origem do calcário a única diferença existente nas rações.

É provável que as perdas de cálcio nas excretas foram maiores com as rações contendo calcário B, a fonte mais solúvel *in vitro*, isto pode explicar porque o consumo das ração com este calcário foi superior ao das rações com os calcários A e C. Zhang e Coon (1997) também encontraram maiores perdas de cálcio nas excretas do calcário com maior solubilidade *in vitro*. Portanto, os pintos perderam eficiência alimentar quando o calcário B e a granulometria fina foram adicionados na dieta.

O consumo de ração também foi afetado em função da granulometria, onde as dietas com tamanhos de partícula comercial e pedrisco proporcionaram menores consumos. Novamente, as variáveis de peso final e ganho de peso não foram afetadas pela granulometria, entretanto, os valores de conversão alimentar foram melhores para a granulometria pedrisco em comparação a granulometria fina ($P \leq 0,05$).

4.2.2. Fase de 33 a 42 dias

Os resultados da Tabela 5 sugerem que não houve interação significativa entre fontes e as granulometrias dos calcários para as variáveis de desempenho ($P>0,05$). A fonte de calcário C e a granulometria grossa reduziram o consumo de ração, mas somente a granulometria grossa melhorou a conversão alimentar dos frangos.

Tabela 5 - Desempenho de frango dos 33 a 42 dias de idade alimentados com rações contendo diferentes fontes e granulometrias de calcário

Fontes/Granulometria/Solubilidade	CR (kg/Ave)	PF (kg/Ave)	GP (kg/Ave)	CA (kg/Kg)
Calcário A (1,800 mm/ 46,16%)	2,034±0,028 ^a	3,222±0,037	1,241±0,025	1,60±0,039 ^a
Calcário B (1,448 mm/62,51%)	1,991±0,073 ^a	3,134±0,049	1,213±0,027	1,67±0,053 ^a
Calcário C (1,902 mm/45,44%)	1,960±0,016 ^b	3,184±0,032	1,211±0,024	1,62±0,039 ^a
Comercial (1,418 mm/ 50,93%)	2,045±0,037 ^a	3,214±0,035	1,211±0,020	1,68±0,035 ^a
Pedrisco (2,334 mm/ 44,84%)	2,056±0,066 ^a	3,139±0,066	1,213±0,030	1,69±0,050 ^a
Grossa (2,965 mm/ 31,13%)	1,979±0,022 ^b	3,187±0,022	1,214±0,027	1,63±0,038 ^b
ANOVA				
Fontes	*	ns	ns	ns
Granulometrias	**	ns	ns	*
Fontes x Granulometrias	ns	ns	ns	ns
CV %	2,75	2,96	5,23	5,93

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas, diferem significativamente pelo teste de SNK a 5% de probabilidade;
CV (%)= Coeficiente de variação

Considerando os resultados dos dois experimentos é possível afirmar que a origem e o tamanho de partícula do calcário afetam o desempenho dos frangos que parecem preferir partículas do calcário com tamanhos superiores aos recomendados na literatura (Zanotto e Bellaver 1996) onde estes autores recomendam calcários com tamanhos de partícula com DGM de 850 mm a 1050 mm, sendo estes tamanhos de partículas inferiores aos que proporcionaram melhores resultados de desempenho no presente estudo.

A maior retenção intestinal dos calcários de granulometria grossa (2,695 mm) pode ter disponibilizado mais cálcio e de forma mais equilibrada no intestino, reduzindo o antagonismo do cálcio com outros minerais como Zn, Cu, Fe, Mn e P, em virtude da baixa solubilidade do calcário nesta granulometria.

Os menores consumos de ração foram observados nos animais que receberam as dietas contendo o calcário C e nas dietas contendo a granulometria grossa (2,695 mm), a

solubilidade dos calcários dessas dietas foram os menores encontrados no presente estudo e pode ter influenciado este menor consumo de ração, devido a taxa de passagem no trato digestivo dos frangos ser lenta.

Segundo Scott, Hull e MuUenhof (1971) aves que são alimentadas com partículas grandes do calcário, aumentam a retenção de cálcio na moela, já que estas partículas permanecem por mais tempo neste compartimento, provocando uma diminuição no consumo de alimento.

A taxa de passagem da digesta afeta a absorção de nutrientes incluindo o Ca e P, (CHOCT & ANNISON 1992). O tempo de retenção do calcário é afetado pela granulometria mais grossa do calcário (Zhang e Coon 1997), com a granulometria pedrisco (2,334 mm), na fase de 8 a 21 dias e grossa (2,695 mm), de 33 a 42 dias favorecendo a retenção da digesta e aumentando o tempo de ação das enzimas de digestão resultando em melhor absorção dos nutrientes.

Os melhores resultados de desempenho dos frangos alimentados com as granulometrias pedrisco e grossa discordam de GUINOTTE *et. al* (1991) e McNaughton que ao avaliarem o tamanho de partícula de calcário para frangos, notaram piores resultados para as granulometrias grossas de (1,306 mm), entretanto, o efeito benéfico encontrado no presente estudo pode ser explicado pela diminuição da taxa de passagem do calcário proporcionado pelo maior tamanho de partícula, pois estudos realizados por Zhang e Coon (1997b) observaram que o calcário com partícula grande ($> 0,8$ mm) e baixa solubilidade *in vitro* (30 a 50%) foi retido na moela durante mais tempo, com melhor resultado de solubilidade *in vivo*. QIAN; KORNEGAY e DENBOW (1997) a inclusão de cálcio na dieta proveniente de fontes muito solúveis pode provocar a complexação do cálcio iônico (Ca^{+}), com outras moléculas orgânicas, como o ácido fítico da dieta, formando assim o fitato de cálcio onde esta molécula se precipita impedindo a absorção do cálcio dietético.

As melhores conversões alimentar com os calcários na forma de pedrisco (2,334 mm) de 8 a 21 dias e grosso (2,695 mm) de 33 a 42 dias indicam que os frangos desempenham melhor com fontes menos solúveis *in vitro* e esta evidencia ajuda a explicar porque o calcário B influenciou maior consumo e pior conversão alimentar comparado aos calcários A e C na fase de 8 a 22 dias.

