

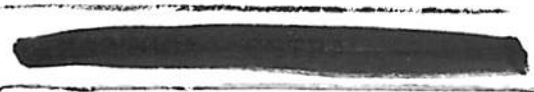


UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE
CALCÁRIOS CALCÍTIOS DO ESTADO DE
MINAS GERAIS, UTILIZADOS EM RAÇÕES
DE POEDEIRAS**

ÉDISON JOSÉ FASSANI

2003



55550

UFV047447

CARBO
CALCÍTIOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS, UTILIZADOS
EM RAÇÕES DE POEDEIRAS

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição Animal Monogástricos, para obtenção do título de "Doutor".

Orientador

Prof. Antonio Gilberto Bertechini

LAVRAS
MINAS GERAIS - BR.
2003

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Fassani, Édison José

Características físico-químicas de calcários calcínicos do Estado de Minas Gerais, utilizados em rações de poedeiras / Édison José Fassani. -- Lavras : UFLA, 2003.

83 p. : il.

Orientador: Antonio Gilberto Bertechini.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Número de monográfico. 2. Poedeira. 3. Calcário calcínico. 4. Característica físico-química. 5. Granulometria 6. Cálcio. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.50855

ÉDISON JOSÉ FASSANI

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE CALCÁRIOS
CALCÍDICOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS, UTILIZADOS
EM RAÇÕES DE POEDEIRAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição Animal Monogástricos, para obtenção do título de "Doutor".

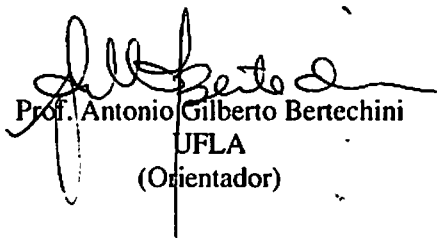
APROVADA em 21 de Fevereiro de 2003.

Prof. Edivaldo Antônio Garcia UNESP

Prof. Elias Tadeu Fialho UFLA

Prof. Paulo Borges Rodrigues UFLA

Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas UFLA


Prof. Antonio Gilberto Bertechini
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

A DEUS,
que guia meu caminho,
DEDICO

A meu pai Rubens Fassani
À minha mãe Laura Maria de Jesus Fassani
A meus irmãos Fabio Luis Fassani e Daniela Cristina Fassani,
OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto de tese.

Ao professor Antonio Gilberto Bertechini, pela amizade, confiança, oportunidade, ensinamentos e orientação oferecida durante o transcorrer do curso.

Aos professores Benedito Lemos de Oliveira, Elias Tadeu Fialho, Edivaldo Antonio Garcia, José Cleto da Silva, Antonio Soares Teixeira e Rilke Tadeu Fonseca de Freitas, pelas sugestões e valiosos ensinamentos.

Aos funcionários do Setor de Avicultura, Luís Carlos de Oliveira, Geraldo Alves, José Onófre da Silva, e ao funcionário do Departamento de Zootecnia José Geraldo Vilas Boas, pela amizade e colaboração durante a execução dos trabalhos.

Aos funcionários do Laboratório de Pesquisa Animal, Márcio dos Santos Nogueira, Suelba Ferreira de Souza e José Geraldo Virgílio, pela amizade e auxílio nas análises laboratoriais.

Aos amigos, Reinaldo Kanji Kato, Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito, Adriano Geraldo, Luciano Ferreira dos Santos e Michele de Oliveira Mendonça pela amizade e valioso auxílio durante toda execução dos trabalhos.

A todos amigos do curso da Pós-Graduação, pelo companheirismo e convívio agradável.

Ao funcionário da Secretaria de Pós-graduação do Departamento de Zootecnia Carlos Henrique de Souza, pela amizade e ajuda prestada.

A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para concretização desta.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	I
ABSTRACT	III
CAPÍTULO 1	1
1 INTRODUÇÃO GERAL	2
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Cálcio para poedeiras.....	4
2.2 Fontes de cálcio.....	5
2.3 Granulometria e solubilidade do calcário.....	6
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
CAPÍTULO 2	13
1 RESUMO	14
2 ABSTRACT	15
3 INTRODUÇÃO	16
4 REVISÃO DE LITERATURA	18
4.1 Classificação dos calcários	18
4.2 Granulometria e solubilidade dos calcários	19
4.3 Métodos de análise da solubilidade in vitro do calcário	20
5 MATERIAL E MÉTODOS	22
5.1 Densidade real dos calcários	22
5.2 Composição mineral	23
5.3 Solubilidade in vitro	23
5.4 Delineamento experimental	24
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
6.1 Densidade real e composição mineral	25
6.2 Solubilidade in vitro	26
7 CONCLUSÕES	29
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

CAPÍTULO 3	32
1 RESUMO	33
2 ABSTRACT	34
3 INTRODUÇÃO	35
4 REVISÃO DE LITERATURA	37
4.1 Cálcio para poedeiras	37
4.2 Fontes de cálcio	38
4.3 Granulometria e solubilidade do calcário	40
5 MATERIAL E MÉTODOS	43
5.1 Local	43
5.2 Instalações e equipamentos	43
5.3 Aves e manejo experimental	43
5.4 Experimentos	47
5.4.1 Experimento 1 – Solubilidade in vivo e retenção de cálcio de calcários por poedeiras na fase final de postura	47
5.4.2 Experimento 2 - Solubilidade in vivo e retenção de cálcio de calcários por poedeiras na fase inicial de postura	53
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
6.1 Experimento 1 – Solubilidade in vivo e retenção de cálcio de calcários por poedeiras na fase final de postura	54
6.1.1 Consumo de calcário e de cálcio	54
6.1.2 Retenção intestinal de calcário	56
6.1.3 Solubilidade in vivo dos calcários	59
6.1.4 Retenção de cálcio	61
6.2 Experimento 2 – Solubilidade in vivo e retenção de cálcio de calcários por poedeiras na fase inicial de postura	62
6.2.1 Consumo de calcário e de cálcio	62
6.2.2 Retenção intestinal de calcário	64
6.2.3 Solubilidade in vivo dos calcários	67
6.2.4 Retenção de cálcio	70
7 CONCLUSÕES	72
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	76

RESUMO

FASSANI, Édison José. **Características físico-químicas de calcários calcínicos do Estado de Minas Gerais utilizados em rações de poedeiras.** Lavras: UFLA, 2003. 83 p. (Tese - Doutorado em Zootecnia)*.

Três experimentos foram conduzidos no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – UFLA, em Lavras – MG, Brasil, com objetivo de avaliar as características físico-químicas e biológicas de calcários calcínicos utilizados na alimentação de poedeiras na fase inicial e final de postura. Os tratamentos avaliados foram os mesmos para todos os experimentos, e constituídos por 4 calcários calcínicos extraídos em diferentes regiões de Minas Gerais (Ijaci, Barroso, Iguatama e Formiga), padronizados em 5 granulometrias (0,15-0,30; 0,30-0,60; 0,60-1,20; 1,20-2,00 e 2,00-4,00mm), totalizando 20 tratamentos. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x5, em todos os 3 experimentos, com 8 repetições. No primeiro experimento, os calcários foram encaminhados ao laboratório para determinação da composição mineral, densidade aparente e solubilidade *in vitro*. O segundo experimento foi realizado utilizando 168 poedeiras Lohmann-LSL na fase final de postura; as aves foram alojadas em gaiolas metabólicas, onde receberam os tratamentos. Avaliou-se o consumo de calcário e de cálcio, o calcário retido no intestino, a solubilidade *in vivo* dos calcários e a taxa de retenção de cálcio. O terceiro experimento foi semelhante ao segundo, porém utilizando poedeiras na fase inicial de postura. Foi realizada uma análise de correlação entre os dados de solubilidade *in vitro* e os dados de retenção de calcário e solubilidade *in vivo* obtidos nos experimentos. A análise química dos calcários indicou algumas diferenças, principalmente em elementos como ferro e manganês. Houve interação ($P < 0,01$) entre calcários e granulometrias para a solubilidade *in vitro*, e todos os calcários apresentaram redução na solubilidade *in vitro* com o aumento da granulometria ($P < 0,01$), porém, apresentando comportamento cúbico. No experimento com poedeiras na fase inicial, houve efeito de calcário na granulometria de 2,00-4,00mm, com maior retenção intestinal de calcário apresentada pelo calcário da região de Iguatama ($P < 0,01$). Todos os calcários estudados apresentaram efeito linear

* Comitê Orientador: Antônio Gilberto Bertechini – UFLA (orientador), Paulo Borges Rodrigues – UFLA, Elias Tadeu Fialho – UFLA, Edivaldo Antônio Garcia – UNESP e Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

($P < 0,01$) na retenção de calcário intestinal com o aumento da granulometria, com exceção do calcário de Barroso, que apresentou efeito cúbico. A solubilidade *in vivo* aumentou conforme a granulometria estudada ($P < 0,01$), apresentando diferenças entre os calcários, apenas na menor granulometria (0,15-0,30mm). A taxa de retenção de cálcio apresentou efeito entre os calcários e as granulometrias ($P < 0,01$). Todos os calcários, com exceção do calcário de Barroso, aumentaram de forma linear ($P < 0,01$) a taxa de retenção de cálcio com o aumento da granulometria. Os resultados obtidos no experimento com poedeiras na fase inicial de postura foram bastante similares aos obtidos com poedeiras em final de postura. As correlações entre solubilidade *in vitro* com o calcário retido e a solubilidade *in vivo* foram significativas ($P < 0,01$), indicando ocorrer correlação negativa entre as variáveis.

ABSTRACT

FASSANI, Édison José. Physical-chemical properties of limestones from the State of Minas Gerais used in laying hens diets. Lavras: UFLA, 2003. 83p. (Thesis - Doctorate in Animal Science)*.

Three experiments were carried out in the Section of Poultry Production of the Department of Animal Science of the Federal University of Lavras - UFLA, in Lavras - MG, Brazil, with the aim of evaluating the physical-chemical and biological properties of limestones used in the laying hens feeding in the initial and final cycle of laying. The experimental design was completely randomized in a 4x5 factorial arrangement, in all three experiments. The 4 samples of limestones were extracted in different areas of Minas Gerais (Ijaci, Barroso, Iguatama and Formiga) in 5 different particle size (0.15-0.30, 0.30-0.60, 0.60-1.20, 1.20-2.00 and 2.00-4.00mm), totaling 20 treatments, with 8 replications. In the first experiment, the limestones were taken out to the laboratory and the mineral composition, apparent density and the *in vitro* limestone solubility were determined. The second experiment was carried out using 168 Lohmann-LSL hens in the initial cycle of lay and the hens were housed in metabolic cages where they received the treatments. The limestone consumption was evaluated and of calcium, the digestive system limestone retained, the *in vivo* limestones solubility and the retention of calcium rate. The experiment 3 was similar to second one however using laying hens in the final cycle of laying. A correlation analysis was applied on the data of *in vitro* solubility with the data of gut limestone retention and *in vivo* limestone solubility obtained in the experiments 2 and 3. The chemical analysis of the limestones indicated some differences, specially for iron and manganese. There was an interaction ($P<0.01$) among limestones and particle size for the *in vitro* limestones solubility, and all limestones showed a decrease in the *in vitro* solubility when the particle size ($P<0.01$) increased. However, showed cubic response. In the experiment 2, there was effect of the particle size of 2.00-4.00mm for the different limestones, with larger digestive system limestone retention presented by the Iguatama limestone ($P<0.01$). All the limestones

* Guidance Committee: Antônio Gilberto Bertechini – UFLA (Adviser), Paulo Borges Rodrigues – UFLA, Elias Tadeu Fialho – UFLA, Edivaldo Antônio Garcia – UNESP e Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

studied presented a linear effect ($P < 0.01$) in the system retention when the particle size increased, except for the Barroso limestone that showed cubic effect. The *in vivo* limestone solubility increased according to the studied particle size ($P < 0.01$), presenting differences among the limestones, only for the smallest particle size (0.15-0.30mm). The retention of calcium rate presented positive effect between the limestones and the particle size ($P < 0.01$), for all the limestones, except for the Barroso limestone that increased in a linear way ($P < 0.01$). The retention rate of calcium increased when the limestone particle sizes increased. In the experiment whit laying hens in inicial cycle of laying, the obtained results were similar to the ones obtained in the experiment with laying hens on final cycle of laiying. The correlations between the *in vitro* limestone solubility and the digestive tract retention and the *in vivo* limestone solubility were significant ($P < 0.01$), that there is a negative correlation between the variables.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Estado de Minas Gerais possui as principais jazidas de calcário calcítico do Brasil, principal fonte suplementar de cálcio, utilizadas pelas grandes integrações da avicultura de corte, de suínos, indústrias de rações e criadores de poedeiras comerciais.

O calcário está entre as seis substâncias minerais de maior valor econômico do Brasil e Minas Gerais contribui com aproximadamente 33% da produção nacional. Considerando a produção indicada no relatório anual do universo da mineração brasileira, realizado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral no ano de 2000, Minas Gerais, produziu mais de 23 milhões de toneladas de calcário, entre os classificados como calcíticos e dolomíticos (DNPM, 2001), o que justifica o aumento do investimento em pesquisa na mineração e no setor agropecuário.

Até o momento não existem estimativas oficiais da demanda de calcário calcítico, empregado na alimentação animal. Porém, partindo dos dados da produção nacional de rações para o ano de 2002 para o segmento da avicultura de postura, publicado pelo SINDIRAÇÕES (2002), chega-se a uma estimativa de consumo de calcário calcítico destinado a rações de poedeiras da ordem de 23.287 toneladas mensais.

Trabalhos recentes indicam que os valores de exigência nutricional de cálcio para as aves, comumente utilizados, resultado de determinações em anos anteriores, não correspondem às reais necessidades destas aves, devido à falta de padronização da granulometria da fonte de cálcio, em relação às necessidades de cada tipo de ave e em cada fase de seu desenvolvimento, resultando, na maioria das vezes, na utilização de níveis inadequados de cálcio, bem como no nível de suplementação deste ingrediente.

Os grandes usuários de calcário calcítico nas rações, sejam produtores, integradores ou fábricas de rações, têm cobrado dos fornecedores a adequação de granulometrias mais apropriadas para cada tipo de ração. Neste contexto, os moinhos não têm suporte de pesquisas para alicerçar modificações no seu processamento, para atender a essas reivindicações. Por outro lado, a literatura nacional não tem indicações das granulometrias adequadas, além da falta de conhecimento da solubilidade de cada tipo de rocha calcária, bem como de sua composição química completa. Estes fatores são extremamente importantes para adequar os níveis de cálcio, bem como a utilização do calcário, de forma eficiente e que permita o melhor desempenho, com uma granulometria e solubilidade adequada, permitindo, assim, uma melhor utilização deste ingrediente, que tem grande influência no desempenho produtivo das aves.

Assim, surge a necessidade de um trabalho conjunto entre a indústria de calcário, as empresas consumidoras e a pesquisa, a fim de equacionar todas as dúvidas apresentadas e resultar na produção de calcários mais adequados para uso na avicultura.

Dessa forma, os objetivos do presente trabalho foram:

Realizar avaliações das características físico-químicas dos principais calcários calcíticos produzidos no Estado de Minas Gerais, utilizados na alimentação de poedeiras;

Avaliar a solubilidade *in vivo* e a retenção de cálcio dos calcários, em diferentes granulometrias, para poedeiras nas fases inicial e final de postura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cálcio para poedeiras

As poedeiras comerciais têm aumentado a sua produtividade nos últimos anos graças ao melhoramento genético, à melhoria nas práticas de manejo, dos conhecimentos de nutrição e prevenção das doenças, resultando em aves mais precoces para o início e pico de postura, além da manutenção de altos níveis de postura por longo período.

As necessidades de cálcio para poedeiras são constantemente pesquisadas pelos nutricionistas, uma vez que a casca do ovo é composta de 90% de matéria mineral, sendo sua maioria (98%) composta por carbonato de cálcio (Mendonça Jr. 1993).

Os níveis de cálcio e fósforo têm evoluído em sentidos contrários nos últimos anos. Enquanto os níveis de cálcio têm aumentado, os níveis de fósforo têm sido reduzidos nas dietas de poedeiras comerciais. Estes macroelementos estão estreitamente envolvidos na qualidade da casca dos ovos. Os ovos possuem aproximadamente 10% do seu peso em casca, sendo que esta contém 37% de cálcio. A idéia de se elevar a quantidade de cálcio ingerido, segundo Keshavarz & Nakajima (1993), seria devida à maior necessidade para formar a casca como consequência do aumento do peso dos ovos de poedeiras mais velhas. No entanto, Rodrigues (1995), utilizando poedeiras de segundo ciclo, verificou que não existe a necessidade de se elevar o nível de cálcio dietético além de 3,8% para se conseguir melhor qualidade de casca.

