

**ANA PAULA DE ASSIS MAIA**

**NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE  
CORTE MACHOS DOS 8 AOS 42 DIAS DE IDADE MANTIDOS EM  
DIFERENTES AMBIENTES TÉRMICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2009

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M217n  
2009

Maia, Ana Paula de Assis, 1983-

Níveis de fósforo disponível em rações para frangos de corte machos dos 8 aos 42 dias de idade mantidos em diferentes ambientes térmicos / Ana Paula de Assis Maia. – Viçosa, MG, 2009.  
xvii, 84f.: il. ; 29cm.

Orientador: Rita Flávia Miranda de Oliveira.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Frango de corte - Alimentação e rações. 2. Frango de corte - Calor - Efeito fisiológico. 3. Bioclimatologia. 4. Frango de corte - Efeito de níveis de fósforo. 5. Frango de corte - Nutrição - Necessidades. 6. Frango de corte - Registros de desempenho. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 636.50852

ANA PAULA DE ASSIS MAIA

**NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE  
CORTE DOS 8 AOS 42 DIAS DE IDADE MANTIDOS EM DIFERENTES  
AMBIENTES TÉRMICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 13 de maio de 2009

---

Prof. Juarez Lopes Donzele  
(Co-Orientador)

---

Prof. Paulo Cezar Gomes  
(Co-Orientador)

---

Prof. Douglas Hansen

---

Prof. João Luís Kill

---

Prof<sup>a</sup>. Rita Flávia Miranda de Oliveira  
(Orientadora)

À *Deus*, pela ilimitada bondade e misericórdia

Aos meus pais, *José Olímpio de Assis e Nívea Capanema de Assis*, formadores do meu caráter, razão das minhas conquistas, pelo carinho, amor e compreensão.

Aos meus irmãos, *Ana Cláudia de Assis e Luiz A. Capanema de Assis*, pela amizade, pela força, pelo carinho e pela presença constante em minha vida.

Aos meus avós, *Antônio Capanema (in memorian), Luiz Azevedo de Assis e Erilda Rabelo de Assis*, pelo exemplo de vida e por terem me ensinado a ter fé.

Ao meu marido, *Gustavo Vaz Corrêa Maia*, meu porto seguro nas situações difíceis, pelo amor incondicional, apoio e incentivo na busca dos meus sonhos.

Ao filhote *Toddy*, pela companhia e lealdade em todas as horas.

À vocês, que abençoaram os meus caminhos, me proporcionaram alegria e paz, que foram fundamentais para eu vencer esta batalha, foram os alicerces que firmaram minha estrutura. Em alguns momentos trocaram suas vidas pela minha e tudo isto para ter o desejo de me ver vencer. Sei que cada vitória que esta carreira me proporcionar, vocês estarão por trás dela, como estiveram em cada momento da minha vida e acima de tudo fico feliz ver em vocês uma extensão de mim mesma na concretização de um sonho. AMO VOCÊS!

**Dedico!**

## AGRADECIMENTOS

À *DEUS*, pela infinita fidelidade e pela força que me incentiva a seguir mesmo que as dificuldades pareçam estar além do meu alcance. “Senhor, te agradeço por me acolher em seus braços, pelas oportunidades que tem me dado de testemunhar o seu amor, pelo teu perdão e por me dar um vida plena e abundante. Não há nada neste mundo que se compare ao prazer que é sentir a tua santa presença. Obrigada!”.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

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

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

À minha “mãe acadêmica” *Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rita Flávia Miranda de Oliveira*, pela oportunidade e orientação na execução deste trabalho e na pós-graduação, e principalmente, pela amizade, pelos ensinamentos transmitidos, pela troca de experiências profissionais e pessoais e, pelo apoio, carinho e dedicação “quase maternal” nos momentos mais difíceis desta caminhada.

Ao *Prof. Dr. Juarez Lopes Donzele*, por todas as oportunidades concedidas para minha formação acadêmica, pela confiança e pela orientação, e por ter despertado em mim o gosto pela vida científica.