As granulometrias pedrisco (2,334 mm) e grossa (2,695 mm), provocam diminuição do consumo de ração na primeira e segunda fase respectivamente, como respostas dos frangos ao melhor atendimento das exigências de Ca ou pela maior retenção do alimento no papo e moela das aves. Segundo Macari *et. al.* (2008) a deficiência de Ca estimula o consumo das

aves, entretanto, a presença de partículas de calcário no papo e moela pode diminuir o consumo de ração pelo efeito do enchimento destes compartimentos como mecanismo de regulação do consumo. De acordo com Scott *et al.* (1971) as partículas grandes dos suplementos de Cálcio são mantidas na moela durante um período prolongado de tempo. GUINOTTE e NYS (1991) observaram tendência da fonte de cálcio com partícula mais grossa ficar mais tempo retida no papo e moela de galinhas poedeiras.

Os resultados de desempenho estão de acordo com Zohravi (2002), que estudou a influencia de três tamanhos de partícula do calcário para frangos de 8 a 49 dias e, encontrou menor consumo e melhor conversão alimentar nas dietas contendo calcários de partículas de 1,8 a 4,75 mm, que aumentou a retenção de cálcio e de fósforo na tíbia.

4.3. Características de carcaça e órgãos

Nas Tabelas 6 e 7 estão apresentados os resultados dos pesos absolutos e relativos respectivamente, da carcaça, dos cortes comerciais e da gordura abdominal dos frangos alimentados com as dietas contendo diferentes fontes de calcários associadas a diferentes granulometrias de 8 a 21 e de 33 a 42 dias de idade.

Não houve efeito de interação ($P>0,05$) entre as fontes de calcário e as granulometrias, nas duas fases estudadas, também não foi observado efeito de fontes de calcário nem das granulometrias ($P>0,05$) sobre as de características de carcaça.

Basicamente 99% do cálcio da carcaça do frango está depositado nos ossos, ou seja apenas 1% está presente nos fluidos e nos tecidos moles, isto explica porque as fontes e as granulometrias não provocaram efeitos no rendimento de carcaça e nos cortes comerciais, tendo em vista que, os íons de cálcio não são depositados em grandes volumes nos tecidos moles, o cálcio participa do metabolismo nestes tecidos mas sua concentração é insignificante para afetar o peso destes tecidos. Além disso, os tecidos das aves como peito, asas, pernas possuem pouca proporção de ossos, o que explica a não constatação de efeito significativo das fontes e granulometrias sobre as variáveis de carcaça.

Tabela 6 – Peso, percentagens de carcaça, de cortes comerciais e gordura abdominal de frangos de 8 a 22 dias de idade submetidos à alimentação de dietas contendo diferentes fontes de calcário associados a diferentes granulometrias

Fontes/Granulometrias/ Solubilidade	Peso Absoluto (g) ± Erro padrão da média						
	Carcaça	Peito	Coxa	Sobre coxa	Asas	Dorso	Gordura Abdominal
Calcário A (1,800 mm/ 46,16%)	910,12±9,17	320,24±5,62	116,13±2,36	131,14±2,75	107,13±1,23	225,13±3,18	12,14±3,82
Calcário B (1,448 mm/62,51%)	911,14±8,64	319,12±4,34	119,22±2,39	132,27±2,91	104,21±1,65	223,16±5,21	14,52±4,15
Calcário C (1,902 mm/45,44%)	912,15±7,23	327,56±3,76	115,23±1,27	128,31±2,61	109,52±2,21	220,21±3,25	13,21±3,39
Fina (0,419 mm/ 68,12%)	911,13±7,45	320,12±3,97	115,13±1,77	131,17±2,18	107,15±2,86	224,18±3,26	13,26±5,27
Comercial (1,418 mm/ 50,93%)	905,28±7,24	322,28±5,72	116,25±1,92	127,51±1,24	105,17±1,34	222,21±3,76	12,58±4,81
Pedrisco (2,334 mm/ 44,84%)	916,13±9,25	318,21±4,21	118,27±2,65	132,17±1,27	109,23±1,32	226,22±6,36	13,45±4,25
Fontes	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Granulometrias	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fontes x Granulometrias	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV %	4,28	6,61	7,64	6,99	6,79	8,77	22,67
Fontes/Granulometrias/ Solubilidade	Peso relativo (%) ± Erro padrão da média						
	Carcaça	Peito	Coxa	Sobre coxa	Asas	Dorso	Gordura
Calcário A (1,800 mm/ 46,16%)	74,58±0,37	35,15±0,29	12,74±0,12	14,28±0,19	11,75±0,14	24,71±0,25	1,37±0,05
Calcário B (1,448 mm/62,51%)	74,27±0,45	35,04±0,45	13,07±0,17	14,50±0,18	11,42±0,19	24,49±0,32	1,48±0,06
Calcário C (1,902 mm/45,44%)	74,49±0,53	35,85±0,33	12,61±0,21	14,03±0,19	11,95±0,13	24,12±0,40	1,43±0,07
Fina (0,419 mm/ 68,12%)	74,56±0,52	35,15±0,36	12,63±0,18	14,39±0,21	11,75±0,18	24,60±0,25	1,48±0,06
Comercial (1,418 mm/ 50,93%)	74,47±0,48	35,60±0,44	12,82±0,17	14,04±0,18	11,61±0,10	24,54±0,43	1,39±0,06
Pedrisco (2,334 mm/ 44,84%)	74,31±0,36	34,72±0,39	12,88±0,15	14,41±0,18	11,90±0,17	24,67±0,29	1,42±0,05
Fontes	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Granulometrias	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fontes x Granulometrias	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV %	2,9	5,5	6,55	6,57	6,47	6,7	20,41

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas diferem significativamente pelo teste de SNK a 5% de probabilidade; CV (%)= Coeficiente de variação