O suprimento inadequado de cálcio é causador de perdas significativas na produção e qualidade de casca dos ovos de poedeiras comerciais. As poedeiras necessitam de no mínimo 3,75g de cálcio (Ca) diariamente entre a

37^a e a 52^a semana de idade (Roland, 1986a). O NRC (1994) recomenda 3,25 % de cálcio para as aves que consomem 100 g de ração diariamente, o que resulta em 3,25 g de cálcio diários, recomendação esta para poedeiras comerciais de primeiro ciclo, não trazendo informações específicas para aves mudadas. Leeson & Summers (1997) recomendam que a ingestão de cálcio deve ser de 3,50g diárias, e as tabelas brasileiras para aves e suínos, publicadas por Rostagno et al. (2000), recomendam uma suplementação de 4,02g/ave/dia de cálcio para poedeiras leves, recomendação superior às encontradas na literatura.

Dietas com níveis de cálcio abaixo das exigências nutricionais das poedeiras reduzem o desempenho e a qualidade do ovo (Keshavarz, 1986). No entanto, o excesso de cálcio pode reduzir o consumo, favorecer a excreção de fezes moles e o aumento de depósitos calcários na casca do ovo (Vicenzi, 1996).

2.2 Fontes de cálcio

O conhecimento da qualidade dos insumos utilizados na criação das aves é de fundamental importância para que se obtenha sucesso na atividade. O calcário calcítico e a farinha de ostras são as fontes de cálcio mais comumente utilizadas na avicultura de postura (Roland & Harms, 1973).

O termo calcário é empregado geologicamente para caracterizar um grupo de rochas que apresenta em sua composição teores de carbonatos superiores a 50% (Moniz, 1983). Do ponto de vista prático, os calcários são classificados, quanto ao conteúdo de óxido de magnésio (MgO), em calcíticos, magnesianos e dolomíticos, com concentrações menores que 5%, entre 5 a 12% e maiores que 12%, respectivamente (Koche et al., 1989). Ou seja, um calcário é considerado calcítico quando apresentar concentração de magnésio (Mg) inferior a 3%.

Sabe-se que a utilização correta deste mineral está longe de ser

empregada nas granjas, já que pesquisas destacam influências de diversas ordens, como, nível real de cálcio, nível de magnésio, granulometria, solubilidade *in vitro* e solubilidade *in vivo*, além da possível presença de metais pesados, nocivos à saúde humana. Quando a fonte de cálcio é o calcário, a substituição de calcário pulverizado por uma parte de calcário granulado melhora a resistência da casca do ovo (Teixeira, 1982).

Keshavarz (1986), ao avaliar níveis de cálcio sobre o desempenho e qualidade de casca, concluiu que a produção de ovos, peso de ovo, massa de ovo, consumo alimentar, conversão alimentar e ganho de peso corporal foram constantemente mais baixos para as aves dos grupos extremos (2 e 5% de cálcio) do que para as aves dos grupos de controle (3,5% de cálcio), reduzindo o desempenho da ave.

2.3 Granulometria e solubilidade do calcário

A suplementação de cálcio através de uma fonte com granulometria grossa propicia uma retenção mais prolongada na moela, o que torna o cálcio mais disponível durante o período de formação da casca (Scott, 1971; Oliveira, 1997). Roland (1986b) relata que a suplementação de cálcio, com granulometria grossa em dietas de poedeiras, pode ser mais benéfica durante situações adversas, tais como em temperatura ambiental elevada e espaço inadequado nos comedouros, ou seja, em situações que levem à diminuição no consumo.

Muitos trabalhos recomendam o uso de 2/3 de calcário sob a forma de partículas grandes e 1/3 como calcário pulverizado, permitindo um menor índice de perdas, sem afetar as demais medidas de desempenho. Porém, Rao & Roland (1992) sugerem que partículas grandes podem ser benéficas sob condições não ideais, sendo que, em condições ótimas, não haveria a necessidade de se fazer a

substituição parcial por partículas grandes de calcário, e que 1 mm seria a granulometria mínima para promover uma retenção maior de calcário na moela.

Vários são os fatores que podem influenciar na absorção do cálcio, e em primeiro lugar está a solubilização da fonte, pois segundo Bronner (1993), o carbonato de cálcio suplementado deve primeiro ser solubilizado no trato gastrointestinal antes que seu conteúdo de cálcio possa ser nutricionalmente utilizado.

Rabon & Roland (1985) avaliaram 44 diferentes calcários e farinhas de ostras produzidos por nove companhias e encontraram uma variação de até 63% nos valores de solubilidade *in vitro* entre as companhias, utilizando da mesma granulometria.

Resultados estabelecidos por Rao & Roland (1989) indicam que o tamanho de partícula e a quantidade de cálcio consumido influenciam na taxa de solubilização do calcário no trato digestivo da poedeira. As poedeiras solubilizaram uma menor porcentagem do cálcio ingerido quando o nível de ingestão de cálcio é elevado e as aves solubilizaram uma maior porcentagem do cálcio ingerido quando este é suplementado através de partículas maiores. Em um outro ensaio, Rao & Roland (1990), com o objetivo de determinar interações entre o tamanho da partícula, a solubilidade do calcário *in vivo* e o "status" de cálcio da ave, observaram que a porcentagem de solubilização e retenção do cálcio diminuiu quando o nível de cálcio foi aumentado e, às aves, que consumiram calcário com partículas grandes e retiveram mais cálcio do que as aves alimentadas com calcário pulverizado nos níveis de 3,0; 4,5; e 6,0% de cálcio dietético, demonstrando que o nível de cálcio e o tamanho da partícula da fonte de cálcio influenciam a solubilização no sistema digestivo, pois as aves que consumiram calcário mais grosso (2 a 4mm) solubilizaram e retiveram uma maior porcentagem de cálcio do que as aves que receberam calcário fino (0,5 a

0,8mm).

Ao trocar calcários com solubilidades diferentes para avaliar o seu efeito sobre o desempenho e a qualidade de casca dos ovos, Thim & Coon (1990) concluíram que ao trocar calcário por farinha de ostras, ou trocar um calcário de solubilidade mais alta a um de solubilidade mais baixa e vice-versa, em tentativas a curto prazo, não houve nenhuma diferença significativa em qualidade de casca ou desempenho na postura.

Trabalhando com poedeiras de ovos marrons, Guinotte & Nys (1991) obtiveram melhores resultados de peso de ovos, peso de casca e resistência óssea à quebra quando utilizaram calcário com granulometria grossa e concluíram que, independentemente da origem do carbonato de cálcio (calcário ou casca de ostras), uma granulometria mais grossa melhora as características ósseas como a resistência à quebra e o teor de cinzas.

A relação entre nível de cálcio, fonte, classificação segundo o tamanho, solubilidade *in vitro* e *in vivo* e retenção de calcário na moela foram estudados por Zhang & Coon (1997), constatando que a retenção de calcário na moela aumentou quando a solubilidade *in vitro* era mais baixa ou quando o nível de cálcio dietético aumentava, sendo que a solubilidade *in vivo* do calcário diminuiu com o aumento do nível de cálcio dietético. Demonstrou também que calcários com tamanho de partículas maiores de 0,8mm, com baixa solubilidade *in vitro* (30 a 50%), determinada pela técnica de Zhang & Coon (1997), ficam retidos na moela durante um tempo mais longo, aumentando sua solubilidade *in vivo*. Os resultados apoiaram o conceito de que tamanho de partícula maior ou a baixa solubilidade *in vitro* pode aumentar a retenção de cálcio pelas poedeiras.

Roland (1999) comenta que a substituição do calcário finamente moído por um de granulometria mais grossa não deve ser superior a 50%, a fim de não afetar o consumo das aves; o autor também afirma que fatores como a densidade

e impurezas podem influenciar a solubilização do calcário, afetando o uso do cálcio pelas aves.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRONNER, F. Nutrient bioavailability with a special reference to calcium. **Journal Nutrition**, Bethesda, v. 123, n. 5, p. 797-802, May 1993.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. O Universo da Mineração Brasileira – 2001 ano base 2000. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/amb2000.html>>. Acesso em: nov. 2002.

GUINOTTE, F.; NYS, Y. Effects of particle size and origin of calcium sources on eggshell quality and bone mineralization in egg laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 70, n. 3, p. 583-592, Mar. 1991.

KESHAVARZ, K. The effect of variation of calcium intake on production performance and shell quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 65, n. 11, p. 2120-2125, Mar. 1986.

KESHAVARZ, K.; NAKAJIMA, S. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 144-153, Jan. 1993.

KOCHE, A.; HANASIRO, J.; SANTOS, A. R.; ROMERO, A. M. S.; LAVIGNE, M.; GUIDOLIN, J. A.; ALCARDE, J. C. **Análise de corretivos agrícolas**. São Paulo: Associação Nacional para difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1989. 30 p.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Comercial poultry nutrition**. 2. ed. Guelph, Ontário: University Books, 1997. 355 p.

MENDONÇA Jr., C. X. Fatores nutricionais envolvidos na qualidade do ovo. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 3., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: APA, 1993. p. 29-51.

MONIZ, A. C. Reservas e ocorrência de rochas calcárias no Brasil. In: RAIJ, B.; BATAGLIA, O. C.; SILVA, N. M. **Acidez e calagem no Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p. 1-9.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of Poultry**. 9. ed. Washington: National Academy Science, 1994. 155 p. (Nutrient Requirements of Domestic Animals).

OLIVEIRA, J. E. F.; OLIVEIRA, B. L.; BERTECHINI, A. G. Níveis de cálcio,

granulometria e horário de fornecimento do calcário no desempenho e na qualidade do ovo de poedeiras leves no segundo ciclo de postura. **Ciência e Agratecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 502-510, out./dez. 1997.

RABON JR, H. M.; ROLAND, D. A. Solubility comparisons of limestones and oyster shells from different companies, and the short term effect of switching limestones varying in solubility on egg specific gravity. **Poultry Science**, Champaign, v. 64, p. 37-38, 1985. Supplement, 1. (Abst. 37)

RAO, K. S.; ROLAND, D. A. Improved limestone retention in the gizzard of commercial leghorn hens. **Journal Applied Poultry Reserch**, Savoy, v. 1, n. 1, p. 6-10, 1992.

RAO, K. S.; ROLAND, D. A. Influence of dietary calcium level and particle size of calcium solubilization by commercial leghorns. **Poultry Science**. Champaign, v. 68, n. 11, p. 1499-1505, Nov. 1989.

RAO, K. S.; ROLAND, D. A. *In vivo* limestone solubilization in comercial 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.

RODRIGUES, P. B. **Fatores nutricionais que afetam a qualidade do ovo de poedeiras de segundo ciclo**. 1995. 156 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ROLAND, D. A. Egg shel quality III: Calcium and phosphorus requiriments of comercial Leghorns. **World's Poultry Science Journal**, Madison, v. 42, n. 2, p. 154-165, June 1986a.

ROLAND, D. A. Egg shel quality IV: Oyster shell versus limestone and the importance of particle size or solubility of calcium source. **World's Poultry Science Journal**, Madison, v. 42, n. 2, p. 166-171, June 1986b.

ROLAND, D. A.; BRYANT, M. Optimal shell quality possible without oyster shell. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 71, n. 15, p. 18-19, Apr. 1999.

ROLAND, D. A.; HARMS, R. H. Calcium metabolism in the laying hen 5. Effect of various sources and sizes of calcium carbonato on shell quality. **Poultry Science**, Champaing, v. 52, n. 1, p. 369-372, Jan. 1973.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2000. 141 p.

SCOTT, M. L.; HULL, S. L.; MULLENHOFF, P. A. The calcium requirements 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.

SILVA, O. P. A. Mineração em Minas Gerais: Passado, Presente e Futuro. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 77-86, 1997.

SINDICATO NACIONAL DA INDUSTRIA DE RAÇÕES – SINDIRAÇÕES.
Produção nacional de rações. Disponível em:
<<http://www.sindiracoes.com.br>>. Acesso em: nov. 2002.

TEIXEIRA, A. S. **Variação granulométrica do calcário e diferentes níveis de cálcio em ração de poedeiras**. 1982. 82 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

THIM K.; COON, N. C. Effect on layer performance and shell quality of switching limestone with different Solubilities. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n. 12, p. 2199-2203, Dec. 1990.

VICENZI, E. Fadiga de gaiola e qualidade da casca do ovo - aspectos nutricionais. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 6., 1996, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: APA, 1996. p. 77-91.

ZHANG, B.; 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**, Champaign, v. 76, n. 12, p. 1702-1706, Dec. 1997.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE CALCÁRIOS CALCÍTICOS DE MINAS GERAIS

1 RESUMO

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – UFLA, em Lavras – MG, Brasil, com objetivo de avaliar as características físico-químicas de calcários calcíticos utilizados na alimentação de poedeiras. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x5, sendo 4 calcários calcíticos extraídos em diferentes regiões de Minas Gerais (Ijaci, Barroso, Iguatama e Formiga), em 5 granulometrias padronizadas (0,15-0,30; 0,30-0,60; 0,60-1,20; 1,20-2,00 e 2,00-4,00mm), totalizando 20 tratamentos, com 8 repetições. Os calcários foram encaminhados ao laboratório, onde se determinou a composição mineral, a densidade real e a solubilidade *in vitro*, determinada pelo método da perda de peso. A análise mineral dos calcários indicou algumas diferenças, principalmente em elementos como ferro e manganês, além de detectar a presença de zinco e cobre em menor quantidade. Os valores de densidade real dos calcários variaram de 2,668g/cm³ para o calcário de Formiga a 2,858g/cm³ para o calcário de Ijaci, o que indica haver variação na pureza dos mesmos. Houve interação (P<0,01) entre os calcários e as granulometrias para a solubilidade *in vitro* dos calcários e todos os calcários apresentaram redução na solubilidade *in vitro* com o aumento da granulometria (P<0,01), porém apresentando comportamento cúbico. O calcário de Barroso se mostrou o mais solúvel (P<0,01) em todas as granulometrias e sua solubilidade *in vitro* foi superior a 12,5% na maior granulometria estudada (2,00-4,00mm), o que representou uma taxa de solubilidade de 33,3% acima do valor determinado para o calcário de Formiga, que foi o menos solúvel (P<0,01) na mesma granulometria. Através dos resultados encontrados, verificou-se que a solubilidade *in vitro* não é determinada unicamente pela granulometria em que o calcário se apresenta.

2 ABSTRACT

The experiment was carried out at the Animal Research Laboratory of the Department of Animal Science of the Federal University of Lavras - UFLA, in Lavras - MG, Brazil, with the aim of evaluating the physical-chemical properties of limestones used in the laying hens feeding. The experimental design was completely randomized in a 4x5 factorial arrangement, being four limestones extracted in different areas of Minas Gerais (Ijaci, Barroso, Iguatama and Formiga) with five different particle sizes (0.15-0.30, 0.30-0.60, 0.60-1.20, 1.20-2.00 and 2.00-4.00mm), amounting twenty treatments, with eight replications in each one. The mineral composition, the real density and the *in vitro* solubility, were determined. The mineral analysis of the limestones indicated some differences specially, in the concentration of iron and manganese, besides detecting the presence of zinc and copper in small quantity. The values of real density of the limestones varied from 2.668g/cm³ for the Formiga limestone to 2.858g/cm³ for the Ijaci limestone, indicating that there was some variation in the purity of the samples. There was interaction (P<0.01) among the particle sizes of the limestones and the *in vitro* solubility. All the limestones showed a decrease for the *in vitro* solubility with the increase of the particle sizes (P<0.01). However, the results showed a cubic response. The Barroso limestone was the most soluble source (P<0.01) for all the particle sizes and its results for the *in vitro* solubility was superior to 12.5%, for the largest particle size used (2.00-4.00mm). This represented a rate of solubility of 33.3% above the value obtained for the Formiga limestone, that was the less soluble source (P<0.01) for the same particle size. The results indicated that the *in vitro* limestone solubility is not determined only by the particle size that the limestone is normally found.

3 INTRODUÇÃO

No Brasil, o calcário está entre as seis substâncias minerais de maior valor econômico, e o Estado de Minas Gerais contribui com aproximadamente 33% da produção nacional. Considerando a produção indicada no relatório anual do universo da mineração brasileira, realizado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral no ano de 2000, o estado de Minas Gerais produziu mais de 23 milhões de toneladas de calcário, entre os classificados como calcínicos e dolomíticos (DNPM, 2001), o que justifica o aumento do investimento em pesquisa na mineração e no setor agropecuário.

Até o momento não existem estimativas oficiais da demanda de calcário calcínico, empregado na alimentação animal. Porém, partindo dos dados da produção nacional de rações para o ano de 2002 para o segmento da avicultura de postura, publicados pelo SINDIRAÇÕES (2002), chega-se a uma estimativa de consumo de calcário calcínico destinado a rações de poedeiras da ordem de 23.287 toneladas mensais.

A produção nacional de calcário calcínico, e em particular a produção de Minas Gerais, é caracterizada por uma grande variação nas regiões de extração, o que implica em diferenciações na formação geológica das rochas calcárias, que são formadas em processos de sedimentação; esse fator geográfico pode levar à obtenção de calcários com variação na composição em cálcio e em outras características físico-químicas importantes, como a solubilidade *in vitro*, que é uma variável que recentemente está sendo mais estudada, tendo sua importância destacada como medida de grande importância para o conhecimento dos calcários utilizados na alimentação animal.