Aos professores Paulo Cezar Gomes, João Luiz Kill (UVV) e Douglas Hansen (UVV) pelos conselhos e participação na banca examinadora.

Aos funcionários do Setor de Avicultura da UFV, principalmente Adriano, Zé Lino e Mauro Jarbas pela paciência, pelo apoio fundamental para execução do

trabalho, pelo convívio amigável e pelas boas conversas. Ao *Elízio*, por ter se dedicado ao máximo durante o meu experimento, não medindo esforços, até mesmo nas horas mais difíceis, pela grande amizade e exemplo de profissionalismo.

Ao José Antônio pela dedicação na manutenção das câmaras e pela amizade.

Aos grandes amigos e “irmãos”, Marcos Gonçalves, que mesmo de longe foi um apoio presente e fundamental, e em especial, ao *Eric Márcio Balbino*, pelos momentos de alegria, cumplicidade (você me entende), pelo apoio integral e essencial na execução deste trabalho, pela sincera amizade neste pedaço de caminho que escolhemos compartilhar com simplicidade e fé. Sem você esta dissertação não existiria! Te adoro sempre! Muito obrigada!

Aos bolsistas da Bioclimatologia Animal, *Marcus Antunes* e *Paulo Campos*, pela responsabilidade e dedicação que foram fundamentais para a condução dos experimentos, pela amizade consolidada em nossos corações, pelos bons momentos que compartilhamos juntos, tornando o trabalho divertido e pela perfeita demonstração de trabalho em equipe.

Ao Will P. de Oliveira, pelo auxílio essencial na execução deste trabalho.

À estagiária Paula Romualdo, aos bolsistas Matheus Souza e Rafael Vianna, pela ajuda essencial na execução deste trabalho.

À amiga *Ana Maria de Farias*, pelas orações, pela amizade e pela força, mesmo que de longe, foi muito importante para concretização de mais esta etapa.

À grande amiga, irmã e vizinha, *Luciana Lacerda Diniz*, pela amizade indescritível, pela companhia e apoio em todos os momentos, pelas conversas que foram fundamentais para que eu não desistisse de tudo, pelo exemplo de fé e perseverança. Te adoro demais!!

Aos inesquecíveis amigos e companheiros do “*Fantastic Fourth*”, Fabrício, Felipe e Márcio, pela amizade construída ao longo da graduação, aos momentos que compartilhamos nos estudos, nas alegrias, nas decepções, nas expectativas e vitórias. Que nossa amizade perpetue ao longo do tempo e ao longo da nossa vida...

À minha família viçosense, ao pai *Valdir*, a mãe *Rose*, aos irmãos *Karina* e *Tainã*, pelo carinho, força e amizade e por me acolherem de maneira tão especial.

Às grandes amigas da Pós-Graduação *Marcelle Santana* e *Lourdes Apolônio* pelos grandes ensinamentos, pelo apoio e paciência, e pela eterna amizade. Aos amigos Arele Calderano, Eduardo Fortes, Fernando Castilho e Juliano Molino, pelos bons momentos.

À Zootecnia, curso que amo e me motiva sempre a buscar meu sucesso profissional.

Enfim, a todos aqueles que não estão nominalmente citados, mas que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e formando uma “torcida organizada”, obrigada por todo carinho, pela força constante e por todos os momentos que constroem a minha vida!

Ninguém consegue alcançar um objetivo sozinho.

**Meu muito obrigado a todos!**

*“Pode ser difícil fazer algumas escolhas, mas muitas vezes isso é necessário, existe uma diferença muito grande entre conhecer o caminho e percorrê-lo.*

*Não procure querer conhecer seu futuro antes da hora, nem exagere em seu sofrimento, esperar é dar uma chance à vida para que ela coloque a pessoa certa em seu caminho.*

*A tristeza pode ser intensa, mas jamais será eterna.*

*A felicidade pode demorar a chegar, mas o importante é que ela venha para ficar e não esteja apenas de passagem...”*

*Luiz Fernando Veríssimo*

## **BIOGRAFIA**

Ana Paula de Assis Maia, filha de José Olímpio de Assis e Nívea Capanema de Assis, nasceu em Belo Horizonte, Minas Gerais, em 09 de outubro de 1983.