Tabela 7 - Peso, percentagens de carcaça, de cortes comerciais e gordura abdominal de frangos de 33 a 42 dias de idade submetidos à alimentação de dietas contendo diferentes fontes de calcário associados a diferentes granulometrias

Fontes/Granulometria/Solubilidade	Peso Absoluto (g) ± Erro padrão da média						
	Carcaça	Peito	Coxa	Sobre coxa	Asas	Dorso	Gordura Abdominal
Calcário A (1,800 mm/ 46,16%)	2382,11±42,82	908,61±25,81	287,74±7,57	328,09±7,04	225,21±5,35	585,41±8,786	37,06±1,96
Calcário B (1,448 mm/62,51%)	2298,78±34,88	897,80±22,74	273,05±4,38	313,21±6,35	220,26±4,08	561,90±12,641	32,56±1,46
Calcário C (1,902 mm/45,44%)	2371,28±23,43	911,89±11,93	280,00±5,34	325,08±4,32	223,78±2,45	596,09±10,398	34,44±1,70
Comercial (1,418 mm/ 50,93%)	2367,89±36,82	932,41±19,79	272,18±5,71	326,70±5,95	231,54±4,70	550,89±10,709	34,94±1,90
Pedrisco (2,334 mm/ 44,84%)	2360,61±38,89	900,78±21,84	277,33±6,00	321,35±5,47	225,83±3,46	602,09±14,061	33,72±1,30
Grossa (2,965 mm/ 31,13%)	2323,67±30,10	885,11±19,88	271,28±5,40	318,33±6,95	221,89±4,65	592,65±12,245	35,39±2,03
ANOVA							
Fontes	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Granulometrias	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fontes x Granulometrias	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV %	5,25	7,98	8,06	7,36	6,9	7,88	21,01
Fontes/Granulometria/ Solubilidade	Peso Relativo (%) ± Erro padrão da média						
	Carcaça	Peito	Coxa	Sobre coxa	Asas	Dorso	Gordura Abdominal
Calcário A (1,800 mm/ 46,16%)	76,01±0,69	38,04±0,53	12,06±0,16	13,77±0,15	9,45±0,11	24,70±0,550	1,55±0,06
Calcário B (1,448 mm/62,51%)	75,70±0,78	39,01±0,67	11,90±0,19	13,64±0,24	9,58±0,09	24,44±0,808	1,42±0,06
Calcário C (1,902 mm/45,44%)	76,12±0,65	38,45±0,33	11,81±0,20	13,71±0,12	9,44±0,09	25,13±0,314	1,45±0,06
Comercial (1,418 mm/ 50,93%)	77,28±0,59	39,35±0,45	11,49±0,17	13,79±0,11	9,77±0,08	23,26±0,416	1,48±0,07
Pedrisco (2,334 mm/ 44,84%)	75,40±0,64	38,10±0,49	11,75±0,16	13,63±0,18	9,58±0,10	25,51±0,555	1,43±0,04
Grossa (2,965 mm/ 31,13%)	75,15±0,77	38,05±0,59	11,68±0,20	13,70±0,23	9,54±0,13	25,50±0,625	1,52±0,07
ANOVA							
Fontes	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Granulometrias	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fontes x Granulometrias	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV %	3,8	5,33	6,64	5,95	4,55	9,17	20,05

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas diferem significativamente pelo teste de SNK a 5% de probabilidade; CV (%)= Coeficiente de variação.

Não houve efeito de interação ($P>0,05$) entre as fontes e granulometrias nem efeito dos fatores fontes ou granulometria isoladamente sobre o peso e rendimento dos órgãos (Tabelas 8 e 9) dos frangos nas duas fases experimentais.

Tabela 8 - peso e percentagens de órgãos de frangos de 8 a 22 dias de idade submetidos à alimentação de dietas contendo diferentes fontes de calcário associados a diferentes granulometrias

Fontes/Granulometria/ Solubilidade	Peso Absoluto (g) $\pm$ Erro padrão da média			
	Coração	Moela	Pró-ventrículo	Fígado
Calcário A (1,800 mm/ 46,16%)	7,079 $\pm$ 0,231	23,208 $\pm$ 0,566	5,888 $\pm$ 0,245	24,329 $\pm$ 0,490
Calcário B (1,448 mm/62,51%)	7,000 $\pm$ 0,190	22,063 $\pm$ 0,545	5,479 $\pm$ 0,237	24,021 $\pm$ 0,455
Calcário C (1,902 mm/45,44%)	6,750 $\pm$ 0,260	23,213 $\pm$ 0,716	5,633 $\pm$ 0,190	23,854 $\pm$ 0,619
Fina (0,419 mm/ 68,12%)	7,271 $\pm$ 0,223	21,979 $\pm$ 0,450	5,613 $\pm$ 0,210	24,667 $\pm$ 0,445
Comercial (1,418 mm/ 50,93%)	6,875 $\pm$ 0,190	23,775 $\pm$ 0,620	5,875 $\pm$ 0,252	23,729 $\pm$ 0,400
Pedrisco (2,334 mm/ 44,84%)	6,683 $\pm$ 0,257	22,729 $\pm$ 0,714	5,513 $\pm$ 0,214	23,808 $\pm$ 0,674
Fontes	ns	ns	ns	ns
Granulometrias	ns	ns	ns	ns
Fontes x Granulometrias	ns	ns	ns	ns
CV %	16,22	12,8	19,93	10,19