A falta de conhecimento das características físico-químicas dos

calcários pode, em parte, ser responsável pela variação nos resultados de exigência nutricional encontrada nos trabalhos de pesquisa com cálcio, principalmente com poedeiras, levando os nutricionistas da área a utilizar, em muitos casos, níveis muito elevados de cálcio nas rações de poedeiras.

O objetivo do presente trabalho foi de realizar avaliações das características físico-químicas dos principais calcários calcíticos produzidos no Estado de Minas Gerais, utilizados na alimentação de poedeiras.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Classificação dos calcários

O conhecimento da qualidade dos insumos utilizados na criação das aves é de fundamental importância para que se obtenha sucesso na atividade. O calcário calcítico e a farinha de ostras são as fontes de cálcio mais comumente utilizadas na avicultura de postura (Roland & Harms, 1973).

O termo calcário é empregado geologicamente para caracterizar um grupo de rochas que apresenta, em sua composição, teores de carbonatos superiores a 50% (Moniz, 1983). Do ponto de vista prático, os calcários são classificados, quanto ao conteúdo de óxido de magnésio (MgO), em calcíticos, magnesianos e dolomíticos, com concentrações menores que 5%, entre 5 a 12% e maiores que 12%, respectivamente (Koche et al., 1989). Ou seja, um calcário é considerado calcítico quando apresentar concentração de magnésio total (Mg) inferior a 3%.

A densidade real dos calcários é uma característica pouco avaliada em trabalhos de pesquisa científicos, relacionados com a nutrição animal. Porém, ao se considerar que os calcários calcíticos utilizados para a alimentação das aves são compostos grandemente por carbonato de cálcio (CaCO_3), os quais, segundo Weast & Selby (1968), apresentam uma densidade de $2,930\text{g/cm}^3$, pode-se então supor que os calcários calcíticos devem apresentar densidades próximas a esse valor.

Sabe-se que a utilização correta dos calcários está longe de ser empregada nas granjas, pois pesquisas destacam influências de diversas ordens, como a composição real em minerais, a forma em que os minerais estão presentes na rocha, a granulometria e solubilidade *in vitro*, além da possível

presença de outros minerais que podem interferir na nutrição das aves. Dessa maneira, o conhecimento mais aprofundado das características dos calcários utilizados na alimentação das aves é de grande importância para a boa nutrição das aves.

4.2 Granulometria e solubilidade dos calcários

A suplementação de cálcio através de uma fonte com granulometria grossa propicia uma retenção mais prolongada na moela, o que torna o cálcio mais disponível durante o período de formação da casca (Scott, 1971 e Oliveira et al., 1997). Roland (1986) relata que a suplementação de cálcio com granulometria grossa, em dietas de poedeiras, pode ser mais benéfica durante situações adversas, tais como em temperatura ambiental elevada e espaço inadequado nos comedouros, ou seja, em situações que levem à diminuição no consumo.

A solubilidade *in vitro* das fontes de cálcio é altamente correlacionada com a solubilidade *in vivo*, apresentando correlação inversa (Rao & Roland, 1989).

Muitos trabalhos recomendam o uso de 2/3 de calcário sob a forma de partículas grandes e 1/3 como calcário pulverizado, permitindo um menor índice de perdas, sem afetar as demais medidas de desempenho; porém, Rao & Roland (1992) sugerem que partículas grandes podem ser benéficas sob condições não ideais, sendo que, em condições ótimas, não haveria a necessidade de se fazer a substituição parcial por partículas grandes de calcário, e que 1,0mm seria a granulometria mínima para promover uma maior retenção de calcário na moela.

Vários são os fatores que podem influenciar na absorção do cálcio; em primeiro lugar está a solubilização da fonte, pois segundo Bronner (1993), o

carbonato de cálcio suplementado deve primeiro ser solubilizado no trato gastrointestinal, antes que seu conteúdo de cálcio possa ser nutricionalmente utilizado.

Rabon & Roland (1985) avaliaram 44 diferentes calcários e farinhas de ostras, produzidos por nove companhias, e encontraram uma variação de até 63% nos valores de solubilidade *in vitro* entre as companhias, utilizando a mesma granulometria.

Resultados estabelecidos por Rao & Roland (1989) indicam que o tamanho de partícula e a quantidade de cálcio consumido influenciam na taxa de solubilização do calcário no trato digestivo da poedeira. As poedeiras solubilizaram uma menor porcentagem do cálcio ingerido quando o nível de ingestão de cálcio é elevado e as aves solubilizaram uma maior porcentagem do cálcio ingerido quando este é suplementado através de partículas maiores.

Através do uso da solubilidade está sendo provado que a solubilidade *in vitro* dos calcários é um melhor preditor da resposta das poedeiras que a simples granulometria do calcário (Axé, 1989). A solubilidade *in vitro*, utilizando o método de Cheng & Coon (1990) em valores de 11 a 14%, está sendo considerada como ideal para poedeiras, com os melhores resultados obtidos em solubilidade *in vitro* (12,5%) (Axé, 1989). Segundo Cheng & Coon (1990), tal valor de solubilidade pode ser obtido fazendo misturas entre granulometrias ou entre calcários de diferentes solubilidades.

A relação entre nível de cálcio, fonte, classificação segundo o tamanho, solubilidade *in vitro* e *in vivo* e retenção de calcário na moela foram estudados por Zhang & Coon (1997), constatando que a retenção de calcário na moela aumentou quando a solubilidade *in vitro* era mais baixa ou quando o nível de cálcio dietético aumentava, sendo que a solubilidade *in vivo* do calcário diminuiu com o aumento do nível de cálcio dietético. Demonstrou também que

calcários com tamanho de partículas maiores de 0,8 mm com baixa solubilidade *in vitro* (30 a 50%), determinados pelo método descrito por Zhang & Coon (1997), ficam retidos na moela durante um tempo mais longo, aumentando sua solubilidade *in vivo*. Os resultados apoiaram o conceito de que o tamanho de partícula maior ou a baixa solubilidade *in vitro* podem aumentar a retenção de cálcio pelas poedeiras.

Roland (1999) comenta que a substituição do calcário finamente moído por um de granulometria mais grossa não deve ser superior a 50%, a fim de não afetar o consumo das aves; o autor também afirma que fatores como a densidade e impurezas podem influenciar a solubilização do calcário, afetando o uso do cálcio pelas aves.

4.3 Métodos de análise da solubilidade *in vitro* do calcário

Na literatura internacional são relatados vários métodos de análises para a determinação da solubilidade *in vitro* do calcário, que se baseiam em condições fisiológicas normais de temperatura corporal e pH da região gástrica das aves, podendo ser destacado o método de perda de peso desenvolvido na Universidade de Minnessota, denominado Método da Porcentagem de Perda de Peso, descrito por Cheng & Coon (1990); também são utilizados outros métodos, como o de Rabon & Roland (1985), desenvolvido na Universidade de Auburn, e o de Zhang & Coon (1997), que é um aperfeiçoamento do método de Cheng & Coon (1990). O uso destes diferentes métodos para a determinação da solubilidade *in vitro* de fontes de cálcio, principalmente para poedeiras, criou várias dificuldades tanto para comparações como para aplicações de resultados de diferentes estudos. O método da porcentagem de perda de peso descrito por Cheng & Coon (1990), por apresentar uma padronização bem detalhada das condições de análise, tem sido mais empregado em trabalhos de pesquisa.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um levantamento das principais jazidas produtoras e fornecedoras de calcários para indústria avícola. Tais jazidas foram contatadas a fim de participarem do projeto. As jazidas que se propuseram a fazer parte nos trabalhos enviaram amostras representativas de seus calcários ao Laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras – MG, onde a maioria das análises físico-químicas foram realizadas. Foram amostrados quatro calcários que receberam, denominações segundo a região de origem, em: Ijaci, Barroso, Formiga e Iguatama.

5.1 Densidade real dos calcários

A densidade real é a massa por unidade de volume de calcário. Para a sua determinação foi adotada uma metodologia empregada para densidade de solos segundo Grohmann (1975), sendo os calcários padronizados em granulometria de 0,150mm.

Uma amostra de 10g de cada um dos quatro calcários, em duplicata, foi colocada em balão volumétrico de 100ml. Álcool, de uma proveta graduada, foi transferido para o balão contendo a amostra de calcário, anotando-se o volume de álcool necessário para completar o volume do balão. Por meio da fórmula: $Densidade = Massa/Volume$ foi determinada a densidade do calcário, sendo o resultado expresso em g/cm^3 .

5.2 Composição mineral

Os calcários foram submetidos a análises químicas a fim de se determinar sua composição, referente aos principais minerais, no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA.

O cálcio foi analisado por permanganometria, o magnésio e os microminerais ferro, zinco, cobre e manganês, por absorção atômica, de acordo com as metodologias descritas por Silva (1998), sendo utilizado, para absorção atômica, o aparelho Varian SpectrAA -100.

5.3 Solubilidade *in vitro*

A solubilidade *in vitro* foi realizada segundo o método descrito por Cheng & Coon (1990) da Universidade de Minnesota (método da perda de peso). Os quatro calcários foram padronizados em cinco granulometrias, utilizando conjunto de peneiras padrão da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), números 5, 10, 20, 30, 50 e 100, correspondendo às aberturas de malhas 4,0; 2,0; 1,20; 0,60; 0,30; 0,15mm, respectivamente. As 5 granulometrias utilizadas foram as retidas nas peneiras de 0,15; 0,30; 0,60; 1,20 e 2,00mm.

Um becker de 400ml, contendo 100ml de solução de HCl 0,1M, foi aquecido por 15 minutos em estufa a 42°C, com agitação de 60rpm. Dois gramas de calcário foram colocados dentro do becker para reagir por 10 minutos. O conteúdo do becker foi filtrado em papel de filtro "Whatman 42" previamente seco em estufa e com peso conhecido, sendo o becker e os resíduos de calcário lavados com água deionizada. O filtro com a amostra foram secos a 55°C por 12

horas e então pesados. A porcentagem de calcário solubilizado foi calculada pela diferença dos pesos e expressa como porcentagem de solubilidade do calcário *in vitro*.

5.4 Delineamento experimental

Somente os resultados de solubilidade *in vitro* foram avaliados estatisticamente, adotando-se um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial com 4 calcários x 5 granulometrias, com 8 repetições, segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + G_j + (CG)_{ij} + e_{(ijk)}$$

Y_{ijk} = Valores observados de solubilidade *in vitro*, do calcário i , na granulometria j , na repetição k ;

μ = Média geral;

C_i = Efeito do calcário i , sendo $i = 1, 2, 3$ e 4 ;

G_j = Efeito da granulometria j , sendo $j = 1, 2, 3, 4$ e 5 ;

$(CG)_{ij}$ = Efeito da interação calcário i e granulometria j ;

e_{ijk} = Erro associado a cada observação.

As comparações dos tratamentos foram desdobradas conforme procedimento do Sistema para Análise de variância (SISVAR), segundo Ferreira (2000), aplicando o teste de média SNK ao nível de 5% de probabilidade para os calcários e análise de regressão polinomial para as granulometrias.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Densidade real e composição mineral

A composição mineral e a densidade real dos calcários estão apresentadas na Tabela 1. Os valores da composição mineral se referem ao conteúdo de minerais totais. Pode-se verificar que todos os calcários apresentaram níveis de cálcio semelhantes e valores baixos em magnésio, o que os classificam corretamente em calcários calcíticos. A análise revelou uma grande quantidade de microminerais, como ferro (Fe) e manganês (Mn), além de pequenas quantidades de zinco (Zn) e cobre (Cu). O calcário de Formiga apresentou os maiores valores de microminerais, com 364,4ppm de Fe e 68,1ppm de Mn; quando comparado aos demais calcários analisados, também apresentou altos valores de Zn e Cu. O calcário de Ijaci, por sua vez, foi o que apresentou os menores níveis de microminerais e os maiores valores em cálcio.

A densidade real dos calcários variou de 2,668g/cm³ para o calcário de Formiga até 2,858g/cm³ para o calcário de Ijaci. Essa diferença pode, em parte, ser explicada pelo nível mais baixo de cálcio apresentado pelo calcário de Formiga (37,1% de Ca) em relação ao calcário de Ijaci (38,2% de Ca), pois segundo Weast & Selby (1968), o carbonato de cálcio puro apresenta uma densidade de 2,930g/cm³, dessa forma, quanto maior o nível de carbonato de cálcio presente em um calcário, maior será sua densidade, pois a molécula de carbonato de cálcio apresenta 40% de cálcio; portanto, uma concentração elevada de cálcio indica a pureza do calcário e, como consequência, uma maior densidade real.

TABELA 1 Composição mineral e densidade de calcários calcíticos¹.

Calcário	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu	Densidade g/cm ³
	--- % ---		----- ppm -----				
Ijaci	38,2	0,13	42,9	4	13,3	0,5	2,858
Barroso	38,0	0,16	67,3	14	24,5	--	2,703
Iguatama	37,7	0,33	148,5	20	20,7	--	2,858
Formiga	37,1	0,12	364,4	15	68,1	2,0	2,668

1- Análise realizada no Laboratório de Pesquisa Animal, DZO-UFLA.

Os maiores níveis de microminerais no calcário de Formiga não chegaram a comprometer sua densidade, pois se apresentaram em uma concentração muito inferior aos níveis de cálcio e magnésio, que são os principais minerais presentes nos calcários. Os resultados da densidade dos calcários podem ser um indicativo da presença de contaminantes nos calcários, principalmente com relação aos microminerais.

6.2 Solubilidade *in vitro*

As solubilidades *in vitro* dos calcários estão apresentadas na Tabela 2. Houve interação entre os calcários e as granulometrias estudadas ($P < 0,01$). Verificou-se que em todas as granulometrias o calcário de Barroso foi o que apresentou as maiores solubilidades *in vitro* ($P < 0,01$). Apenas na granulometria de 0,15mm, o calcário de Formiga foi semelhante em solubilidade *in vitro* ao calcário de Barroso ($P < 0,01$). As solubilidades *in vitro* de todos os calcários foram semelhantes nas granulometrias acima de 0,60mm, com exceção para o calcário de Barroso ($P < 0,01$), que foi mais solúvel que os demais, e o calcário de Formiga na granulometria de 2,00mm, que apresentou a menor taxa de solubilidade em relação aos demais calcários ($P < 0,01$).

TABELA 2 Efeito do calcário e da granulometria sobre a solubilidade *in vitro* do calcário (%).

Calcário	GRANULOMETRIA (mm) ¹					Média
	0,15-0,30	0,30-0,60	0,60-1,20	1,20-2,00	2,00-4,00	
Ijaci ²	16,95 c	12,78 c	11,76 b	11,12 b	10,74 b	12,67
Barroso ²	18,90 a	17,75 a	17,59 a	13,70 a	12,59 a	16,11
Iguatama ²	18,02 b	13,77 b	11,70 b	11,37 b	10,21 b	13,02
Formiga ²	19,23 a	12,96 c	11,58 b	11,08 b	9,45 c	12,85
Média	18,27	14,32	13,15	11,82	10,75	13,66

CV = 4,87%

1- Médias seguidas por letra diferente na coluna, diferem pelo teste de SNK (P<0,01).

2- Efeito cúbico (P<0,01).

Na Figura 1 pode-se observar o comportamento da solubilidade dos calcários com a variação das granulometrias, em que se verificou um comportamento cúbico (P<0,01), para todos os calcários, em relação à solubilidade *in vitro*. O calcário de Barroso, mesmo apresentando comportamento cúbico, em nenhuma granulometria apresentou solubilidade *in vitro* inferior a 12,5%, valor este tido como ideal, segundo Axé (1989), para promover melhor retenção intestinal de calcários por poedeiras.

A solubilidade *in vitro* dos calcários comportou-se de forma semelhante aos resultados descritos por Cheng & Coon (1990); e embora empregando outra metodologia de determinação, Zhang & Coon (1997) também encontraram o mesmo comportamento de queda da solubilidade com o aumento da granulometria, embora não seguindo um comportamento linear.

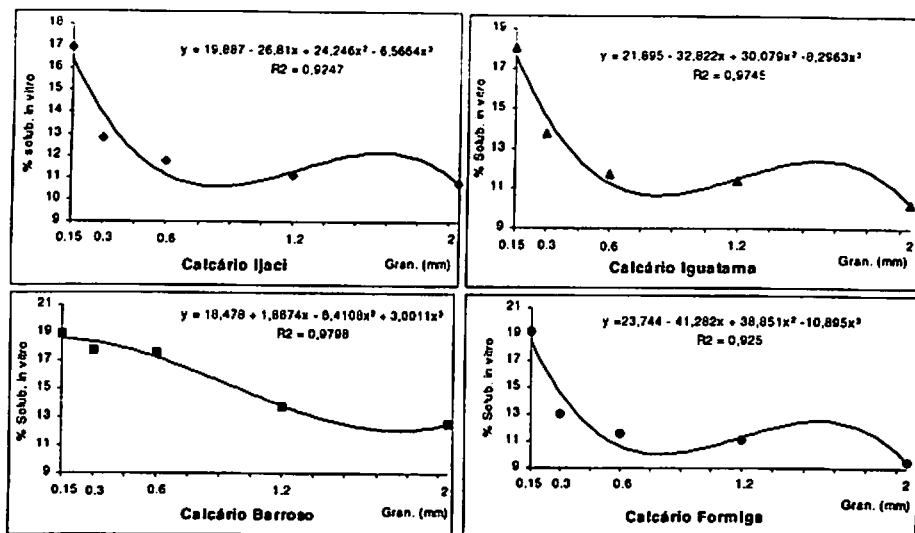


FIGURA 1 Efeito do calcário e da granulometria sobre a solubilidade *in vitro* do calcário (%).