Em maio de 2002, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, concluindo em março de 2007.

Em março de 2007, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, na área de Bioclimatologia Animal, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese no dia 13 de maio de 2009.



## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xvi
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Ambiente térmico e a produção animal.....	3
2.1.1. Estresse por calor e desempenho animal.....	5
2.2 Fósforo.....	8
2.2.1 Fósforo no organismo animal e suas funções.....	8
2.2.2 Metabolismo.....	9
2.2.3 Fontes.....	10
2.2.4 Fatores que afetam o metabolismo e a exigência de fósforo.....	11
2.2.5 Excreção de Fósforo.....	14
2.2.6 Exigência nutricional de fósforo para frangos de corte.....	15
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

### CAPÍTULO 1

<b>Níveis de fósforo disponível para frangos de corte machos de 8 a 21 dias de idade mantidos em termoneutralidade e ambiente de alta temperatura.....</b>	<b>27</b>
RESUMO.....	27
ABSTRACT.....	28
Introdução.....	29

Material e Métodos.....	30
Resultados e Discussão.....	35
Conclusão.....	51
Literatura Citada.....	52

## CAPÍTULO 2

<b>Níveis de fósforo disponível na ração para frangos de corte machos de 22 a 42 dias de idade mantidos em termoneutralidade e ambiente de alta temperatura.....</b>	<b>56</b>
RESUMO.....	56
ABSTRACT.....	57
Introdução.....	58
Material e Métodos.....	59
Resultados e Discussão.....	64
Conclusão.....	78
Literatura Citada.....	79
CONCLUSÃO GERAL.....	84

## ÍNDICE DE TABELAS

NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA FRANGOS DE CORTE MACHOS DE 8 A 21 DIAS DE IDADE MANTIDOS EM TERMONEUTRALIDADE E AMBIENTE DE ALTA TEMPERATURA

<b>Tabela 1</b> – Composições centesimal e calculada das rações experimentais...	32
<b>Tabela 2</b> - Desempenho de frangos de corte na fase de 8 a 21 dias de idade, recebendo diferentes níveis de fósforo disponível na ração, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	36
<b>Tabela 3</b> – Variáveis ósseas de frangos de corte aos 21 dias de idade recebendo diferentes níveis de fósforo disponível na ração, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	41
<b>Tabela 4</b> – Balanço de fósforo de frangos de corte de 11 a 15 dias de idade em função de diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	46
<b>Tabela 5</b> – Resumo dos valores de exigência de Pd para frangos de corte, de 8 a 21 dias de idade, mantidos em diferentes ambientes térmicos, considerando as variáveis de desempenho, estimadas pelo modelo de regressão.....	49
<b>Tabela 6</b> – Resumo dos valores de exigência de Pd para frangos de corte, de 8 a 21 dias de idade, mantidos em diferentes ambientes térmicos, considerando as variáveis de desempenho, estimadas pelo modelo LRP.....	49
<b>Tabela 7</b> – Resumo dos valores de exigência de Pd para frangos de corte, de 8 a 21 dias de idade, mantidos em diferentes ambientes térmicos, considerando as variáveis ósseas, estimadas pelo modelo de regressão.....	49
<b>Tabela 8</b> – Resumo dos valores de exigência de Pd para frangos de corte, de 8 a 21 dias de idade, mantidos em diferentes ambientes térmicos, considerando o balanço de fósforo, estimado pelo modelo de regressão.....	50

NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA FRANGOS DE CORTE MACHOS DE 22 A 42 DIAS DE IDADE MANTIDOS EM TERMONEUTRALIDADE E AMBIENTE DE ALTA TEMPERATURA