Fontes/Granulometria/Solubilidade	Peso Relativo (%) $\pm$ Erro padrão da média			
	Coração	Moela	Pró-ventrículo	Fígado
Calcário A (1,800 mm/ 46,16%)	0,588 $\pm$ 0,0177	1,932 $\pm$ 0,048	0,491 $\pm$ 0,021	2,024 $\pm$ 0,040
Calcário B (1,448 mm/62,51%)	0,577 $\pm$ 0,0141	1,820 $\pm$ 0,040	0,453 $\pm$ 0,019	1,983 $\pm$ 0,034
Calcário C (1,902 mm/45,44%)	0,560 $\pm$ 0,0201	1,930 $\pm$ 0,061	0,468 $\pm$ 0,015	1,979 $\pm$ 0,046
Fina (0,419 mm/ 68,12%)	0,604 $\pm$ 0,0168	1,829 $\pm$ 0,040	0,468 $\pm$ 0,018	2,052 $\pm$ 0,038
Comercial (1,418 mm/ 50,93%)	0,573 $\pm$ 0,0151	1,983 $\pm$ 0,051	0,491 $\pm$ 0,021	1,978 $\pm$ 0,030
Pedrisco (2,334 mm/ 44,84%)	0,549 $\pm$ 0,0189	1,870 $\pm$ 0,057	0,453 $\pm$ 0,017	1,957 $\pm$ 0,049
Fontes	ns	ns	ns	ns
Granulometrias	ns	ns	ns	ns
Fontes x Granulometrias	ns	ns	ns	ns
CV %	14,63	12,68	20,21	10,13

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas diferem significativamente pelo teste de SNK a 5% de probabilidade; CV (%)= Coeficiente de variação.

Tabela 9 - Pesos e percentagens de órgãos de frangos de 33 a 42 dias de idade submetidos à alimentação de dietas contendo diferentes fontes de calcário associados a diferentes granulometrias

Fontes/Granulometria/Solubilidade	Peso Absoluto (g) $\pm$ Erro padrão da média			
	Coração	Pró-Ventrículo	Moela	Figado
Calcário A (1,800 mm/ 46,16%)	12,39 $\pm$ 0,622	8,89 $\pm$ 0,290	38,61 $\pm$ 1,972	47,06 $\pm$ 2,043
Calcário B (1,448 mm/62,51%)	11,44 $\pm$ 0,532	8,25 $\pm$ 0,319	34,83 $\pm$ 1,617	43,11 $\pm$ 1,674
Calcário C (1,902 mm/45,44%)	11,33 $\pm$ 0,589	8,44 $\pm$ 0,354	39,67 $\pm$ 1,709	47,22 $\pm$ 1,465
Comercial (1,418 mm/ 50,93%)	13,17 $\pm$ 0,506	8,25 $\pm$ 0,309	38,72 $\pm$ 2,224	48,72 $\pm$ 1,367
Pedrisco (2,334 mm/ 44,84%)	12,23 $\pm$ 0,502	8,35 $\pm$ 0,335	37,50 $\pm$ 1,685	47,60 $\pm$ 1,591
Grossa (2,965 mm/ 31,13%)	11,26 $\pm$ 0,566	8,62 $\pm$ 0,325	37,40 $\pm$ 1,639	45,12 $\pm$ 1,821
ANOVA				
Fontes	ns	ns	ns	ns
Granulometrias	ns	ns	ns	ns
Fontes x Granulometrias	ns	ns	ns	ns
CV %	19,28	15,99	18,91	15,23
Fontes/Granulometria/ Solubilidade	Peso Relativo (%) $\pm$ Erro padrão da média			
	Coração	Pró-Ventrículo	Moela	Figado
Calcário A (1,800 mm/ 46,16%)	0,52 $\pm$ 0,023	0,37 $\pm$ 0,011	1,62 $\pm$ 0,074	1,97 $\pm$ 0,079
Calcário B (1,448 mm/62,51%)	0,50 $\pm$ 0,024	0,36 $\pm$ 0,013	1,51 $\pm$ 0,057	1,87 $\pm$ 0,057
Calcário C (1,902 mm/45,44%)	0,48 $\pm$ 0,024	0,35 $\pm$ 0,012	1,67 $\pm$ 0,070	1,99 $\pm$ 0,058
Comercial (1,418 mm/ 50,93%)	0,56 $\pm$ 0,020	0,35 $\pm$ 0,010	1,63 $\pm$ 0,080	2,06 $\pm$ 0,046
Pedrisco (2,334 mm/ 44,84%)	0,50 $\pm$ 0,021	0,37 $\pm$ 0,012	1,64 $\pm$ 0,067	2,01 $\pm$ 0,073
Grossa (2,965 mm/ 31,13%)	0,44 $\pm$ 0,022	0,37 $\pm$ 0,013	1,53 $\pm$ 0,056	1,77 $\pm$ 0,055
ANOVA				
Fontes	ns	ns	ns	ns
Granulometrias	ns	ns	ns	ns
Fontes x Granulometrias	ns	ns	ns	ns
CV %	17,92	13,31	18,01	12,83

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas diferem significativamente pelo teste de SNK a 5% de probabilidade; CV (%)= Coeficiente de variação.

A ausência de efeito significativo dos calcários e granulometrias nos órgãos dos frangos nos dois períodos experimentais podem ser explicadas, pela inexistência de tecido ósseo nos órgãos estudados, considerando que o cálcio dietético está presente em pequenas quantidades, nos órgãos onde predomina os tecidos moles.

4.4. Índices Econômicos

A Tabela 10 mostra que não houve efeito de interação entre as fontes e as granulometrias, nos índices econômicos dos frangos ($P>0,05$) entretanto, as fontes e as granulometrias, de forma isolada, provocaram efeito significativo ($P\leq 0,05$) no índice de rentabilidade (IR) e no índice de eficiência produtiva (IEP), sendo que a oferta de ração com os calcários A e C influenciaram os melhores resultados. O maior ganho de peso absoluto dos frangos alimentados com os calcários A e C contribuíram para estes resultados.

Tabela 10 - Análise dos índices econômicos, das dietas de frango de 8 a 21 dias de idade contendo diferentes fontes de calcário associada a diferentes granulometrias

Fontes/Granulometria/ Solubilidade	Índices econômicos $\pm$ Erro padrão da média de 8 a 21 dias	
	Índice de rentabilidade	Índice de eficiência produtiva
Calcário A (1,800 mm/ 46,16%)	186,03 $\pm$ 5,11 ^a	495,18 $\pm$ 7,06 ^a
Calcário B (1,448 mm/62,51%)	174,47 $\pm$ 3,31 ^b	471,43 $\pm$ 5,08 ^b
Calcário C (1,902 mm/45,44%)	184,10 $\pm$ 4,64 ^a	490,83 $\pm$ 7,06 ^a
Fina (0,419 mm/ 68,12%)	177,15 $\pm$ 3,49 ^c	475,97 $\pm$ 4,89 ^b
Comercial (1,418 mm/ 50,93%)	180,69 $\pm$ 3,98 ^b	478,69 $\pm$ 7,27 ^b
Pedrisco (2,334 mm/ 44,84%)	186,76 $\pm$ 6,21 ^a	497,86 $\pm$ 8,74 ^a
ANOVA		
Fonte	*	*
Granulometria	*	*
Fonte x Granulometria	ns	ns
CV %	4,22	4,90

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas diferem significativamente pelo teste de SNK a 5% de probabilidade; CV (%)= Coeficiente de variação.