Nota-se que a granulometria, mesmo sendo o principal fator da diminuição dos valores de solubilidade *in vitro* dos calcários, não foi o único, pois houve diferença na solubilidade entre calcários de mesma granulometria, indicando que a composição mineral e as características físicas são outros fatores que podem influenciar a solubilidade do calcário, o que está de acordo com as observações levantadas por Roland (1999).

7 CONCLUSÕES

Há variações na composição mineral dos calcários calcíticos extraídos e comercializados em Minas Gerais.

A solubilidade *in vitro* varia conforme a origem geográfica dos calcários.

A solubilidade *in vitro* é influenciada pela granulometria dos calcários.

Há diferenças na densidade dos calcários.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AXE, D. Solubility should be used in selection of limestone product. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 61, n. 53, p. 16, 26, Dec. 1989.

BRONNER, F. Nutrient bioavailability with a special reference to calcium. **Journal Nutrition**, Bethesda, v. 123, n. 5, p. 797-802, May 1993.

CHENG, T. K.; COON, C. N. Comparison of various *in vitro* methods for the determination of limestone solubility. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n. 12, p. 2204-2208, Dec. 1990.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. **O Universo da Mineração Brasileira – 2001 ano base 2000**. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/amb2000.html>>. Acesso em: nov. 2002.

FERREIRA, D. F. **Sistema para análise de variância para dados balanceados: SISVAR**. Lavras: UFLA, 2000.

GROHMANN, F. Porosidade. In: **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 1975. p. 77-84.

KOCHE, A.; HANASIRO, J.; SANTOS, A. R.; ROMERO, A. M. S.; LAVIGNE, M.; GUIDOLIN, J. A.; ALCARDE, J. C. **Análise de corretivos agrícolas**. São Paulo: Associação Nacional para difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1989. 30 p.

MONIZ, A. C. Reservas e ocorrência de rochas calcárias no Brasil. In: RAIJ, B.; BATAGLIA, O. C.; SILVA, N. M. **Acidez e calagem no Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p. 1-9.

OLIVEIRA, J. E. F.; OLIVEIRA, B. L.; BERTECHINI, A. G. Níveis de cálcio, granulometria e horário de fornecimento do calcário no desempenho e na qualidade do ovo de poedeiras leves no segundo ciclo de postura. **Ciência e Agratecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 502-510, out./dez. 1997.

RABON JR, H. M.; ROLAND, D. A. Solubility comparisons of limestones and oyster shells from different companies, and the short term effect of switching limestones varying in solubility on egg specific gravity. **Poultry Science**, Champaign, v. 64, p. 37-38, 1985. Supplement, 1. (Abst. 37)

RAO, K. S.; ROLAND, D. A. Improved limestone retention in the gizzard of

commercial leghorn hens. **Journal of Applied Poultry Research**, Savoy, v. 1, n. 1, p. 6-10. 1992.

RAO, K. S.; ROLAND, D. A. Influence of dietary calcium level and particle size of calcium solubilization by commercial leghorns. **Poultry Science**, Champaign, v. 68, n. 11, p. 1499-1505, Nov. 1989.

ROLAND, D. A. Egg shel quality IV: Oyster shell versus limestone and the importance of particle size or solubility of calcium source. **World's Poultry Science Journal**, Madison, v. 42, n. 2, p. 166-171, June 1986.

ROLAND, D. A.; BRYANT, M. Optimal shell quality possible without oyster shell. **Feedstuffs**. Minneapolis, v. 71, n. 15, p. 18-19, Apr. 1999.

ROLAND, D. A.; HARMS, R. H. Calcium metabolism in the laying hen 5. Effect of various sources and sizes of calcium carbonato on shell quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 52, n. 1, p. 369-372, Jan. 1973.

SCOTT, M. L.; 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.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa, Editora UFV, 1998. 166 p.

SINDICATO NACIONAL DA INDUSTRIA DE RAÇÕES – SINDIRAÇÕES. **Produção nacional de rações**. Disponível em: <<http://www.sindiracoes.com.br>>. Acesso em: nov. 2002.

WEAST, R.C.; SELBY, S.M. **Handbook of chemistry and physics: a ready reference book of chemical and physical data**. 14. Ed. 1968. 852 p.

ZHANG, B.; 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**, Champaign, v. 76, n. 12, p. 1702-1706., Dec. 1997.

CAPÍTULO 3

SOLUBILIDADE *IN VIVO* E RETENÇÃO DE CÁLCIO DE CALCÁRIOS POR POEDEIRAS COMERCIAIS

1 RESUMO

Dois experimentos foram conduzidos no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – UFLA, em Lavras – MG, Brasil, com objetivo de avaliar características biológicas de calcários calcínicos utilizados na alimentação de poedeiras na fase final e inicial de postura. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x5, nos 2 experimentos, sendo 4 calcários calcínicos extraídos em diferentes regiões de Minas Gerais (Ijaci, Barroso, Iguatama e Formiga), em 5 granulometrias (0,15-0,30; 0,30-0,60; 0,60-1,20; 1,20-2,00 e 2,00-4,00mm), totalizando 20 tratamentos, com 8 repetições. O primeiro experimento foi realizado utilizando-se 168 poedeiras Lohmann-LSL na fase inicial de postura. As aves foram alojadas em gaiolas metabólicas, onde receberam os tratamentos experimentais. Anteriormente aos experimentos foi determinada a composição mineral de cada calcário e a solubilidade *in vitro* dos calcários nas diferentes granulometrias. Avaliou-se o consumo de calcário e de cálcio, o calcário retido no intestino, a solubilidade *in vivo* dos calcários e a taxa de retenção de cálcio. O experimento 2 foi semelhante ao 1, porém utilizando poedeiras na fase final de postura. Foi realizada uma análise de correlação entre os dados de solubilidade *in vitro* com os dados de retenção de calcário e solubilidade *in vivo* obtidos nos experimentos 1 e 2. No experimento 1, houve efeito de calcário na granulometria de 2,00-4,00mm, com maior retenção intestinal de calcário apresentada pelo calcário da região de Iguatama ($P<0,01$). Todos os calcários estudados apresentaram efeito linear ($P<0,01$) na retenção de calcário intestinal com o aumento da granulometria, com exceção para o calcário de Barroso, que apresentou efeito cúbico. A solubilidade *in vivo* aumentou conforme a granulometria estudada ($P<0,01$), apresentando diferenças entre os calcários apenas na menor granulometria (0,15-0,30mm). A taxa de retenção de cálcio apresentou efeito entre os calcários e as granulometrias ($P<0,01$). Todos os calcários, com exceção do calcário de Barroso, aumentaram de forma linear ($P<0,01$) a taxa de retenção de cálcio com o aumento da granulometria. O experimento 2 apresentou resultados bastante semelhantes aos obtidos no experimento 1. As correlações entre solubilidade *in vitro* com o calcário retido e a solubilidade *in vivo* foram significativas ($P<0,01$), indicando ocorrer correlação negativa entre as variáveis.

2 ABSTRACT

Two experiments were carried out in the Section of Poultry Production of the Department of Animal Science of the Federal University of Lavras - UFLA, in Lavras - MG, Brazil, with aim of evaluating the biological properties of limestones used in the laying hens feeding in the final and initial cycle of laying. The experimental design was completely randomized in a 4x5 factorial arrangement, being 4 extracted in different areas limestones of Minas Gerais (Ijaci, Barroso, Iguatama and Formiga) in 5 particle size (0.15-0.30, 0.30-0.60, 0.60-1.20, 1.20-2.00 and 2.00-4.00mm), totaling 20 treatments, with eight replications. The first experiment was accomplished using 168 Lohmann-LSL hens in the initial cycle of laying the layers were housed in metabolic cages where they received the treatments. Previously to the experiments it was determined the mineral composition and the *in vitro* solubility of the limestones in the different particle size. The consumption of limestone and of calcium, the digestive system limestone retained, the *in vivo* limestone solubility and the retention of calcium rate. The experiment 2 was similar to the first one, however using hens in the final cycle of laying. A correlation analysis was accomplished among the data of *in vitro* limestone solubility with the data of digestive system limestone retention and *in vivo* limestone solubility obtained in the experiments 1 and 2. In the experiment 1, there was effect in the particle size of 2.00-4.00mm, with larger digestive system limestone retention showed by the Iguatama limestone ($P<0.01$), all the studied limestones presented linear effect ($P<0.01$) in the digestive system limestone retention with the increase of the particle size, with exception for the Barroso limestone that showed cubic effect. The *in vivo* limestone solubility increased according to the studied particle size ($P<0.01$), presenting differences among the limestones, just in the smallest particle size (0.15-0.30mm). The retention of calcium rate presented effect between the limestones and the particle size ($P<0.01$), except for the Barroso sample that increased in a linear way ($P<0.01$). The retention rate of calcium increased when the particle sizes increased. The experiment 2, presented plenty results similar to the obtained in the experiment 1. The correlations among *in vitro* limestone solubility with the digestive system limestone retained and the *in vivo* limestone solubility were significant ($P<0.01$), that there is a negative correlation between the variables.

3 INTRODUÇÃO

A solubilização do cálcio presente nos ingredientes que compõem as rações dos animais é o primeiro passo para que esse mineral seja absorvido no trato digestivo. Nas aves, a solubilização é realizada pelo contato entre a fonte do mineral e o ácido clorídrico secretado pelo pró-ventrículo. O cálcio, por ser um mineral demandado em grande quantidade para a formação da casca do ovo, é um mineral chave na nutrição de poedeiras, recebendo grande atenção em pesquisas de nutrição. Porém, pouco enfoque vem sendo dado às fontes utilizadas para o suprimento de cálcio, ocorrendo variações em resultados de pesquisa que provavelmente sejam devidas à falta de estudos das fontes. O calcário calcítico é, sem dúvida, a principal fonte de cálcio utilizada na alimentação das poedeiras, pois apresenta elevado teor em cálcio por ser uma fonte inorgânica e, por esse motivo, traz poucos riscos de contaminações microbianas além do custo reduzido.

Os calcários calcíticos utilizados no Brasil são extraídos em minas calcárias espalhadas por todo o país, em particular no Estado de Minas Gerais, que é grande produtor nacional; devido a essa ampla variação de locais de produção, observam-se variações na composição mineral e nas características físicas e químicas desses calcários. Para ser utilizado na alimentação animal, as únicas exigências legais são quanto à sua composição em cálcio e magnésio, não havendo restrições ou recomendações quanto à granulometria empregada. Contudo, sabe-se que a granulometria da moagem dos calcários é um fator importante para a solubilização do cálcio e que várias pesquisas já demonstraram a eficiência do uso de calcários em granulometrias maiores na manutenção da qualidade da casca dos ovos de poedeiras comerciais. A

solubilização e a retenção do cálcio do calcário depende das características da rocha calcária de origem e da granulometria empregada, além dos fatores de meio ambiente inerente a cada granja.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi o de realizar avaliações *in vivo* de calcários calcínicos produzidos em Minas Gerais, em diferentes granulometrias, para poedeiras comerciais nas fases inicial e final de postura.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Cálcio para poedeiras

As poedeiras comerciais têm aumentado a sua produtividade nos últimos anos graças ao melhoramento genético, à melhoria nas práticas de manejo, aos conhecimentos de nutrição e prevenção das doenças, resultando em aves mais precoces para o início e pico de postura, além da manutenção de altos níveis de postura por longo.

As necessidades de cálcio para poedeiras são constantemente pesquisadas pelos nutricionistas, uma vez que a casca do ovo é composta de 90% de matéria mineral, sendo, sua maioria (98%), composta por carbonato de cálcio (Mendonça Jr. 1993).

Os níveis de cálcio e fósforo têm evoluído em sentidos contrários nos últimos anos. Enquanto os níveis de cálcio têm aumentado, os níveis de fósforo têm sido reduzidos nas dietas de poedeiras comerciais. Estes macroelementos estão estreitamente envolvidos na qualidade da casca dos ovos. Os ovos possuem aproximadamente 10% do seu peso em casca, sendo que esta contém 37% de cálcio. A idéia de elevar a quantidade de cálcio ingerido, segundo Keshavarz & Nakajima (1993), seria devida à maior necessidade para formar a casca como consequência do aumento do peso dos ovos de poedeiras mais velhas. No entanto, Rodrigues (1995), utilizando poedeiras de segundo ciclo, foi verificado que não existe a necessidade de se elevar o nível de cálcio dietético além de 3,8% para conseguir melhor qualidade de casca.

O suprimento inadequado de cálcio é causador de perdas significativas na produção e qualidade de casca dos ovos de poedeiras comerciais. As

poedeiras necessitam de no mínimo 3,75g de cálcio (Ca) diariamente entre a 37^a e a 52^a semana de idade (Roland, 1986a). O NRC (1994), recomenda 3,25 % de cálcio para as aves que consomem 100 g de ração diariamente, o que resulta em 3,25 g de cálcio diários, recomendação esta para poedeiras comerciais de primeiro ciclo, não trazendo informações específicas para aves mudadas. Leeson & Summers (1997) informam que 3,5g de cálcio são a exigência diária por poedeiras leves. As tabelas brasileiras para aves e suínos, publicadas por Rostagno et al. (2000), recomendam uma suplementação de 4,02g/ave/dia de cálcio para poedeiras, o que representa um nível 23,69% superior aos recomendados pelo NRC (1994).

Dietas com níveis de cálcio abaixo das exigências nutricionais das poedeiras reduzem o desempenho e a qualidade do ovo (Keshavarz, 1986). No entanto, o excesso de cálcio pode reduzir o consumo, favorecer a excreção de fezes moles e o aumento de depósitos calcários na casca do ovo (Vicenzi, 1996).

No estudo realizado por Faria (2001), em que se testaram níveis crescentes de cálcio e diferentes granulometrias de calcário para poedeiras em segundo ciclo, foi encontrado, como ideal, o nível de 3,56% de cálcio, independentemente da granulometria, para manter a produção e a qualidade das cascas dos ovos.

Estes achados comprovam a variabilidade dos resultados encontrados e indicam que os estudos de exigência de cálcio para poedeiras não podem simplesmente se prender aos níveis de cálcio aplicados, pois o conhecimento dos calcários utilizados nos ensaios poderia trazer uma contribuição no sentido de explicar tais variações.

4.2 Fontes de cálcio

O conhecimento da qualidade dos insumos utilizados na criação das aves é de fundamental importância para que se obtenha sucesso na atividade. O calcário calcítico e a farinha de ostras são as fontes de cálcio mais comumente utilizadas na avicultura de postura (Roland & Harms, 1973).

O termo calcário é empregado geologicamente para caracterizar um grupo de rochas que apresenta, em sua composição, teores de carbonatos superiores a 50% (Moniz, 1983). Do ponto de vista prático, os calcários são classificados, quanto ao conteúdo de óxido de magnésio (MgO), em calcíticos, magnesianos e dolomíticos, com concentrações menores que 5%, entre 5 a 12% e maiores que 12%, respectivamente (Koche et al., 1989). Ou seja, um calcário é considerado calcítico quando apresentar concentração de magnésio (Mg) inferior a 3%.

Sabe-se que a utilização correta deste mineral está longe de ser empregada nas granjas, já que pesquisas destacam influências de diversas ordens, como, nível real de cálcio, nível de magnésio, granulometria, solubilidade *in vitro* e solubilidade *in vivo*, além da possível presença de metais pesados, nocivos à saúde humana. Quando a fonte de cálcio é o calcário, a substituição de calcário pulverizado por uma parte de calcário granulado melhora a resistência da casca do ovo (Teixeira, 1982).

Keshavarz (1986), ao avaliar níveis de cálcio sobre o desempenho e qualidade de casca, concluiu que a produção de ovos, peso de ovo, massa de ovo, consumo alimentar, conversão alimentar e ganho de peso corporal foram constantemente mais baixos para as aves dos grupos extremos (2 e 5% de cálcio) do que para as aves dos grupos de controle (3,5% de cálcio), reduzindo o desempenho da ave.