<b>Tabela 9</b> – Composições centesimal e calculada das rações experimentais...	61
<b>Tabela 10</b> - Desempenho de frangos de corte na fase de 22 a 42 dias de idade, recebendo diferentes níveis de fósforo disponível na ração, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	65
<b>Tabela 11</b> – Variáveis ósseas de frangos de corte aos 42 dias de idade recebendo diferentes níveis de fósforo disponível na ração, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	70
<b>Tabela 12</b> - Balanço de fósforo de frangos de corte de 32 a 35 dias de idade em função de diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	75
<b>Tabela 13</b> – Resumo dos valores de exigência de Pd para frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, mantidos em diferentes ambientes térmicos, considerando as variáveis de desempenho, estimadas pelo modelo de regressão.....	77
<b>Tabela 14</b> – Resumo dos valores de exigência de Pd para frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, mantidos em diferentes ambientes térmicos, considerando as variáveis ósseas, estimadas pelo modelo de regressão.....	77
<b>Tabela 15</b> – Resumo dos valores de exigência de Pd para frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, mantidos em diferentes ambientes térmicos, considerando o balanço de fósforo, estimado pelo modelo de regressão.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

### NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA FRANGOS DE CORTE MACHOS DE 8 A 21 DIAS DE IDADE MANTIDOS EM TERMONEUTRALIDADE E AMBIENTE DE ALTA TEMPERATURA

<b>Figura 1</b> – Consumo de ração de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	37
<b>Figura 2</b> – Ganho de peso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	38
<b>Figura 3</b> – Conversão alimentar de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	40
<b>Figura 4</b> – Cálcio no osso (%) de frangos de corte aos 21 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	42
<b>Figura 5</b> – Cálcio no osso (g) de frangos de corte aos 21 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	43
<b>Figura 6</b> – Fósforo no osso (%) de frangos de corte aos 21 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	44
<b>Figura 7</b> – Fósforo no osso de frangos de corte aos 21 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	45
<b>Figura 8</b> – Fósforo total excretado de frangos de corte de 11 a 15 dias de idade em função de diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	46

<b>Figura 9</b> – Fósforo retido de frangos de corte de 11 a 15 dias de idade em função de diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	47
<b>Figura 10</b> – Coeficiente de retenção de fósforo de frangos de corte de 11 a 15 dias de idade em função de diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	48
<b>NÍVEIS DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA FRANGOS DE CORTE MACHOS DE 22 A 42 DIAS DE IDADE MANTIDOS EM TERMONEUTRALIDADE E AMBIENTE DE ALTA TEMPERATURA</b>	
<b>Figura 11</b> – Consumo de ração de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	66
<b>Figura 12</b> – Ganho de peso de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	67
<b>Figura 13</b> – Conversão alimentar de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	68
<b>Figura 14</b> – Cálcio no osso (%) de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	71
<b>Figura 15</b> – Cálcio no osso (g) de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	72
<b>Figura 16</b> – Fósforo no osso (%) de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	72
<b>Figura 17</b> – Fósforo no osso (g) de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos.....	72

## RESUMO

MAIA, Ana Paula de Assis, M.Sc.; Universidade Federal de Viçosa, Maio de 2009.  
**Níveis de fósforo disponível em rações para frangos de corte machos de 8 a 42 dias de idade mantidos em diferentes ambientes térmicos.** Orientadora: Rita Flávia Miranda de Oliveira. Co-orientadores: Juarez Lopes Donzele e Paulo Cezar Gomes.