As granulometrias provocaram diferenças nos resultados dos índices econômicos, sendo granulometria pedrisco (2,334 mm), aquela que influenciou melhor índice de rentabilidade e melhor índice de eficiência produtiva, seguida da granulometria comercial (1,418 mm) e fina (0,419 mm).

Na Tabela 11 estão apresentados os índices econômicos das dietas contendo as diferentes fontes de calcários associadas as diferentes granulometrias de 33 a 42 dias de idade. Não houve efeito de interação ($P>0,05$), entre as fontes e as granulometrias, sobre os índices econômicos dos frangos, de 33 a 42 dias, porém as fontes de calcário e as granulometrias de forma isolada provocaram efeito significativo ($P\leq 0,05$), nos índices de rentabilidade (IR) e de eficiência produtiva (IEP), sendo que a oferta de ração com calcário A proporcionou os melhores resultados desses parâmetros econômicos, seguido da fonte C e fonte B.

Tabela 11 - Análise dos índices econômicos, das dietas de frango de 33 a 42 dias de idade contendo diferentes fontes de calcário associada a diferentes granulometrias

Fontes/Granulometria/Solubilidade	Índices econômicos $\pm$ Erro padrão da média	
	Índice de rentabilidade	Índice de eficiência produtiva
Calcário A (1,800 mm/ 46,16%)	103,76 $\pm$ 3,71 ^a	470,39 $\pm$ 9,40 ^a
Calcário B (1,448 mm/62,51%)	95,63 $\pm$ 4,82 ^c	443,66 $\pm$ 12,04 ^c
Calcário C (1,902 mm/45,44%)	100,88 $\pm$ 3,67 ^b	459,04 $\pm$ 11,74 ^b
Comercial (1,418 mm/ 50,93%)	93,06 $\pm$ 3,18 ^b	435,46 $\pm$ 5,19 ^b
Pedrisco (2,334 mm/ 44,84%)	93,73 $\pm$ 4,82 ^b	442,28 $\pm$ 13,65 ^b
Grossa (2,965 mm/ 31,13%)	100,00 $\pm$ 3,22 ^a	475,33 $\pm$ 10,76 ^a
ANOVA		
Fonte	*	*
Granulometria	*	*
Fonte x Granulometria	ns	ns
CV %	4,55	8,23

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas diferem significativamente pelo teste de SNK a 5% de probabilidade; CV (%) = Coeficiente de variação.

O melhor efeito provocado pela granulometria grossa do calcário no IR e IEP obtidas na fase de 33 a 42 dias, pode ser atribuído ao maior valor numérico de ganho de peso e menor consumo de ração observado quando o calcário grosso estava presente na ração.

Os valores dos índices econômicos seguiram a mesma tendência dos parâmetros de desempenho, onde o aumento da granulometria do calcário na dieta proporcionou melhores resultados de desempenho e, conseqüentemente, os índices de rentabilidade também cresceram com o uso da granulometria pedrisco (2,334 mm) de 8 a 21 e grossa (2,695 mm) de 33 a 42 dias de idade.

4.5. Parâmetros ósseos

Na Tabela 12 não foi constatada interação significativa ($P>0,05$), entre as fontes e granulometrias dos calcários nem das fontes e granulometrias, como fatores principais sobre os resultados dos parâmetros ósseos como índice seedor, resistência óssea e conteúdo de cinzas na tíbia das aves.

Tabela 12 - Características dos parâmetros ósseos dos frangos aos 21 dias de idade contendo diferentes fontes de calcário associada a diferentes granulometrias

Fontes/Granulometria/ Solubilidade	Índice de Seedor (Mg/mm)	Resistência Óssea (Kn)	Cinzas (%)
Calcário A (1,800 mm/ 46,16%)	39,194±0,597	23,920±0,880	43,86±0,930
Calcário B (1,448 mm/62,51%)	38,520±0,519	23,239±1,109	42,99±0,331
Calcário C (1,902 mm/45,44%)	39,319±0,296	24,432±1,984	43,63±0,419
Fina (0,419 mm/ 68,12%)	39,398±0,442	23,097±1,319	35,91±0,395
Comercial (1,418 mm/ 50,93%)	38,858±0,433	24,212±0,991	35,93±0,415
Pedrisco (2,334 mm/ 44,84%)	39,776±0,507	25,282±1,774	38,72±0, 835
ANOVA			
Fontes	ns	ns	ns
Granulometria	ns	ns	ns
Fontes x Granulometria	ns	ns	ns
CV%	5,81	13,8	3,36

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas diferem significativamente pelo teste de SNK a 5% de probabilidade; CV (%)= Coeficiente de variação.

Apesar de não ter sido observado efeito significativo ($P<0,05$) entre as fontes e as granulometrias do calcário para os parâmetros ósseos das tíbias dos frangos nesta fase de criação, observam-se leves superioridades numéricas para os frangos alimentados com as fontes A e C dos calcários sobre o índice Seedor, cinzas, e a resistência óssea em relação as tíbias dos frangos alimentados com o calcário B. A granulometria pedrisco (2,344 mm) influenciou pequena vantagem numérica na resistência óssea e conteúdo de cinzas nas tíbias em comparação as outras granulometrias.