4.3 Granulometria e solubilidade do calcário

A suplementação de cálcio através de uma fonte com granulometria grossa propicia uma retenção mais prolongada na moela, o que torna o cálcio mais disponível durante o período de formação da casca (Scott, 1971; Oliveira, 1997). Roland (1986b) relata que a suplementação de cálcio, com granulometria grossa em dietas de poedeiras, pode ser mais benéfica durante situações adversas, tais como em temperatura ambiental elevada e espaço inadequado nos comedouros, ou seja, em situações que levem à diminuição no consumo.

Muitos trabalhos recomendam o uso de 2/3 de calcário sob a forma de partículas grandes e 1/3 como calcário pulverizado, permitindo um menor índice de perdas, sem afetar as demais medidas de desempenho; porém, Rao & Roland (1992) sugerem que partículas grandes podem ser benéficas sob condições não ideais, sendo que, em condições ótimas, não haveria a necessidade de se fazer a substituição parcial por partículas grandes de calcário, e que 1,0mm seria a granulometria mínima para promover uma retenção maior de calcário na moela.

Vários são os fatores que podem influenciar na absorção do cálcio; em primeiro lugar está a solubilização da fonte, pois segundo Bronner (1993), o carbonato de cálcio suplementado deve primeiro ser solubilizado no trato gastrointestinal, antes que seu conteúdo de cálcio possa ser nutricionalmente utilizado.

Rabon & Roland (1985) avaliaram 44 diferentes calcários e farinhas de ostras, produzidos por nove companhias, e encontraram uma variação de até 63% nos valores de solubilidade *in vitro* entre as companhias, utilizando a mesma granulometria.

Resultados estabelecidos por Rao & Roland (1989) indicam que o

tamanho de partícula e a quantidade de cálcio consumido influenciam na taxa de solubilização do calcário no trato digestivo da poedeira. As poedeiras solubilizaram uma menor porcentagem do cálcio ingerido quando o nível de ingestão de cálcio foi elevado e as aves solubilizaram uma maior porcentagem do cálcio ingerido quando este foi suplementado através de partículas maiores. Em um outro ensaio, Rao & Roland (1990), com o objetivo de determinar interações entre o tamanho da partícula, a solubilidade do calcário *in vivo* e o “status” de cálcio da ave, observaram que a porcentagem de solubilização e a retenção do cálcio diminuíram quando o nível de cálcio foi aumentado, e que as aves que consumiram calcário com partículas grandes retiveram mais cálcio do que as aves alimentadas com calcário pulverizado nos níveis de 3,0; 4,5; e 6,0 % de cálcio dietético, demonstrando que o nível de cálcio e o tamanho da partícula da fonte de cálcio influenciam a solubilização no sistema digestivo, pois as aves que consumiram calcário mais grosso (2 a 4mm) solubilizaram e retiveram uma maior porcentagem de cálcio do que as aves que receberam calcário fino (0,50 a 0,80mm).

Ao trocar calcários com solubilidades diferentes para avaliar o efeito sobre o desempenho e a qualidade de casca dos ovos, Thim & Coon (1990) concluíram que ao trocar calcário por farinha de ostras, ou trocar um calcário de solubilidade mais alta por um de solubilidade mais baixa e vice-versa, em tentativas a curto prazo, não houve nenhuma diferença significativa em qualidade de casca ou desempenho na postura.

Trabalhando com poedeiras de ovos marrons, Guinotte & Nys (1991) obtiveram melhores resultados de peso de ovos, peso de casca e resistência óssea à quebra, quando utilizaram calcário com granulometria grossa, e concluíram que independentemente da origem do carbonato de cálcio (calcário ou casca de ostras), uma granulometria mais grossa melhora as características

ósseas, como a resistência à quebra e o teor de cinzas.

A relação entre nível de cálcio, fonte, classificação segundo o tamanho, solubilidade *in vitro* e *in vivo* e retenção de calcário na moela foram estudados por Zhang & Coon (1997), constatando que a retenção de calcário na moela aumentou quando a solubilidade *in vitro* era mais baixa ou quando o nível de cálcio dietético aumentava, sendo que a solubilidade *in vivo* do calcário diminuiu com o aumento do nível de cálcio dietético. Demonstrou também que calcários com tamanho de partículas maiores de 0,80mm, com baixa solubilidade *in vitro* (30 a 50%), ficam retidas na moela durante um tempo mais longo, aumentando sua solubilidade *in vivo*. Os resultados apoiaram o conceito de que o tamanho de partícula maior ou a baixa solubilidade *in vitro* pode aumentar a retenção de cálcio pelas poedeiras.

Roland & Bryant (1999) comentam que a substituição do calcário finamente moído por um de granulometria mais grossa não deve ser superior a 50%, a fim de não afetar o consumo das aves, também afirma que fatores como a densidade e impurezas podem influenciar a solubilização do calcário, afetando o uso do cálcio pelas aves.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local

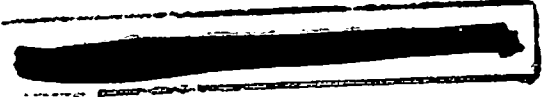
Os experimentos foram realizados no Setor de avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Lavras (MG). O município de Lavras fica localizado no sul do estado de Minas Gerais, a uma altitude média de 910 metros.

5.2 Instalações e equipamentos

As poedeiras utilizadas nos experimentos foram alojadas em um galpão convencional de postura, com comedouros do tipo calha galvanizada e bebedouros tipo “nipple”, sendo dois bebedouros por gaiola. As gaiolas foram de arame galvanizado, medindo 1,20m de comprimento x 0,40m de largura x 0,40m de altura, apresentando, em seu comprimento, 4 divisões de 0,30m. Adotou-se uma densidade de três aves por divisão. Um termômetro de máxima e mínima foi instalado no centro do galpão para o registro diário da temperatura ambiental.

5.3 Aves e manejo pré-experimental

Foram realizados dois experimentos (descritos a seguir) e cada um deles foi conduzido no mesmo galpão, porém separadamente, em épocas diferentes do ano. Para cada um dos experimentos estavam disponíveis 240 poedeiras da linhagem Lohmann-LSL, das quais foram selecionadas as poedeiras utilizadas



nos experimentos, e somente após o descarte do primeiro lote de aves utilizadas no primeiro experimento é que foi alojado o lote utilizado no segundo experimento.

Os dois lotes foram oriundos de uma mesma criação comercial, na qual se aplicou o mesmo manejo na fase de criação. Quando alojadas no galpão experimental, as aves receberam ração de postura à vontade, em dois arraçoamentos diários. O calcário utilizado nesse período foi o mesmo para os dois lotes (calcário de Ijaci com diâmetro geométrico médio de 0,218mm). As rações utilizadas na fase pré-experimental estão apresentadas na Tabelas 3, sendo adotadas, para a fase final de postura, as recomendações nutricionais segundo Oliveira (1998), e para a fase inicial de postura as recomendações de Leeson & Summers (1997); nas Tabelas 4 e 5 estão apresentadas as composições dos suplementos mineral e vitamínico, respectivamente. A coleta de ovos foi realizada duas vezes ao dia, às 10 horas e às 17 horas, realizando a anotação da produção diária de ovos em planilhas apropriadas, a fim de acompanhar o desempenho de cada lote. Adotou-se um programa de iluminação de 16 horas diárias (das 4 horas às 20 horas).

TABELA 3 Composição das rações utilizadas no período pré-experimental, para as poedeiras na fase final e inicial de postura (utilizadas no experimento 1 e 2).

INGREDIENTES	QUANTIDADE (kg)	
	FASE INICIAL	FASE FINAL
Milho Moído	58,835	59,664
Farelo de Soja	24,617	21,018
Farelo de Trigo	4,090	6,918
Fosfato Bicalcico	1,591	1,324
Calcário Calcítico	8,168	8,874
Óleo de Soja	2,000	1,500
Suplemento Mineral ¹	0,100	0,100
Suplemento Vitamínico ²	0,100	0,100
DL-Metionina, 99%	0,119	0,054
Sal Comum	0,380	0,447
TOTAL	100	100
COMPOSIÇÃO CALCULADA		
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2800	2750
Proteína Bruta (%)	17,00	15,80
Metionina (%)	0,387	0,360
Metionina + Cistina (%)	0,670	0,580
Lisina (%)	0,857	0,784
Cálcio (%)	3,60	3,80
Fósforo disponível (%)	0,40	0,350

1- Unimix Sais Minerais Aves - Ind. e Com. Uniquímica Ltda. (Tabela 2)

2- Unimix Vitamínico Postura - Ind. e Com. Uniquímica Ltda. (Tabela 3)

TABELA 4 Composição do suplemento mineral*.

INGREDIENTE	Quantidade / kg Produto	Enriquecimento / kg de Ração
Manganês	75.000mg	75mg
Zinco	50.000mg	50mg
Ferro	20.000mg	20mg
Cobre	4.000mg	4mg
Iodo	1.500mg	1,5mg
Cobalto	200mg	0,2mg
Veículo q.s.p.	1.000g	--

* Nível de uso: 1kg/t.

TABELA 5 Composição do suplemento vitamínico*.

INGREDIENTE	Quantidade / kg Produto	Enriquecimento / kg de Ração
Vitamina A	10.000.000UI	10.000UI
Vitamina D ₃	2.000.000UI	2.000UI
Vitamina E	15.000UI	15UI
Vitamina K ₃	2.000mg	2,00mg
Vitamina B1	1.500mg	1,50mg
Vitamina B6	1.000mg	1,00mg
Vitamina B12	10.000µg	10µg
Biotina	60mg	60µg
Vitamina B2	4.000mg	4mg
Ácido Nicotínico	30.000mg	30mg
Ácido Pantotênico	5.350mg	5,35mg
Ácido Fólico	300mg	0,30mg
Selênio	150mg	0,15mg
Colina	200mg	0,20mg
Antioxidante	100.000mg	100mg
Veículo q.s.p.	1.000g	--

* Nível de uso: 1kg/t.

5.4 Experimentos

5.4.1 Experimento 1 – Solubilidade *in vivo* e retenção de cálcio de calcários por poedeiras na fase final de postura.

Foram utilizadas 168 poedeiras comerciais da linhagem Lohmann-LSL, selecionadas conforme a metodologia de Rao & Roland (1989), de um plantel de 240 aves, em fase final de postura pós muda forçada, com idade de 108 semanas e taxa de postura média de 72%, alojadas e manejadas conforme item 5.3. O experimento foi conduzido no período de outubro até dezembro de 2001, com temperaturas médias, máxima e mínima de 31,2°C e 19,3°C, respectivamente, e temperatura média no período de 25,3°C.

Os tratamentos aplicados foram constituídos por 4 calcários calcínicos, padronizados em 5 granulometrias. Os calcários foram provenientes de diferentes regiões do estado de Minas Gerais (Ijaci, Barroso, Iguatama e Formiga) e escolhidos por serem utilizados rotineiramente no preparo de rações de postura. As granulometrias (0,15 - 0,30; 0,30 - 0,60; 0,60 - 1,20; 1,20 - 2,00mm) foram obtidas utilizando conjunto de peneiras padrão da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), números 5, 10, 20, 30, 50 e 100, correspondendo às aberturas de malhas 4,0; 2,0; 1,20; 0,60; 0,30; 0,15mm, respectivamente, sendo utilizadas granulometrias, retidas nas peneiras, de 0,15; 0,30; 0,60; 1,20 e 2,00mm. Na Tabela 6 estão apresentadas as composições minerais dos calcários, determinadas segundo as metodologias para análise mineral descritas por Silva (1998), e a densidade dos calcários, determinada segundo Grohmann (1975). Na Tabela 7 estão apresentadas as solubilidades *in vitro* dos calcários nas diferentes granulometrias. A solubilidade *in vitro* foi determinada pela metodologia da perda de peso segundo Cheng & Coon (1990).

TABELA 6 Composição mineral e densidade dos calcários calcíticos¹.

Calcário	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu	Densidade g/cm ³
	--- % ---		----- ppm -----				
Ijaci	38,2	0,13	42,9	1,2	13,3	0,5	2,858
Barroso	38,0	0,16	67,3	1,1	24,5	--	2,703
Iguatama	37,7	0,33	148,5	3,1	20,7	--	2,858
Formiga	37,1	0,12	364,4	3,9	68,1	1,5	2,668

1- Análise realizada no Laboratório de Pesquisa Animal, DZO-UFLA.

TABELA 7 Efeito do calcário e da granulometria sobre a solubilidade *in vitro* do calcário (%).

Calcário	GRANULOMETRIA (mm) ¹					Média
	0,15-0,30	0,30-0,60	0,60-1,20	1,20-2,00	2,00-4,00	
Ijaci ²	16,95 c	12,78 c	11,76 b	11,12 b	10,74 b	12,67
Barroso ²	18,90 a	17,75 a	17,59 a	13,70 a	12,59 a	16,11
Iguatama ²	18,02 b	13,77 b	11,70 b	11,37 b	10,21 b	13,02
Formiga ²	19,23 a	12,96 c	11,58 b	11,08 b	9,45 c	12,85
Média	18,27	14,32	13,15	11,82	10,75	13,66

CV = 4,87%

1- Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem pelo teste de SNK (P<0,01).

2- Efeito cúbico (P<0,01).

Um conjunto de 16 gaiolas metabólicas, localizado no mesmo galpão em que as poedeiras estavam alojadas, foi utilizado para a execução do ensaio, possibilitando avaliar um calcário em uma granulometria de cada vez. Cada granulometria de cada calcário foi avaliada em 8 poedeiras. Um tratamento controle, que não recebeu cálcio suplementar, foi aplicado em oito aves, a fim de possibilitar os cálculos de cálcio retido (Rao & Roland, 1989). Quando um conjunto de 16 aves foi transferido para a bateria de gaiolas metabólicas, permaneceram por um dia recebendo água e ração à vontade. No segundo dia, a alimentação foi suspensa às 16 horas, permanecendo o jejum até o dia seguinte.

No terceiro dia, as aves que ovopositaram entre 7:00 e 9:30 horas (1ª ovoposição) receberam 180g de uma ração basal (sem calcário e sem fosfato), adicionada com 20g do calcário a ser testado, até que o tratamento que estava sendo avaliado recebesse 8 aves. No mesmo período (1ª ovoposição), outras 2 poedeiras, que não receberam tratamentos, mas que ovopositaram, foram abatidas para coleta do conteúdo do sistema digestório a fim de se quantificar o calcário insolubilizado da última dieta. O tratamento foi retirado do comedouro às 20 horas do mesmo, sendo a sobra de ração pesada e embalada em saco plástico identificado, para análise do calcário na sobra. No quarto dia (final do experimento), as poedeiras que receberam os tratamentos e que realizaram a 2ª ovoposição até às 9:30 horas foram abatidas. As excretas de cada ave foram coletadas em bandejas forradas com plástico, do momento da 1ª ovoposição até o próximo dia, após a 2ª ovoposição. Somente as poedeiras que realizaram duas ovoposições consecutivas permaneceram no experimento.

Todas as poedeiras que cumpriram as duas ovoposições consecutivas até as 9:30h foram abatidas para coleta do conteúdo do sistema digestivo, que foi avaliado quanto à quantidade de calcário insolubilizado; o total de excretas de cada poedeira foi pesado e homogeneizado, retirando-se uma amostra de cinco

gramas para determinação do cálcio total, sendo o restante encaminhado para determinação do calcário insolubilizado, conforme procedimento descrito por Rao & Roland (1989).

As variáveis analisadas em cada tratamento foram o consumo de cálcio e de calcário (g), o cálcio e o calcário excretado (g), o calcário retido no intestino (g), a solubilidade *in vivo* (%) dos calcários e a retenção de cálcio (%).

Procedimentos utilizados para análise, conforme Rao e Roland (1989):

Análise do calcário insolubilizado: Tanto as excretas quanto o conteúdo do sistema digestivo foram colocados em becker de 250 ml, ao qual foram adicionados 200ml de água destilada. O conteúdo do becker foi agitado até que todos agregados se dissipassem. Após aguardar um período de sedimentação das partículas de calcário, aproximadamente 2/3 do sobrenadante foi removido. Esse processo de lavagem foi repetido até que todas as partículas, exceto as de calcário, fossem lavadas para fora do becker. O conteúdo de calcário remanescente foi seco à 105°C por 3 horas e pesado, sendo então determinado o calcário insolubilizado (na base da matéria seca). O calcário não consumido, presente na sobra da ração, foi analisado da mesma forma.

Porcentagem de calcário solubilizado e cálcio retido pela ave - A seguinte equação foi usada para calcular a porcentagem de cálcio solubilizado no sistema digestivo:

$$\% \text{ solubilidade } in \text{ vivo do calcário} = \frac{(A - B) - C}{(A - B)} \times 100 ; \text{ onde,}$$

A = Total de cálcio consumido como calcário;

B = Total de cálcio na forma de calcário, no sistema digestivo, após a 2ª

ovoposição;

C = Total de cálcio na forma de calcário, nas excretas (porção insolubilizada do calcário ingerido).

A porcentagem do cálcio suplementar não excretado (retido), foi calculada usando a fórmula

$$\% \text{ Ca retido} = \frac{(A - B) - (C - D)}{(A - B)} \times 100, \text{ em que:}$$

D = Total de cálcio nas excretas das aves controle.