Dois mil duzentos e quarenta frangos de corte machos da linhagem Cobb foram utilizados em quatro experimentos para determinar a exigência nutricional de fósforo disponível (Pd) para frangos de corte de 8 a 42 dias de idade mantidos em termoneutralidade e ambiente de alta temperatura. Em cada experimento as aves foram distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco níveis de Pd e dois ambientes térmicos: alta temperatura e termoneutralidade). O trabalho foi dividido em duas fases, de 8 a 21 dias e de 22 a 42 dias de idade. Em ambas as fases, foram conduzidos dois experimentos, um para avaliar desempenho e parâmetros ósseos e o outro para determinar o balanço de fósforo (P). No período de 8 a 21 dias, foram utilizadas nove repetições para experimento 1, com dez aves por repetição e oito repetições para experimento 2, com cinco aves em cada. Os níveis de Pd obtidos nas rações experimentais foram: 0,25; 0,33; 0,41; 0,49 e 0,57%. As aves foram alojadas em câmaras climáticas com temperatura de 35°C (alta temperatura) e 29°C de 8 a 15 dias e 27°C de 16 a 21 dias (termoneutralidade). No período de 22 a 42 dias, foram utilizadas nove repetições para experimento 1, com seis aves por repetição e oito repetições para experimento 2, com cinco aves em cada. Os níveis de Pd obtidos nas rações experimentais foram: 0,25; 0,35; 0,45; 0,55 e 0,65%. As aves foram alojadas em câmaras climáticas com temperatura de 32°C (alta temperatura) e 22°C

(termoneutralidade). No período de 8 a 21 dias de idade, independente do ambiente em que as aves foram submetidas, os níveis de Pd influenciaram o consumo de ração e o ganho de peso, que aumentaram de forma quadrática até o nível estimado de 0,46%. No ambiente de termoneutralidade a conversão alimentar reduziu de forma quadrática em razão dos níveis de Pd na ração, até o nível estimado de 0,45% e não se observou efeito para esta variável no ambiente de calor. Os tratamentos também influenciaram quadraticamente a quantidade de cálcio (Ca) e P no osso (%) que aumentaram até os níveis estimados de 0,46 e 0,47%, no ambiente termoneutro. No estresse por calor observou-se um aumento quadrático em % de Ca e P no osso até os níveis estimados de 0,46 e 0,47% de Pd, respectivamente. No ambiente termoneutro, os níveis de Pd na ração influenciaram de forma quadrática a excreção de P (g e g/dia) que diminuiu até o nível estimado de 0,29%, e a retenção de P (g) e o coeficiente de retenção de P (%), que aumentaram até os níveis estimados de 0,54 e 0,402%, respectivamente. No ambiente de alta temperatura, os tratamentos também influenciaram a excreção de P total (g e g/dia) e P retido, que aumentaram de forma linear. O coeficiente de retenção de P aumentou de forma quadrática, em função dos níveis de Pd, até o nível estimado de 0,381%. No período de 22 a 42 dias, no ambiente de alta temperatura, os níveis de Pd aumentaram de forma quadrática o consumo de ração e ganho de peso e melhorou a conversão alimentar até o nível estimado de 0,46%. Na termoneutralidade, o consumo de ração e o ganho de peso diminuíram de forma linear em função dos níveis de Pd na ração. A quantidade de P no osso (%) aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,51% de Pd, no ambiente de termoneutralidade. No estresse por calor verificou-se efeito quadrático dos níveis de Pd sobre a % de Ca osso, que aumentou até o nível estimado de 0,46% de Pd. A quantidade de P no osso (%) aumentou quadraticamente até o nível estimado de 0,55% de Pd. Independente do ambiente em que as aves foram criadas os tratamentos influenciaram de forma linear a quantidade de P excretado (g e g/dia) e P retido (g) que aumentaram, enquanto o coeficiente de retenção de P (%) decresceu em função dos níveis de Pd na ração. Concluiu-se que, o nível estimado de Pd que proporcionou melhor resultado de desempenho e parâmetros ósseos de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade foi de 0,47%, correspondente a consumos estimados de 4,28 e 3,54 g, respectivamente, para o ambiente termoneutro e alta temperaturana. Na fase de 22 a 42 dias de idade, os níveis estimados ideais de Pd nas rações de frangos de corte que maximizam o desempenho e favoreceram a



mineralização óssea são de, respectivamente, 0,46 e 0,55%, correspondentes a consumos estimados respectivos de 11,6 e 13,8 g, quando mantidos em ambiente de alta temperatura e no ambiente termoneutro, de 0,25 e 0,51% de Pd, correspondentes a consumos estimados respectivos de 8,0 e 15,8 g.