MAYER & BETERCHINE (2014), ao avaliarem quatro granulometrias do calcário para frangos de corte em dois níveis e cálcio, também não encontraram efeito sobre a resistência óssea, entretanto, os resultados do presente estudo vão além dos observados por esses autores tendo em vista que a máxima granulometria que eles utilizaram foi 0,933 mm, sendo esta granulometria 1,895 mm menor que a granulometria máxima utilizada no presente estudo.

Na Tabela 13 estão apresentados os valores dos parâmetros ósseos dos frangos aos 42 dias de idade, onde foi observado efeito da interação ($P \leq 0,05$) entre as fontes e as granulometria do calcário para o índice Seedor. Houve efeito isolado da fonte e da granulometria do calcário no conteúdo de cinzas nas tíbias.

Tabela 13 - Características dos parâmetros ósseos dos frangos aos 42 dias de idade contendo diferentes fontes de calcário associada a diferentes granulometrias

Fontes/Granulometria/Solubilidade	Índice de Seedor (Mg/mm)	Resistência Óssea (Kn)	Cinzas (%)
Calcário A (1,800 mm/ 46,16%)	130,60±0,759 ^b	43,093±0,620	55,85±0,625 ^a
Calcário B (1,448 mm/62,51%)	129,82±1,784 ^b	43,273±1,190	53,96±0,475 ^b
Calcário C (1,902 mm/45,44%)	136,55±1,484 ^a	43,576±1,698	55,74±0,616 ^a
Comercial (1,418 mm/ 50,93%)	132,33±1,401 ^b	43,870±1,435	53,83±0,393 ^c
Pedrisco (2,334 mm/ 44,84%)	132,84±1,063 ^a	43,467±0,876	54,76±0,518 ^b
Grossa (2,965 mm/ 31,13%)	134,46±1,176 ^a	42,335±1,338	56,96±0,455 ^a
ANOVA			
Fonte	*	ns	*
Granulometria	*	ns	*
Fonte x granulometria	*	ns	ns
CV%	5,38	11,4	2,7

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas diferem significativamente pelo teste de SNK a 5% de probabilidade; CV (%)= Coeficiente de variação.

As dietas contendo o calcário C apresentaram o melhor resultado de índice Seedor, e as dietas contendo calcários A e B não diferiram entre si ($P > 0,05$). O calcário C com 36% de cálcio apresentou o melhor índice Seedor indicando que as rações para frangos confeccionadas com esse tipo de calcário melhoram a densidade óssea, favorecendo a formação óssea mais resistente o que previne patologias carenciais como os problemas locomotores.

O conteúdo de cinzas das aves aos 42 dias também foi afetado pelas fontes e granulometrias, e os melhores resultados foram observados com as fontes A e C e a granulometria grossa. A baixa solubilidade *in vitro* desses calcários proporcionam melhores resultados dos parâmetros ósseos, pois o cálcio proveniente de fontes e granulometrias menos solúveis demoram mais tempo no intestino das aves e consequentemente são absorvidos de forma mais eficiente. De acordo com Armbrecht HJ. (1990), entre os índices de desenvolvimento ósseo, a densidade óssea é muito relacionada ao transporte de cálcio e fósforo no intestino delgado sendo a alta densidade óssea é regulada pelo aumento do transporte de cálcio e menor de fósforo no intestino delgado.

JIANHUI LI et al. (2016) relatam que a densidade óssea e a resistência óssea são aumentadas pela deposição de grande quantidade de matéria inorgânica para o suporte de um ganho de peso corporal mais elevado, e que a 4ª e 6ª semana de idade, a velocidade de ganho de peso é retardada assim como a força do metabolismo ósseo também se tornam fracas. Portanto, o osso estará numa fase madura para suportar o crescimento estável. Este fato pode explicar porque da fonte B e a granulometria fina (0,259 - 0,567 mm) provocaram baixa densidade óssea, pois a alta solubilidade *in vitro* dessas variáveis dificultou a deposição de cálcio na tíbia, proporcionando baixos valores de densidade e de cinzas nos ossos, sobretudo pelo baixo metabolismo do osso nesta fase experimental.

Na Tabela 14 estão apresentados os valores do desdobramento da interação entre as fontes calcárias e as granulometrias para o índice de Seedor.

É possível observar que a granulometria grossa do calcário C influenciou o melhor índice Seedor em comparação com as demais granulometrias deste mesmo calcário. As demais granulometrias em nos calcários A e B diferiram ($P>0,05$).

Tabela 14 - Desdobramento da interação do índice de seedor das tíbias dos frangos aos 42 dias alimentados com dietas contendo diferentes fontes e granulometrias do calcário

Índice de Seedor (mg/mm) $\pm$ Erropadrão da média			
Fontes	Granulometrias		
	Comercial (1,418 mm)	Pedrisco (2,334 mm)	Grossa (2,695 mm)
A	131,19 $\pm$ 1,693 ^{aA}	132,76 $\pm$ 1,786 ^{abA}	127,86 $\pm$ 1,562 ^{bA}
B	133,15 $\pm$ 1,406 ^{aA}	128,46 $\pm$ 2,423 ^{bA}	127,86 $\pm$ 1,562 ^{bA}
C	132,65 $\pm$ 1,781 ^{aB}	137,30 $\pm$ 2,103 ^{aAB}	139,69 $\pm$ 1,986 ^{aA}

a,b = Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna são significativos pelo teste SNK ($P\leq 0,01$);

A,B = Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha são significativos pelo teste de SNK ($P\leq 0,05$);

Todas as fontes de cacários diferiram nas granulometrias pedrisco e grossa, sendo o calcáro A e C equivalentes na granulometria pedrisco apresentando os melhores valores do índice Seedor. Na granulometria grossa a fonte C do calcário apresentou o maior valor de índice Seedor.