Foi avaliado um tratamento por vez, repetindo-se o mesmo procedimento até que todos os calcários em todas as granulometrias fossem avaliados. Portanto, o procedimento foi repetido por 20 vezes, com duração de 3 dias para cada tratamento e mais um dia para limpeza das gaiolas, perfazendo, assim, um período experimental de 80 dias.

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 calcários x 5 granulometrias, com 8 repetições, segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + G_j + (CG)_{ij} + e_{(ijk)}, \text{ em que:}$$

Y_{ijk} = Valores observados nas características avaliadas, para as aves que receberam o calcário i, com a granulometria j;

μ = Média geral;

C_i = Efeito do calcário i, sendo i = 1, 2, 3 e 4;

G_j = Efeito da granulometria do calcário j, sendo j = 1, 2, 3, 4 e 5;

CG_{ij} = Efeito da interação calcário i e granulometria j ;

$e_{(ij)k}$ = Erro associado a cada observação.

As comparações dos tratamentos foram desdobradas conforme procedimento do Sistema para Análise de Variância (SISVAR), segundo Ferreira (2000) aplicando-se o teste de média SNK ao nível de 5% de probabilidade para os calcários e análise de regressão polinomial para as granulometrias.

Ao final do experimento foi realizada análise de correlação entre os valores de retenção de calcário intestinal e de solubilidade *in vivo* com os valores encontrados de solubilidade *in vitro* dos calcários, determinados e descritos no capítulo 2, com a finalidade de verificar o grau de associação entre as variáveis citadas.

5.4.2 Experimento 2 - Solubilidade *in vivo* e retenção de cálcio de calcários por poedeiras na fase inicial de postura.

Neste experimento foram utilizadas efetivamente 168 poedeiras, selecionadas de um plantel de 240 aves em fase inicial de postura, com 28 semanas de idade por ocasião do início do experimento e apresentando uma taxa de postura média de 94%; as aves foram alojadas e manejadas conforme item 5.3. O experimento foi conduzido no período de maio até julho de 2002, com temperaturas médias, máxima e mínima de 24,6°C e 14,4°C, respectivamente, sendo a temperatura média no período de 19,5°C.

Os procedimentos de condução deste experimento e os tratamentos aplicados foram os mesmos do experimento 1, diferindo apenas a idade das aves e a época do ano em que o experimento foi realizado. Portanto, todos os procedimentos adotados foram os mesmos descritos no item 5.4.1.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento 1 – Solubilidade in vivo e retenção de cálcio de calcários por poedeiras na fase final de postura

6.1.1 Consumo de calcário e de cálcio

O consumo de calcário das poedeiras na fase final de postura, pós muda forçada, segundo o calcário e a granulometria, está apresentado na Tabela 8.

Não foi encontrado efeito ($P>0,05$) entre os calcários das diferentes regiões, com as granulometrias estudadas, sobre o consumo de calcário.

TABELA 8 Efeito do calcário e da granulometria sobre o consumo de calcário (g), por poedeiras na fase final de postura, após a segunda ovoposição¹.

Calcário ¹	GRANULOMETRIA (mm) ²					Média
	0,15-0,30	0,30-0,60	0,60-1,20	1,20-2,00	2,00-4,00	
Ijaci	9,64	9,35	9,48	9,71	9,74	9,58
Barroso	8,19	9,56	9,51	8,32	8,90	8,90
Iguatama	9,97	8,32	9,90	8,46	9,40	9,21
Formiga	9,54	8,47	8,33	9,84	8,44	8,92
Média	9,34	8,92	9,30	9,08	9,12	9,10

CV = 20,14%

1- $P>0,05$.

Na Tabela 9 estão apresentados os valores de consumo de cálcio, baseados no consumo de calcário (Tabela 8) e na composição dos calcários apresentados na Tabela 6.

O consumo de cálcio, da mesma forma que o consumo de calcário, não apresentou interação ($P>0,05$) entre calcários e granulometrias. Porém, houve efeito ($P<0,01$) dos calcários de forma isolada, em que, na média, o calcário de Ijaci favoreceu o maior consumo de cálcio em relação aos demais calcários. Essa diferença está associada à composição em cálcio do calcário de Ijaci (Tabela 7).

O consumo de cálcio apresentou valores inferiores aos apresentados por Rodrigues (1995), de 3,8g para poedeiras de segundo ciclo, porém mostraram-se próximos aos encontrados por Faria (2001), também para poedeiras de segundo ciclo.

TABELA 9 Efeito do calcário e da granulometria sobre o consumo de cálcio (g), por poedeiras na fase final de postura, após a segunda ovoposição.

Calcário	GRANULOMETRIA (mm)					Média ¹
	0,15-0,30	0,30-0,60	0,60-1,20	1,20-2,00	2,00-4,00	
Ijaci	3,83	3,71	3,76	3,85	3,86	3,80 a
Barroso	2,75	3,66	3,64	3,19	3,41	3,33 b
Iguatama	3,74	3,13	3,72	3,18	3,53	3,46 b
Formiga	3,50	3,10	3,05	3,61	3,09	3,27 b
Média	3,45	3,40	3,54	3,46	3,47	3,47

CV = 19,58%

1- Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem pelo teste de SNK ($P<0,01$).

Em comparação com as recomendações para poedeiras em início de postura, os resultados encontrados para o consumo de cálcio foram inferiores aos recomendados por Roland (1986a), de 3,75g para poedeiras na fase pós-pico, do primeiro ciclo de postura, porém semelhantes aos recomendados pelo

NRC (1994), de 3,25g/dia, e por Leeson & Summers (1997), de 3,5g/ave/dia. Para poedeiras de segundo ciclo, a recomendação de Rodrigues (1995) foi de 3,8g, trabalhando com o calcário de Ijaci, e este valor se repete no presente estudo, quando se observa o mesmo calcário.

6.1.2 Retenção intestinal de calcário

A quantidade de calcário retido no intestino das poedeiras, em função dos calcários e das granulometrias, está apresentada na Tabela 10.

Houve interação significativa ($P < 0,01$) entre os fatores calcário e granulometria na retenção intestinal de calcário.

TABELA 10 Efeito do calcário e da granulometria sobre o calcário retido no intestino de poedeiras na fase final de postura, após a segunda ovoposição. (g)

Calcário	GRANULOMETRIA (mm) ¹					Média
	0,15-0,30	0,30-0,60	0,60-1,20	1,20-2,00	2,00-4,00	
Ijaci ²	0,59	0,40	1,08	1,62	1,98 b	1,13
Barroso ³	0,49	1,41	2,06	1,54	1,76 b	1,45
Iguatama ²	0,55	0,10	1,31	2,54	4,21 a	1,47
Formiga ²	0,30	0,76	1,15	2,46	2,69 b	1,74
Média	0,48	0,67	1,40	2,04	2,66	1,45

CV = 75,62%

1- Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem pelo teste de SNK ($P < 0,01$).

2- Efeito linear ($P < 0,01$).

3- Efeito cúbico ($P < 0,05$).

Os diferentes calcários apresentaram efeito ($P<0,01$) apenas na granulometria de 2,00–4,00mm. sendo o calcário de Iguatama o que favoreceu a maior retenção de calcário no intestino.

A análise de regressão evidenciou ocorrer comportamento linear ($P<0,01$) para os calcários de Ijaci, Iguatama e Formiga e efeito cúbico ($P<0,05$) para o calcário de Barroso, em função das granulometrias estudadas, sobre a retenção intestinal de calcário, conforme pode ser visualizado na Figura 2.

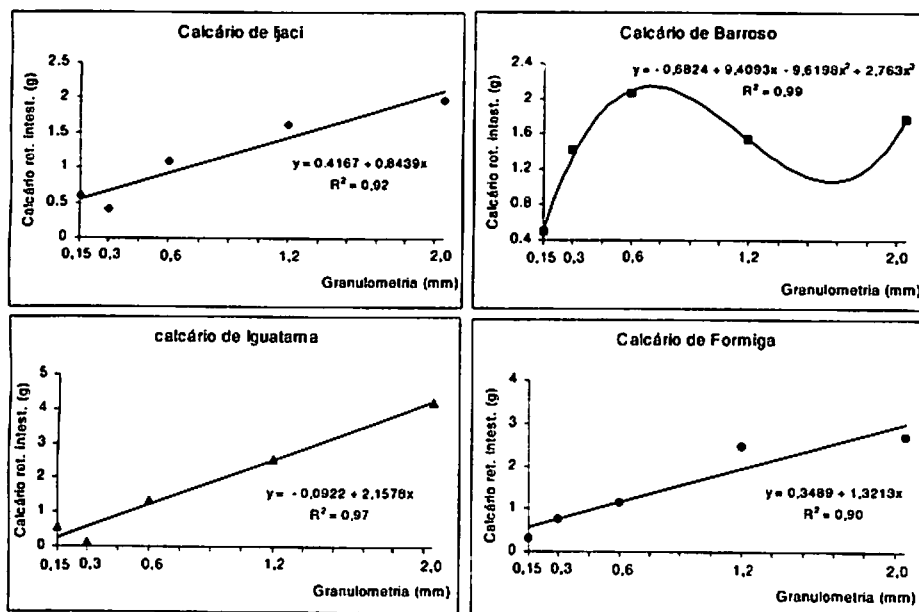


FIGURA 2 Calcário retido no intestino nos diferentes calcários, em função da granulometria, para poedeiras na fase final de postura, após a segunda ovoposição.

O calcário retido no intestino das poedeiras em fase final de postura foi mais constante a partir da granulometria de 1,20mm, estando de acordo com os relatos de Rao & Roland (1992), os quais afirmam que 1mm é a granulometria mínima para propiciar uma maior retenção de calcário na moela de poedeiras. Zhang & Coon (1997) constataram, do mesmo modo, que a retenção de calcário aumenta quando se utiliza calcário com tamanho de partículas superior a 0,80mm e com baixa solubilidade *in vitro*.

De modo geral, a retenção aumenta conforme se aumenta a granulometria dos calcários, porém o calcário de Barroso não seguiu essa tendência, o que indica que a granulometria não é o único fator envolvido na retenção de calcário no intestino e que outras características da rocha calcária exercem efeito nessa variável, como, por exemplo, a solubilidade *in vitro* apresentada na Tabela 4, que também comportou-se de forma diferenciada no calcário de Barroso, o qual se mostrou mais solúvel em todas as granulometrias; sendo menos solúvel, o calcário de Barroso propiciou menor retenção, fato esse comprovado na análise de correlação entre a retenção intestinal e a solubilidade *in vitro* dos calcários, que foi significativa ($P < 0,01$), com valor de $-0,38$, indicando a existência da correlação; em pequeno valor, indica que uma menor solubilidade *in vitro* leva a uma maior retenção intestinal de calcário. Dessa maneira, a solubilidade *in vitro* se torna uma importante análise, que pode ser realizada com a finalidade de escolha de calcários e granulometrias que favoreçam a retenção intestinal, quando esse comportamento for desejado na nutrição das poedeiras, além de poder ser uma ferramenta no controle de qualidade dos calcários comercializados.

6.1.3 Solubilidade *in vivo* dos calcários

A solubilidade *in vivo* dos calcários em função das granulometrias estudadas está apresentada na Tabela 11.

Foi encontrada interação significativa ($P < 0,01$) entre os calcários e as granulometrias para a solubilidade *in vivo* dos calcários. Houve diferença ($P < 0,01$) entre calcários apenas na granulometria de 0,15-0,30mm, com o calcário de Ijaci sendo o mais solúvel e o de Barroso, o menos solúvel *in vivo*.

Como pode ser visto na Figura 3, houve efeito das granulometrias sobre a solubilidade *in vivo* dos calcários; a análise de regressão evidenciou efeito linear ($P < 0,01$) para os calcários de Ijaci e de Iguatama e efeito quadrático para os calcários de Barroso e de Formiga.

TABELA 11 Efeito do calcário e da granulometria sobre a taxa de solubilidade *in vivo* do calcário por poedeiras na fase final de postura, após a segunda ovoposição.

Calcário	GRANULOMETRIA (mm) ¹					Média
	0,15-0,30	0,30-0,60	0,60-1,20	1,20-2,00	2,00-4,00	
Ijaci ²	84,88 a	82,54	87,36	91,77	96,55	88,62
Barroso ³	73,75 c	81,10	88,83	91,81	93,15	85,73
Iguatama ²	76,32 bc	81,97	82,76	93,74	97,43	86,44
Formiga ³	80,88 ab	83,24	88,91	93,16	95,79	88,40
Média	78,92	82,21	86,96	92,62	95,73	87,30

CV = 6,07%

1- Médias seguidas por letra diferente na coluna, diferem pelo teste de SNK ($P < 0,01$).

2- Efeito linear ($P < 0,01$).

3- Efeito quadrático ($P < 0,01$).

O comportamento da solubilidade *in vivo* foi o mesmo verificado por Rao & Roland (1989) e Rao & Roland (1990), que encontraram valores semelhantes quando testaram calcários em diferentes granulometrias e níveis de cálcio a poeiras comerciais.

A análise de correlação entre a solubilidade *in vivo* e a solubilidade *in vitro* foi significativa ($P < 0,01$) com valor de $-0,60$, o que demonstra que uma baixa solubilidade *in vitro* se relaciona com valores elevados de solubilidade *in vivo* dos calcários. Portanto, quanto menor a solubilidade *in vitro*, maior a solubilidade *in vivo*.

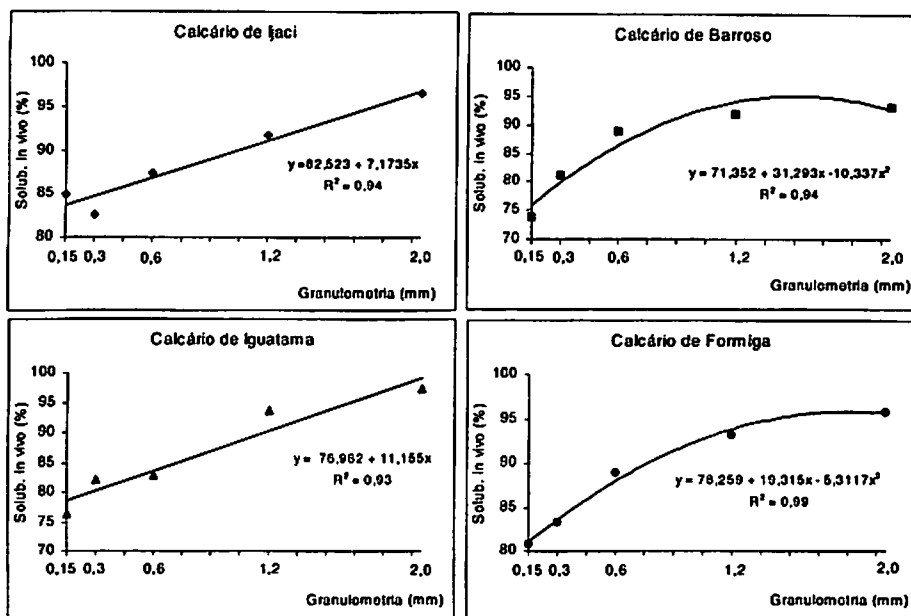


FIGURA 3 Solubilidade *in vivo* dos calcários em função da granulometria, para poeiras na fase final de postura após a segunda ovoposição.

6.1.4 Retenção de cálcio

Os valores de retenção de cálcio, expressos em porcentagem sobre o cálcio solubilizado, estão apresentados na Tabela 12.

TABELA 12 Efeito do calcário e da granulometria sobre a taxa de retenção de cálcio, por poedeiras na fase final de postura, após a segunda ovoposição.

Calcário	GRANULOMETRIA (mm) ¹					Média
	0,15-0,30	0,30-0,60	0,60-1,20	1,20-2,00	2,00-4,00	
Ijaci ²	84,79 a	82,53	86,20 ab	90,55	95,90	88,00
Barroso ³	72,06 c	77,61	89,10 a	90,22	91,60	84,12
Iguatama ⁴	75,04 bc	81,63	80,32 b	90,71	95,18	84,58
Formiga ⁵	80,07 ab	81,14	86,87 ab	90,16	93,34	86,32
Média	77,99	80,73	85,62	90,41	94,00	85,75

CV = 6,95%

1- Médias seguidas por letra diferente na coluna, diferem pelo teste de SNK ($P < 0,01$).

2- Efeito linear ($P < 0,01$), $Y = 82,1947 + 6,8197X$; $R^2 = 0,95$.

3- Efeito cúbico ($P < 0,01$).

4- Efeito linear ($P < 0,01$), $Y = 75,8174 + 10,3060X$; $R^2 = 0,91$.

5- Efeito linear ($P < 0,01$), $Y = 80,2192 + 7,1724X$; $R^2 = 0,91$.