## ABSTRACT

MAIA, Ana Paula de Assis, M.Sc.; Universidade Federal de Viçosa, May, 2009.  
**Available phosphorous levels in diet for male broilers from 8 to 42 days of age kept in different thermal environments.** Adviser: Rita Flávia Miranda de Oliveira. Co-advisers: Juarez Lopes Donzele and Paulo Cezar Gomes.

A total of two thousand and forty male broilers of Cobb stain were used in four experiments to evaluate available phosphorous (AP) levels in diet for broilers from 8 to 42 days of age kept in high temperature and thermoneutral environment. In each experiment, the birds were distributed in a complete randomized experimental design in a 5 x 2 factorial scheme (five AP levels and two thermal environments: high temperature and thermoneutral). The trials were divided in two periods, from 8 to 21 days and 22 to 42 days of age. In both periods, it two tests were conducted, one to assessing the performance and bone parameters of broilers and other to determine the phosphorous excreted and retention of birds. In the period from 8 to 21 days, nine and eight repetitions with ten and five birds per repetition were used for the experiment 1 and 2, respectively. The AP levels obtained were: 0.25; 0.33; 0.41; 0.49 e 0.57%. The birds were brooded in controlled-environment rooms at 35°C (high temperature) and 29°C from 8 to 15 days and 27°C from 16 to 21 days (thermoneutral environment). In the period from 22 to 42 days, nine and eight repetitions with six and five birds per repetition were used for the experiment 1 and 2, respectively. The AP levels obtained were: 0.25; 0.35; 0.45; 0.55 e 0.65%. The birds were brooded in controlled-environment rooms at 32°C (high temperature) and 22°C (thermoneutral environment). In the first phase, the levels of AP influenced the feed intake (FI) and weight gain (WG) which increased in a quadratic form up to the estimated level of 0.46%, for thermoneutral and heat environments, however, the

LRP model better adjusted to data, where the 0.34 and 0.35% AP levels were estimated, for both thermal environments, respectively. In thermoneutral environment, the feed conversion ratio (FCR) improved in a quadratic way with the increase of AP levels until the estimated level of 0.45%, but, the LRP model better adjusted to data estimated at 0.34% the AP level. FCR of birds challenged by heat was not significantly effect by the levels of AP It was observed a quadratic effect of the treatments on the % of calcium and phosphorus in the bone (CaB and PB) which increased, respectively, up to the estimated levels of 0.46 and 0.47% of AP in both environments. In thermoneutral environment, it was observed a quadratic effect of the AP levels on phosphorous excreted (PE) which decreased up to the estimated level of 0.29% and on phosphorous retention (PR) and phosphorous retention coefficient (PRC) that increased up to the estimated levels of 0.54 and 0.40%, respectively. In heat stress the treatments have influenced the PE and PR in a linear form. The PRC increased in a quadratic form, with the increase of th AP levels, until the estimated level of 0.38%. In the period from 22 to 42 days of age, in high temperature environmental, it was observed a quadratic effect of the AP levels on FI, WG and FCR which improved until the estimated level of 0.46%. In thermoneutral environment, the treatments influenced the FI and WG that decreased in a linear form. It was not observed effect on FCR. Under thermoneutral conditions, there was a significant quadratic effect of AP levels on the % PB which increased up to the estimated level of 0.51% of AP. Under heat stress, the AP levels influenced in a quadratic form the % of CaB and PB in the bone that rose, respectively, until the estimated levels of 0.48 e 0.55% of AP. Irrespective of thermal environment, the treatments influenced the PE and PR that increased in a linear form, while PRC decreased in function of AP levels. It was concluded the estimated levels, respectively, 0.35 and 0.47% of AP provided the better results of performance and bone parameters of broilers from 8 to 21 days of age kept in thermoneutral and high temperature environment. From 22 to 42 days of age, AP requirements for broilers kept in thermoneutral and high temperature environment are, respectively, 0.25 and 0.46% of AP for maximum performance and 0.51% and 0.55% of AP for higher bone mineralization.