5. CONCLUSÕES

Os calcários A e C e as granulometrias pedrisco (2,334 mm) de 8 a 21 dias e grossa de 33 a 42 dias de idade, são as mais indicadas para frangos de corte. Recomendam-se usar calcários com solubilidades de 44,84% para frangos na fase inicial de 31,13% na fase de crescimento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, L. N.; Exigência e biodisponibilidade de cálcio para frangos na fase inicial e crescimento. 22/02/2017. 51 f. Dissertação (Mestrado) Exame de qualificação de mestrado em zootecnia. Universidade Federal da Paraíba, Campus II Areia – PB, 2016.
- American Society of Agricultural Engineers. 1983 Method of determining and expressing fineness of feed materials by sieving. In_. **American Society of Agricultural Engineers Yaerbook Standarts**. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph.
- ANDERSON, J.O.; DOBSON, D.C.; JACK, K. Efirect of particle size of the calcium source on performance of broiler chicks fed diets with different calcium and phosphorus levels. **Pouhry Science, Champaign**. v. 63, n. 2, p. 311-316, Feb. 1984.
- ARAÚJO, José Anchieta et al. Fontes de minerais para poedeiras. **Acta veterinária brasílica**, v. 2, n. 3, p. 53-60, 2008.
- ARAÚJO, A.J; SILVA, J.H.V; COSTA, F.G.P et al.. Effect of the levels of calcium and particle size of limestone on laying hens. **R.Bras. Zootec.**, v.40, n.5, p.997-1005, 2011.
- ARMBRECHT HJ. Effect of age on calcium and phosphate absorption. Role of 1,25-dihydroxyvitamin D. **Miner Electrol Metab**. 1990; 16:159–66.
- AUCHERE, D. TARDIVEL, S., GOUNELLE, J. C., DRÜEKE, T., & LACOUR, B. Role of transcellular pathway in ileal Ca²⁺ absorption: stimulation by low-Ca²⁺ diet. **American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology**, v. 275, n. 5, p. G951-G956, 1998.

- BAR, A; SHINDER, D; YOSEFI, S; VAX, E; PLAVNIK, I. Metabolism and requeriments for calcium and phosphorus in the fast-growing chicken as affected by age. **British journal of nutrition**, Cambridge, v. 89, n.1, p.51-61, jan 2003.
- BARCELOS, A.F. Trabalho: Metabolismo dos Macrominerais Essenciais. **Cálcio**. Lavras: UFLA, 1999.30 p.
- BELLAVER, C. et al. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 8, p. 969-974, 1985.
- BENER, RM.; LEVY, MJSL - Physiology Mosby Co-St- Louis: [s. n.], 1988.
- BERTECHENI, A.G. **Fisiologia da digestão de suínos e aves**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1994.141p.
- BERTECHINE , A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: UFLA, 2012. 255 P.
- BRONNE F. Calcium nutrition and metabolism. **Dent Clin N Am**, v. 47, p. 209-224, 2003.
- BRONNE, F.; PANSU, D.; STEIN, W.D. Na analysis of intestinal calcium transport across the rat intestine. American journal of Physiology, Baltimore, v. 250, p. G561-G569, 1986.
- BRONNER, F.; PANSU, D. Nutritional aspects of calcium absorption. Journal of Nutrition, Philadelphia, V. 129, n. 1, p. 9-12, jan 1999.
- CHUNG M., BALK EM., BRENDDEL M., IP S., LAU J., LEE J., LICHTENSTEIN A., PATEL K., RAMAN G., TATSIONI A., TERASAWA T., TRIKALINOS TA. Vitamin D and calcium: a systematic review of health outcomes. **Evid Rep Technol**, v. 183, p. 1-420, 2009.
- CHOCT, M.; ANNISON, G.the inhibition of nutrient digestion by wheat pentosans. british journal of nutrition, cambridge, v. 67, n 1, p. 123-132, 1992.

- DAMRON, B.L.; HARMS, R.H. Influence of varying calcium levels on the utilization of calcium meta and pyrophosphate in chick diets. **Poultry Science, Champaign**, v. 50, n. 4, p. 1423 -1428, Jul. 1971.
- DEOBALD, H.J.; EVERJEM, C.A.; HART, E.B. Availability of calcium salts for bone formation and rickets prevention in chicks. **Poultry Science, Champaign**, v. 67, n. 9, p. 1436 -1446, sept.1988.
- FASSANI, E. J. Características físico-químicas de calcários do Estado de Minas Gerais, utilizados em rações para poederias. 2003.83 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras 2003.
- FIALHO, E. T.; BARBOSA, H. D.; BELLAYER, C. et al. Avaliação nutricional de algumas fontes suplementação de cálcio para suínos-biodisponibilidade e desempenho. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 21, n. 5, p. 891-905, 1992.
- FUJITA, H; SUGIMOTO, K; INATOMI, S; MAEDA, T; OSANAI, M;* UCHIYAMA, Y; YAMAMOTO, Y ; WADA, T; KOJIMA, T; YOKOZAKI, H; YAMASHITA, T; KATO, S; SAWADA, N; CHIBA, H. Tight junction proteins claudin-2 and -12 are critical for vitamin D-dependent Ca^{2+} absorption between enterocytes. **Molecular Biology of the Cell**, San Francisco, v. 19, n.5 p. 1912-1921, may 2008.
- GEORGIEVSKII, V.I. Mineral Nutrition of Animal - **Studies in the Agricultural and Food Sciences**. London: Butterworths, 1982, 474 p
- GEORGIEVSKII, V. I.. General Information on Minerals. In: GEORGIEVSKII, V. I. ANNENKOV, B. N.; SAMOKHIN, V.T. **Mineral nutrition of Animal**. London: Butterworths, 1982. p.11-56.
- GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T.; SILVA, M.A. **Criação de frangos de corte**. Viçosa, MG. Ano 17, n.78, 1996. 18p. (Informe Técnico).
- GUEGEN, L. La biodisponibilité du calcium des aliments. **Cahiers de Nutrition et de Dietétique**, v. 25, n. 4, p. 233-236, 1990.

GUINOTTE, F.; NYS, Y. effects of particle size and origin of calcium sources on egg shell quality and bone mineralization in laying hens. *Poult.Sci.*, v.70,p. 583-592,1991

GUINOTTE, F., Y.NYS, AND F. DE MOREDON. 1991. the effects of particle size and origin of calcium carbonate on performance and ossification characteristics in broiler chicks. *poult. Sci.* 70: 1908-1920

Kleyn, F.J., 2013. Chicken nutrition. In: *A Guide for Nutritionists and Poultry Professionals*. Context Leicestershire, England.