Foi encontrada interação significativa ($P < 0,01$) entre os calcários e as granulometrias para a retenção de cálcio em poedeiras na fase final de postura. Na granulometria de 0,15-0,30mm, o calcário de Ijaci apresentou, de forma significativa ($P < 0,01$), a maior taxa de retenção de cálcio, e o calcário de Barroso foi o que propiciou a menor taxa de retenção ($P < 0,01$). Por outro lado, na granulometria de 0,60-1,20mm, o calcário de Barroso apresentou a maior taxa de retenção de cálcio ($P < 0,01$) entre os calcários e o de Iguatama, o de

menor taxa de retenção. Este comportamento é explicado pela solubilidade *in vivo* dos calcários nas referidas granulometrias (Tabela 11); o mesmo comportamento foi observado para a granulometria de 0,15-0,30mm, ou seja, o calcário de Ijaci foi o mais solúvel, e sabe-se que a retenção de cálcio é dependente primeiramente da solubilização do calcário.

A análise de regressão evidenciou que houve efeito linear ($P < 0,01$) para os calcários de Ijaci, Iguatama e Formiga e efeito cúbico ($P < 0,01$) para o calcário de Barroso, em função das granulometrias estudadas. Esse comportamento indica que, ao se aumentar a granulometria dos calcários, aumenta-se linearmente a retenção de cálcio em termos percentuais do que foi solubilizado.

A retenção de cálcio foi maior para as aves que receberam o calcário em granulometria a partir de 1,20mm, estando de acordo com Rao & Roland (1990), que encontraram maior retenção de cálcio em poedeiras alimentadas com calcários nas granulometrias acima de 2,00mm, comparadas com poedeiras que receberam calcário com tamanho de partícula inferior a 0,80mm.

6.2 Experimento 2 – Solubilidade *in vivo* e retenção de cálcio de calcários por poedeiras na fase inicial de postura

6.2.1 Consumo de calcário e de cálcio

Os resultados de consumo de calcário estão apresentados nas Tabelas 13. Foi encontrada interação significativa ($P < 0,01$) do consumo de calcário entre os calcários dentro das granulometrias de 0,30-0,60; 0,60-1,20 e de 2,00-4,00mm, sendo o calcário de Barroso o que propiciou o menor consumo nas granulometrias de 0,30-0,60 e de 2,0-4,00mm ($P < 0,05$). Contudo, na granulometria de 0,60-1,20mm, o mesmo calcário foi o que propiciou o maior

consumo dentre os calcários estudados ($P < 0,05$).

TABELA 13 Efeito do calcário e da granulometria sobre o consumo de calcário por poedeiras na fase inicial de postura, após a segunda ovoposição.

Calcário ¹	GRANULOMETRIA (mm) ²					Média
	0,15-0,30	0,30-0,60	0,60-1,20	1,20-2,00	2,00-4,00	
Ijaci	11,44	11,24 ab	9,72 ab	10,84	11,58 a	10,96
Barroso	9,38	9,03 b	11,84 a	9,40	8,54 b	9,64
Iguatama	10,00	11,42 ab	9,08 b	11,18	10,51 ab	10,44
Formiga	11,30	12,52 a	11,43 ab	11,10	10,08 ab	11,29
Média	10,53	11,05	10,52	10,63	10,18	10,58

CV = 19,76%

1- $P > 0,05$.

2- Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem pelo teste de SNK ($P < 0,05$).

Os calcários de Ijaci, Iguatama e Formiga, em todas as granulometrias que apresentaram interação significativa, não diferiram no consumo de calcário ($P > 0,05$), com menor consumo de calcário pelas aves apenas na granulometria de 0,60-1,20mm no calcário de Iguatama ($P < 0,5$). Não houve interação ($P > 0,05$) entre granulometria para os diferentes calcários.

O consumo médio de cálcio, apresentado na Tabela 14, se mostrou acima do recomendado como mínimo por Roland (1986a), de 3,75g diárias para poedeiras na fase de 37 a 52 semanas de idade, ficando apenas o calcário de Barroso abaixo desse valor; o consumo se mostrou acima também do recomendado pelo NRC (1994), de 3,25g diárias, e foi bem próximo da recomendação de Rostagno et al. (2000), de 4,02g/ave/dia. Portanto, mesmo em condições experimentais, o consumo de cálcio não foi afetado pelos

procedimentos experimentais.

Houve interação ($P < 0,01$) entre calcários e granulometrias; observou-se que o calcário de Barroso foi o menos consumido na granulometria de 0,30-0,60mm e 2,00-4,00mm, essa resposta foi a mesma observada no consumo de calcário e se explica pela pequena variação em cálcio apresentada entre os calcários.

TABELA 14 Efeito do calcário e da granulometria sobre o consumo de cálcio por poedeiras na fase inicial de postura, após a segunda ovoposição.

Calcário	GRANULOMETRIA (mm) ¹					Média
	0,15-0,30	0,30-0,60	0,60-1,20	1,20-2,00	2,00-4,00	
Ijaci	4,54	4,46 a	3,86 ab	4,30	4,59 a	4,35
Barroso	3,59	3,46 b	4,53 a	3,60	3,27 b	3,68
Iguatama	3,75	4,29 a	3,41 b	4,20	3,95 ab	3,92
Formiga	4,14	4,59 a	4,19 ab	4,07	3,69 ab	4,13
Média	4,01	4,20	4,00	4,04	3,88	4,02

CV = 19,60%

1- Médias seguidas por letra diferente na coluna, diferem pelo teste de SNK ($P < 0,01$).

6.2.2 Retenção intestinal de calcário

Houve interação ($P < 0,01$) entre os calcários e as granulometrias para o calcário retido no intestino das poedeiras, conforme dados apresentados na Tabela 15. A análise da interação indicou que na granulometria de 0,60-1,20mm, o calcário de Barroso propiciou retenção intestinal de calcários de 4,29g, valor esse muito superior aos apresentados pelos demais calcários, na mesma granulometria ($P < 0,01$). Porém, o calcário de Barroso, nas

granulometrias de 1,20-2,00 e de 2,0-4,00mm, foi o que apresentou a menor retenção intestinal, comparado aos demais calcários ($P<0,01$).

TABELA 15 Efeito do calcário e da granulometria sobre o calcário retido no intestino de poedeiras na fase inicial de postura, após a segunda ovoposição.

Calcário	GRANULOMETRIA (mm) ¹					Média
	0,15-0,30	0,30-0,60	0,60-1,20	1,20-2,00	2,00-4,00	
Ijaci ²	2,50	2,55	1,59 b	2,41 b	4,52 a	2,72
Barroso ³	0,52	0,52	4,29 a	2,02 b	2,25 b	1,92
Iguatama ³	1,22	2,67	2,01 b	5,66 a	4,08 a	3,13
Formiga ⁵	2,21	2,70	3,65 ab	4,22 a	5,70 a	3,72
Média	1,62	2,12	2,88	3,58	4,16	2,87

CV = 63,08%

1- Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem pelo teste de SNK ($P<0,01$).

2- Efeito quadrático ($P<0,05$).

3- Efeito cúbico ($P<0,05$).

4- Efeito linear ($P<0,01$).

As granulometrias influenciaram a retenção intestinal de calcário ($P<0,01$), sendo que a análise de regressão revelou um comportamento quadrático ($P<0,05$) para o calcário de Ijaci, cúbico ($P<0,05$) para os calcários de Barroso e de Iguatama e linear ($P<0,01$) para o calcário de Formiga, conforme apresentado na Figura 4.

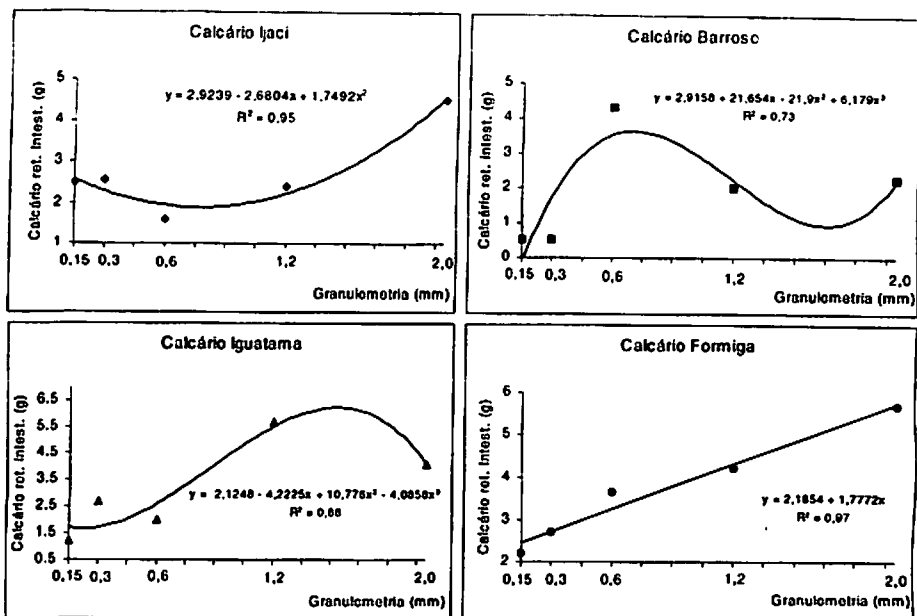


FIGURA 4 Calcário retido no intestino nos diferentes calcários, em função da granulometria, para poedeiras na fase inicial de postura, após a segunda ovoposição.

Entre os calcários, o de Formiga foi o que apresentou os maiores níveis de retenção intestinal, e a partir da granulometria de 0,60mm já apresentou retenção superior ao valor encontrado para o calcário de Barroso na granulometria de 2,0-4,00mm e ao de Ijaci na granulometria de 1,20-2,00mm. Portanto, parece que a granulometria não é o único fator envolvido com a retenção intestinal e que outras características físicas e químicas da rocha calcária também influenciam a retenção do calcário no intestino das poedeiras.

A análise de correlação entre retenção intestinal de calcário e solubilidade *in vitro* foi significativa ($P < 0,01$), com valor de $-0,39$, e mesmo sendo um valor baixo, o comportamento negativo da correlação informa que com a diminuição da solubilidade *in vitro*, a retenção intestinal de calcário

umenta; desse modo, o conhecimento da solubilidade *in vitro* é de grande ajuda na escolha da granulometria e do tipo de calcário que se pretende utilizar, pois segundo Axé (2001), os calcários que apresentam solubilidade *in vitro* inferior a 12,5%, determinada pelo método da perda de peso descrito Cheng & Coon (1990), ficam retidos por mais tempo na moela das aves, auxiliando, dessa forma, nos processos de formação da casca dos ovos. Pode-se verificar que o calcário de Barroso apresentou valores de retenção intestinal inferiores aos demais, mesmo na maior granulometria, e seus valores de solubilidade *in vitro* ficaram acima dos 12,5%, considerados ideais para essa finalidade segundo Axé (1989), como pode ser observado na Tabela 2. Dessa forma, o calcário de Barroso não seria recomendado para ser utilizado na forma de pedriscos, pois não traria os resultados esperados, sendo recomendado para uso em rações animais quando a granulometria ou a presença de calcário não for requisito desejado. Os dados obtidos foram válidos no reconhecimento da importância da análise da solubilidade *in vitro*, na escolha e no controle de qualidade dos calcários utilizados nas rações de poedeiras.

6.2.3 Solubilidade *in vivo* dos calcários

As taxas de solubilidade *in vivo* dos diferentes calcários nas granulometrias estudadas estão apresentadas na Tabela 16. Foram encontradas interações significativas ($P < 0,01$) entre os fatores calcário e granulometria. Os calcários nas granulometrias de 0,15-0,30mm e 2,0-4,0mm apresentaram diferenças ($P < 0,01$), sendo o calcário de Barroso o de menor solubilidade *in vivo* nas duas granulometrias.

TABELA 16 Efeito do calcário e da granulometria sobre a taxa de solubilidade *in vivo* do calcário por poedeiras na fase inicial de postura, após a segunda ovoposição.

Calcário	GRANULOMETRIA (mm) ¹					Média
	0,15-0,30	0,30-0,60	0,60-1,20	1,20-2,00	2,00-4,00	
Ijaci ²	83,40 a	87,60	89,72	93,12	95,79 ab	89,92
Barroso ³	77,93 b	87,57	91,37	91,46	92,93 b	88,25
Iguatama ⁴	86,66 a	89,77	89,35	95,07	96,86 a	91,94
Formiga ⁴	83,82 a	89,77	90,69	94,60	98,59 a	91,49
Média	82,95	88,68	90,28	93,56	96,54	90,40

CV = 4,06%

1- Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem pelo teste de SNK (P<0,01).

2- Efeito quadrático (P<0,05).

3- Efeito cúbico (P<0,05).

4- Efeito linear (P<0,01).

Os efeitos encontrados pela análise de regressão nos calcários quando variaram as granulometrias, na solubilidade *in vivo*, estão apresentados na Figura 5; verificou-se comportamento quadrático (P<0,05) para o calcário de Ijaci, cúbico (P<0,01) para o calcário de Barroso e linear (P<0,01) para os calcários de Iguatama e Formiga. Pode-se notar que tais comportamentos foram similares aos observados para a retenção intestinal de calcário.

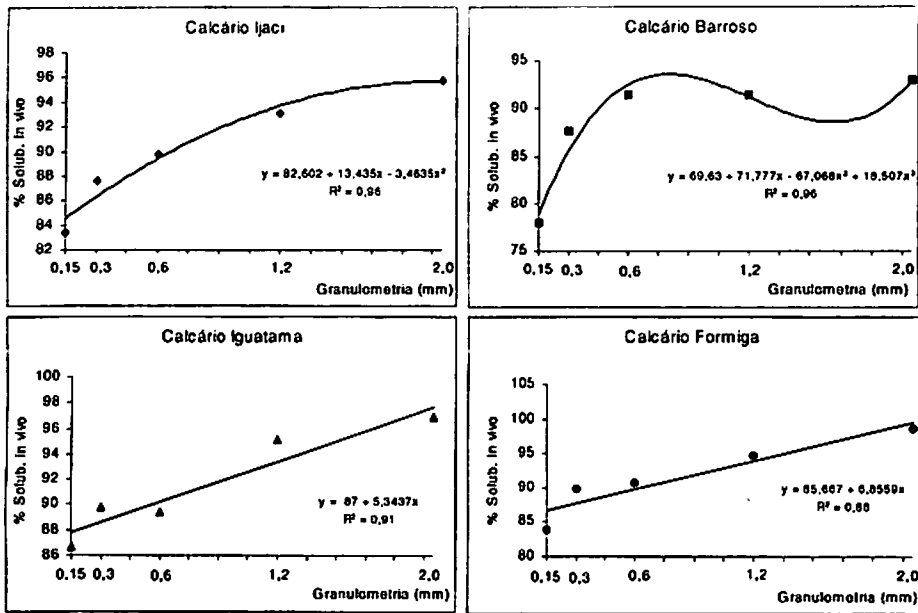


FIGURA 5 Solubilidade *in vivo* dos calcários em função da granulometria, para poedeiras na fase inicial de postura após a segunda ovoposição.

O comportamento da solubilidade *in vivo* foi o mesmo verificado por Rao & Roland (1989) e Rao & Roland (1990), que encontraram valores semelhantes quando testaram calcários em diferentes granulometrias e níveis de cálcio a poedeiras comerciais.

A análise de correlação entre a solubilidade *in vivo* e a solubilidade *in vitro* dos calcários foi significativa ($P < 0,01$), com valor de $-0,67$, indicando que a diminuição da solubilidade *in vitro* representa alta solubilidade *in vivo*.

Os resultados obtidos pelo calcário de Barroso sempre seguiram um comportamento diferenciado dos demais calcários, desde a solubilidade *in vitro* até a solubilidade *in vivo*, o que reforça a eficiência da análise *in vitro*, que já

havia detectado tal comportamento. A análise de solubilidade *in vivo* por envolver um processo de difícil execução, com várias etapas que podem levar a erros; não deve ser uma medida recomendada para avaliação rotineira da qualidade dos calcários. Porém, a presente pesquisa possibilitou confirmar e assegurar os resultados que foram obtidos na análise *in vitro*, demonstrando que a solubilidade *in vitro* pode ser uma análise de retina na avaliação da qualidade do calcário a ser utilizado na alimentação de poedeiras.

6.2.4 Retenção de cálcio

A taxa de cálcio retido pelas poedeiras, em relação ao cálcio solubilizado dos calcários, está apresentada na Tabela 17. Foi encontrada interação entre calcário e granulometria ($P < 0,01$). Do mesmo modo que a solubilidade *in vivo*, os calcários nas granulometrias de 0,15-0,30mm e 2,0-4,0mm apresentaram diferenças significativas ($P < 0,01$), sendo o calcário de Barroso o que propiciou a menor taxa de retenção de cálcio, nas duas granulometrias, e o calcário de Iguatama o que favoreceu a maior retenção, esse comportamento se explica pela menor taxa de solubilidade *in vivo* apresentada pelo calcário de Barroso, pois sabe-se que a retenção de cálcio depende da prévia solubilização do calcário.

A análise de regressão aplicada às granulometrias em cada calcário apresentou efeito quadrático ($P < 0,01$) para o calcário de Ijaci, cúbico para o calcário de Barroso ($P < 0,01$), quadrático para o calcário de Iguatama ($P < 0,05$) e efeito linear para o calcário de Formiga ($P < 0,01$).

TABELA 17 Efeito do calcário e da granulometria sobre a taxa de retenção de cálcio, por poedeiras na fase inicial de postura, após a segunda ovoposição.

Calcário	GRANULOMETRIA (mm) ¹					Média
	0,15-0,30	0,30-0,60	0,60-1,20	1,20-2,00	2,00-4,00	
Ijaci ²	80,4 ab	85,01	88,41	91,72	92,83 ab	87,67
Barroso ³	76,74 b	86,95	87,81	88,70	90,48 b	86,15
Iguatama ⁴	84,84 a	86,70	86,18	88,96	97,77 a	88,89
Formiga ⁵	79,93 ab	87,22	86,57	90,73	96,38 a	88,17
Média	80,50	86,47	87,24	90,02	94,37	87,72

CV = 22,00%

1- Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem pelo teste de SNK (P<0,01).

2- Efeito quadrático (P<0,01), $Y = 78,9823 + 18,0215X - 5,6037X^2$; $R^2 = 0,96$.

3- Efeito cúbico (P<0,01).

4- Efeito quadrático (P<0,05), $Y = 85,8282 - 1,7014X + 3,8132x^2$; $R^2 = 0,98$.

5- Efeito linear (P<0,01), $Y = 81,8714 + 7,4063X$; $R^2 = 0,86$.

A retenção de cálcio foi maior para as poedeiras que receberam os calcários de maior granulometrias, acima de 1,20mm, estando de acordo com Rao & Roland (1989) que observaram maior retenção de cálcio em poedeiras alimentadas com calcários de granulometrias de 2,0-4,0mm, em comparação às alimentadas com calcários finos de até 0,80mm.

Embora não tenha sido possível realizar análise estatística envolvendo os dois experimentos, pode-se verificar a semelhança encontrada nos resultados obtidos em todas as variáveis analisadas, mesmo tratando-se de poedeiras em diferentes idades de postura e épocas do ano, e sobretudo com temperaturas ambientais diferentes entre os experimentos, o que permite verificar que os calcários se comportam de maneira semelhante entre aves de diferentes idades e submetidas a diferentes ambientes.

7 CONCLUSÕES

A retenção intestinal de calcário não depende exclusivamente da granulometria utilizada, ocorrendo outros fatores ligados à origem da rocha calcária que incide sobre essa variável.

A solubilidade *in vitro* dos calcários é reflexo da solubilidade *in vivo*, de forma inversa em comportamento.

A solubilidade *in vitro* por apresentar correlação com a retenção intestinal e com a solubilidade *in vivo* dos calcários, pode ser utilizada na escolha de granulometrias e no controle de qualidade dos diferentes calcários calcíticos extraídos e comercializados no estado de Minas Gerais. .

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AXE, D. Solubility should be used in selection of limestone product. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 61, n. 53, p. 16, 26, Dec. 1989.
- BRONNER, F. Nutrient bioavailability with a special reference to calcium. **Journal Nutrition**, Bethesda, v. 123, n. 5, p. 797-802, May 1993.
- CHENG, T. K.; COON, C. N. Comparison of various *in vitro* methods for the determination of limestone solubility. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n. 12, p. 2204-2208, Dec. 1990.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. O Universo da Mineração Brasileira – 2001 ano base 2000. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/amb2000.html>>. Acesso em: nov. 2002.
- FARIA, L. V. **Granulometria do calcário calcítico e níveis de cálcio para poedeiras comerciais em segundo ciclo de produção**. 2001. p. 61. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- FERREIRA, D. F. **Sistema para análise de variância para dados balanceados: SISVAR**. Lavras: UFLA, 2000.
- GROHMANN, F. Porosidade. In: **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 1975. p. 77-84.
- GUINOTTE, F.; NYS, Y. Effects of particle size and origin of calcium sources on eggshell quality and bone mineralization in egg laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 70, n. 3, p. 583-592, Mar. 1991.
- KESHAVARZ, K. The effect of variation of calcium intake on production performance and shell quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 65, n. 11, p. 2120-2125, Nov. 1986.
- KESHAVARZ, K.; NAKAJIMA, S. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 144-153, Jan. 1993.
- KOCHE, A.; HANASIRO, J.; SANTOS, A. R.; ROMERO, A. M. S.; LAVIGNE, M.; GUIDOLIN, J. A.; ALCARDE, J. C. **Análise de corretivos agrícolas**. São Paulo: Associação Nacional para difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1989. 30 p.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Comercial poultry nutrition**. 2. ed. Guelph,

Ontário: University Books, 1997. 355 p.

MENDONÇA Jr., C. X. Fatores nutricionais envolvidos na qualidade do ovo. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 3., 1993, São Paulo. *Anais...* São Paulo: APA, 1993. p. 29-51.

MONIZ, A. C. Reservas e ocorrência de rochas calcárias no Brasil. In: RAIJ, B.; BATAGLIA, O. C.; SILVA, N. M. *Acidez e calagem no Brasil*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p. 1-9.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirement of Poultry*. 9. ed. Washington: National Academy Science, 1994. 155 p. (Nutrient Requirements of Domestic Animals).

OLIVEIRA, A. M. G. *Planos para alimentação de poedeiras leves no segundo ciclo de postura*. 1998. p. 74. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

OLIVEIRA, J. E. F.; OLIVEIRA, B. L.; BERTECHINI, A. G. Níveis de cálcio, granulometria e horário de fornecimento do calcário no desempenho e na qualidade do ovo de poedeiras leves no segundo ciclo de postura. *Ciência e Agratecnologia*, Lavras, v. 24, n. 4, p. 502-510, out./dez. 1997.

RABON JR, H. M.; ROLAND, D. A. Solubility comparisons of limestones and oyster shells from different companies, and the short term effect of switching limestones varying in solubility on egg specific gravity. *Poultry Science*, Champaign, v. 64, p. 37-38, 1985. Supplement, 1. (Abst. 37)

RAO, K. S.; ROLAND, D. A. Improved limestone retention in the gizzard of commercial leghorn hens. *Journal of Applied Poultry Research*, Savoy, v. 1, n. 1, p. 6-10. 1992.

RAO, K. S.; ROLAND, D. A. Influence of dietary calcium level and particle size of calcium solubilization by commercial leghorns. *Poultry Science*. Champaign, v. 68, n. 11, p. 1499-1505, Nov. 1989.

RAO, K. S.; ROLAND, D. A. *In vivo* limestone solubilization in comercial 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.

RODRIGUES, P. B. *Fatores nutricionais que afetam a qualidade do ovo de poedeiras de segundo ciclo*. 1995. 156 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ROLAND, D. A. Egg shel quality III: Calcium and phosphorus requiriments of comercial Leghorns. **World's Poultry Science Journal**, Madison, v. 42, n. 2, p. 154-165, June 1986a.

ROLAND, D. A . Egg shel quality IV: Oyster shell versus limestone and the importance of particle size or solubility of calcium source. **World's Poultry Science Journal**, Madison, v. 42, n. 2, p. 166-171, June 1986b.

ROLAND, D. A.; BRYANT, M. Optimal shell quality possible without oyster shell. **Feedstuffs**. Minneapolis, v. 71, n. 15, p. 18-19, Apr. 1999.

ROLAND, D. A.; HARMS, R. H. Calcium metabolism in the laying hen 5. Effect of various sources and sizes of calcium carbonato on shell quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 52, n. 1, p. 369-372, Jan. 1973.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 2000. 141 p.

SCOTT, M. L.; 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.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa, Editora UFV, 1998. 166 p.

TEIXEIRA, A. S. **Variação granulométrica do calcário e diferentes níveis de cálcio em ração de poedeiras**. 1982. 82 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

THIM K.; COON, N. C. Effect on layer performance and shell quality of swiching limestone with different Solubilities. **Poultry Science**. Champaign, v. 69, n. 12, p. 2199-2203, Dec. 1990.

VICENZI, E. Fadiga de gaiola e qualidade da casca do ovo - aspectos nutricionais. In: **SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS**, 6., 1996, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: APA, 1996. p. 77-91.

ZHANG, B.; 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**, Champaign, v. 76, n. 12, p. 1702-1706., Dec. 1997.

ANEXOS

	Página
TABELA 1A Resumo da análise de variância para a solubilidade <i>in vitro</i> do calcário em função do calcário e da granulometria.....	78
TABELA 2A Resumo da análise de variância para o consumo de calcário (CC) e consumo de cálcio (C Ca), por poedeiras na fase final de postura em função do calcário e da granulometria.....	78
TABELA 3A Resumo da análise de variância para calcário retido no inntestino, por poedeiras na fase final de postura em função do calcário e da granulometria	79
TABELA 4A Resumo da análise de variância para a solubilidade <i>in vivo</i> , por poedeiras na fase final de postura em função do calcário e da granulometria.....	79
TABELA 5A Resumo da análise de variância para a retenção de cálcio, por poedeiras na fase final de postura em função do calcário e da granulometria.....	80
TABELA 6A Resumo da análise de variância para o consumo de calcário, por poedeiras na fase inicial de postura em função do calcário e da granulometria.....	80
TABELA 7A Resumo da análise de variância para o consumo de cálcio,por poedeiras na fase inicial de postura em função do calcário e da granulometria.....	81
TABELA 8A Resumo da análise de variância para o calcário retido no intestino, por poedeiras na fase inicial de postura em função do calcário e da granulometria.....	81
TABELA 9A Resumo da análise de variância para a solubilidade <i>in vivo</i> , por poedeiras na fase inicial de postura em função do calcário e da granulometria.....	82
TABELA 10A Resumo da análise de variância para a retenção de cálcio, por poedeiras na fase inicial de postura em função do calcário e da granulometria.....	82

Continuação	Página
TABELA 11A Resumo da análise de correlação entre a solubilidade <i>in vitro</i> com o calcário retido no intestino (CRI) e a solubilidade <i>in vivo</i> do calcário para poedeiras na fase inicial de postura.....	83
TABELA 12A Resumo da análise de correlação entre a solubilidade <i>in vitro</i> com o calcário retido no intestino (CRI) e a solubilidade <i>in vivo</i> do calcário para poedeiras na fase final de postura.....	83

TABELA 1A Resumo da análise de variância para a solubilidade *in vitro* do calcário em função do calcário e da granulometria.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Ijaci	Barroso	Iguatama	Formiga
Calcário (C)	3	107,1169**			
Granulometria (G)	4	270,7947**			
CxG	12	10,4728**			
Linear	1	108,40	229,67**	190,14**	264,65**
Quadrática	1	48,05**	6,45**	57,47**	73,83**
Cúbica	1	30,16**	6,28**	48,12**	83,97**
Desvio	1	5,24	4,98	7,74	33,69
Resíduo	140	0,4435			

CV = 4,87%

** (P<0,01), * (P<0,05)

TABELA 2A Resumo da análise de variância para o consumo de calcário (CC) e consumo de cálcio (C Ca), por poedeiras na fase final de postura em função do calcário e da granulometria.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio	
		C C	C Ca
Calcário (C)	3	5,8650	2,2872**
Granulometria (G)	4	0,5830	0,0847
C x G	12	5,4088	0,7687
Resíduo	140	3,3610	0,4845
CV, %		20,14	19,58

** (P<0,01).

TABELA 3A Resumo da análise de variância para o calcário retido no intestino, por poedeiras na fase final de postura em função do calcário e da granulometria.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Ijaci	Barroso	Iguatama	Formiga
Calcário (C)	3		2,5022		
Granulometria (G)	4		26,8966**		
CxG	12		3,4818**		
Linear	1	13,12*	3,02	85,72**	32,05**
Quadrática	1	0,49	2,79	0,003	2,85
Cúbica	1	0,09	5,41*	0,34	0,35
Desvio	1	0,60	0,05	2,24	0,25
Resíduo	140		1,20		

CV= 75,62%

** (P<0,01), * (P<0,05).

TABELA 4A Resumo da análise de variância para a solubilidade *in vivo* (SIV), por poedeiras na fase final de postura em função do calcário e da granulometria.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Ijaci	Barroso	Iguatama	Formiga
Calcário (C)	3		82,1189*		
Granulometria (G)	4		1559,0949**		
CxG	12		55,1699*		
Linear	1	947,60**	1507,62**	2289,63**	1142,79**
Quadrática	1	1,49	488,68**	102,37*	128,35*
Cúbica	1	10,39	134,20*	12,39	7,57
Desvio	1	43,86	1,48	75,68	4,33
Resíduo	140		28,1039		

CV= 6,07%

** (P<0,01), * (P<0,05).

TABELA 5A Resumo da análise de variância para a porcentagem de retenção de cálcio, por poedeiras na fase final de postura em função do calcário e da granulometria.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Ijaci	Barroso	Iguatama	Formiga
Calcário (C)	3	125,0901*			
Granulometria (G)	4	1402,4263**			
CxG	12	76,6048*			
Linear	1	855,75**	1609,63**	19854,33*	946,55**
Quadrática	1	1,72	616,19**	43,15	73,08
Cúbica	1	12,78	191,85*	7,02	6,25
Desvio	1	28,99	27,99	138,41	15,25
Resíduo	140	35,5052			

CV= 6,95%

** (P<0,01), * (P<0,05)

TABELA 6A Resumo da análise de variância para o consumo de calcário, por poedeiras na fase inicial de postura em função do calcário e da granulometria.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Ijaci	Barroso	Iguatama	Formiga
Calcário (C)	3	20,1059*			
Granulometria (G)	4	3,1634			
CxG	12	9,1979*			
Linear	1	0,82	6,69	0,71	16,42
Quadrática	1	9,32	14,83	0,004	0,82
Cúbica	1	5,17	14,82	5,66	0,76
Desvio	1	2,75	15,83	12,11	6,17
Resíduo	140	4,3713			

CV= 19,79%

** (P<0,01).

TABELA 7A Resumo da análise de variância para o consumo de cálcio, por poedeiras na fase inicial de postura em função do calcário e da granulometria.

F.V.	G.L.	Quadrado médio
Calcário (C)	3	3,2052**
Granulometria (G)	4	0,4321
C x G	12	1,3388
Resíduo	140	0,6224
CV		19,60

** (P<0,01)

TABELA 8A Resumo da análise de variância para o calcário retido no intestino, por poedeiras na fase inicial de postura em função do calcário e da granulometria.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Ijaci	Barroso	Iguatama	Formiga
Calcário (C)	3	22,7927**			
Granulometria (G)	4	34,6340**			
CxG	12	11,5332**			
Linear	1	21,71**	8,65**	51,57**	61,01**
Quadrática	1	14,04*	21,03**	23,95**	0,25
Cúbica	1	0,48	26,71**	11,67	1,40
Desvio	1	1,45	20,83	12,12	0,11
Resíduo	140	3,2788			

CV= 63,08

** (P<0,01), *(P<0,05).

TABELA 9A Resumo da análise de variância para a solubilidade *in vivo* (SIV), por poedeiras na fase inicial de postura em função do calcário e da granulometria.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Ijaci	Barroso	Iguatama	Formiga
Calcário (C)	3		112,1398*		
Granulometria (G)	4		849,4385**		
CxG	12		24,1690*		
Linear	1	659,61*	617,43**	739,32**	864,53**
Quadrática	1	54,84*	283,64**	3,02	39,38*
Cúbica	1	15,32	239,21*	2,02	26,51*
Desvio	1	12,24	50,36	30,42	16,83
Resíduo	140		13,4542		

CV= 4,06

** (P<0,01), *(P<0,05).

TABELA 10A Resumo da análise de variância para a % de retenção de cálcio, por poedeiras na fase inicial de postura em função do calcário e da granulometria.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Ijaci	Barroso	Iguatama	Formiga
Calcário (C)	3		53,6467*		
Granulometria (G)	4		827,2618**		
CxG	12		38,7811*		
Linear	1	654,58**	462,85**	778,18**	1009,31**
Quadrática	1	143,79**	162,11**	66,58*	12,14
Cúbica	1	22,64	179,15	5,25	41,45
Desvio	1	7,14	19,12	9,61	53,52
Resíduo	140		20,3566		

CV= 22,0%

** (P<0,01)

* (P<0,05).

TABELA 11A Resumo da análise de correlação entre a solubilidade *in vitro* com o calcário retido no intestino (CRI) e a solubilidade *in vivo* do calcário para poedeiras na fase inicial de postura.

Variável	Variável	Nº Obs.	correlação	Prob. >F
CRI	Solub. <i>in vitro</i>	160	-0,3813	0,0001
Solub. <i>in vivo</i>	Solub. <i>in vitro</i>	160	-0,6707	0,0001

TABELA 12A Resumo da análise de correlação entre a solubilidade *in vitro* com o calcário retido no intestino (CRI) e a solubilidade *in vivo* do calcário para poedeiras na fase final de postura.

Variável	Variável	Nº Obs.	correlação	Prob. >F
CRI	Solub. <i>in vitro</i>	160	-0,4927	0,0001
Solub. <i>in vivo</i>	Solub. <i>in vitro</i>	160	-0,5971	0,0001