LI, J.; YUAN, J.; MIAO, Z.; GUO, Y. Effects of age on intestinal phosphate transport and biochemical values of broiler chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)**, v. 30, n. 2, p. 221-228, 2016.

MAYER, ANDRÉ NEVES. Granulometrias do calcário calcítico e redução do cálcio dietético para frangos de corte. 2014. 95 p. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Universidade federal de lavras. 24 de março de 2014.

MAYNARD, L.A., LOOSLI, J.K., HINTZ, RF, and WARNER, R.G. (1979)
"Animal Nutrition" 7th Ed. McGraw- Hill, New York

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. Ed. Jabotical: FUNEP/UNESP,2008.168 p.

MCCOY, M. A.; RIELY, G.A.; KILPATRICK, D. J. Density and breaking strength of bones of mortalities among caged layers. **Research in Veterinary Science**, London, v. 60, n. 2. P. 185-186, Mar.1996.

McNAUGHTON, J.L.; DILWORTH, BC; DAY, E.J. Effect of particle size on the utilization of calcium supplements by the chick. **Poultry Science, Chanhassen**, v. 53,n. 3, p. 1024 - 1029, May. 1974.

- MCNAUGHTON, J.L.1981. Effect of calcium carbonate particle size on the available phosphorus requeriment of broiler chicks. *Poult. Sci.* 60:197-203
- MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, L. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte.** Jaboticabal, FUNEP/UNESP, 2002. 375p.
- MELO, T. V.; MOURA, A. M. A. Utilização da farinha de algas calcáreas na alimentação animal. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 2, p. 99-107, 2009.
- MOTZOK, L.; ARTHUR, D.; BRANION, H.D. Factors affecting the Utilization of Calcium and Phosphorus from Soft Phosphate by Chicks. **Poultry Science, Champaign**, v. 44, n. 5, p. 1261 - 1270, Sept.1965.
- MURAKAMI, A. E. et al. Avaliação econômica e desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de milho em substituição ao milho. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 1, p. 31-37, 2009
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry.** 9.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1994. 155p.
- PAK, C.Y.C.; AVIOLI, L.V. Factors affecting absorbability of calcium from calcium salts and food **Calcified Tissue International**, New York, v. 43, n.2, p.55-60, Feb.1988.
- PENG, J. B.; BROWN, E. M.; HEDIGER, M. A. Apical entry channels in calcium-transporting epithelia. *News in physiological Sciences*, New Jersey, v. 18 p. 158 – 163, Aug. 2003.
- QIAN, H.; KORNEGAY, E. T.; DENBOW, D.M. Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol and calcium: total phosphorus ratio in broiler diets. **Poultry science**, Champaign, v. 76, n 1, p. 37- 46, Jan 1997.
- RAO, K.S.; ROLAND, D.A. In vivo limestone solubilization in commercial leghorns: Role of dietary calcium level, limestone particle size, in vitro limestone solubility rate, and the calcium status of the hen. **Poultry Science, Champaign**, v. 69, n. 12, p. 2170 - 2176, Dec. 1990.

- RAO, K.S.; ROLAND, DA. Improved limestone solubilization in comercial leghoms: **Journal Applied Poultry Research**, Améns, v. 1, p. 6 - 10, 1992.
- RATH, N. C., HUFF, G. R., HUFF, W. E., & BALOG, J. M. Factors regulating bone maturiy and strength in poultry. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, p. 1024-1032,2000.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composiçao de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa 2011- MG: [s.n.]. p. 121
- ROSS, R.D.; CROMWELL, G.L.; STAHLY, T.S. Effects of source and the particle size on the biological availability of calcium in calcium supplements for growing pigs. **Journal Animal Science**, v.59, p.125-34. 1984.
- RUTZ, F. Absorção de minerais e vitaminas: minerais, m: **FUNDAÇÃO APINCO de ciência e tecnologia avícolas**. Fisiologia da digestão e absorção das aves. Campinas: Fundação APINCO, 1994. p. 92 - 96.
- SEEDOR, J.G. The biophosphanate alendronate (MK-217) inhibit bone loss due to ovariectomy in rats. *J. Bone Miner. Res.*, v.4, p.265-270, 1993.
- SAS Institute. (2009). SAS Web Report Studio 4. 2: User's Guide. SAS Publishing (Ed.). Sas Institute.
- SCOTT, MS; HULL S.L.; MULLENHOFF, P.A. The calcium requeriments of laying hens and effects of dietary oyster shell upon egg shell quality. **Poultry Science**, Champaign, v.50, n. 4, p.1055 -1063, July, 1971.
- UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **Mineral nutrition of livestock**. 3th ed. London: CAB International, 1999. 614 p.

- VEUM, T.L. Phosphorus and calcium nutrition and metabolism, In: VITTI, D.M.S.; KEBREAB, E. (Ed). **Phosphorus and calcium utilization and requirements in farm animals**. Oxfordshire: CAB International, 2010.p.94-111
- ZANOTTO, D.L., AND C. BELLAYER.1996. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso de rações de suínos e aves. EMBRAPA-CNPQA, Concórdia.
- ZHANG, B.; AND COON, C.N. Improved *in vitro* methods for determining limestone and oyster Shell solubility. **J. Appl. Poult. Res.**, 6: 94-99, 1997a.
- ZHANG, B.; AND COON, C.N. The relationship of calcium intake, source, size solubility *in vitro* and *in vivo*, and gizzard limestone retention in laying hens. **Poultry Science**, v.76, n.12, p.1702-1706, 1997b.
- ZOHRABI M, NASSIRI MOGHADAM H, EFTEKHARI SHAHROODI F, DANESH MESGARAN M, 2002. The effect of source and level of dietary calcium and limestone particle size on performance characteristics and tibia in broiler chicks. **Proceedings of 11th European Poultry Conference**, Bremen, No. 7867-00203 (CD).