## 1 – INTRODUÇÃO GERAL

A avicultura é a atividade que possui o mais avançado acervo tecnológico dentro do setor agropecuário brasileiro e, está cada vez mais, frente às novas tecnologias que estão sendo disponibilizadas e viabilizadas. O avanço nos sistemas produtivos nos últimos anos, tanto do ponto de vista genético como no gerencial, faz com que o meio ambiente adequado seja condição indispensável para que os animais possam expressar o seu potencial produtivo, associado ao seu bem estar.

O Brasil é um país de clima tropical, onde a maioria das regiões tem médias de altas temperaturas o ano todo. Por isso, o estresse por calor sofrido pelas aves tem sido preocupante para os produtores devido às possíveis perdas na produção acarretadas pelo estresse. Aves submetidas às altas temperaturas apresentam redução do consumo de alimento, do ganho de peso e piora de rendimento, o que consequentemente, influencia negativamente o desempenho das mesmas (Laganá, 2005). Além disso, as altas temperaturas levam a um aumento da excreção de minerais em aves (Sahin et al., 2002).

Considerando que, na formulação de rações para frangos de corte, normalmente os níveis nutricionais são expressos em porcentagem da ração, e que a alta temperatura ambiental reduz o consumo pelas aves, a ingestão de nutrientes fica comprometida. Segundo Nascimento et al. (2005) alterações nos níveis nutricionais das formulações das rações devem ser feitas de acordo com o clima, devido a alterações no consumo. Portanto, uma ração formulada para condições de termoneutralidade não seria adequada para atender as exigências dos animais submetidos ao estresse térmico.

Dessa forma, para assegurar adequado consumo de nutrientes, estudos para determinação das exigências nutricionais para aves submetidas a diferentes ambientes térmicos, principalmente ao estresse por calor, tornam-se fundamentais para obtenção do ótimo desempenho das mesmas.

Entre os minerais exigidos pelas aves, o fósforo (P) é considerado um dos mais importantes, por ser necessário para a ótima taxa de crescimento e também para mineralização óssea (Gomes et al., 2004). Além disso, é indicado como o terceiro nutriente mais caro em uma ração para não ruminantes (Runho et al., 2001).

O P vem sendo objetivo de diversas pesquisas, não somente por sua importância econômica e biológica, mas também por sua importância ambiental. O fato de o P ser eliminado pelas fezes e pela urina, em grandes quantidades no meio ambiente, causa preocupação com o excesso desse mineral no solo (Runho et al., 2001).

A exigência nutricional de P das aves pode ser afetada, entre outros fatores, pela linhagem, pela idade e pelo potencial genético (Singh, 2008). Aves velhas absorvem o P mais eficientemente do que as aves jovens, acarretando em mudanças nas exigências nutricionais deste nutriente de acordo com a idade, e ainda, animais mais jovens possuem uma maior exigência de P devido a maior taxa de crescimento. Desta forma, é importante que sejam feitos estudos para se adequar os níveis de P utilizados nas rações dos frangos de corte em diferentes idades.

Diante do exposto, a atualização das exigências de P faz-se necessária, objetivando obter alimentação com menor custo (Runho et al., 2001), garantindo aporte suficiente do nutriente para permitir ótimo desempenho e diminuir a excreção de P no ambiente.

Apesar de vários estudos já realizados para determinação de exigências, estudos objetivando determinar a exigência de P para aves submetidas ao estresse por calor ainda são escassos. Assim, fazem-se necessários mais estudos nesta área.

Esse estudo foi proposto para avaliar níveis de fósforo disponível (Pd) na ração para frangos de corte machos dos 8 aos 21 e dos 22 aos 42 dias de idade submetidos à alta temperatura ambiente e à termoneutralidade.

Os artigos a seguir foram editorados com base nas exigências da Revista Brasileira de Zootecnia, publicada pela Sociedade Brasileira de Zootecnia, com adaptação às normas para elaboração de teses da Universidade Federal de Viçosa - UFV.

## **2 - REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Ambiente térmico e a produção animal**

O ambiente térmico constitui-se em um dos responsáveis pelo sucesso ou fracasso do empreendimento avícola (Laganá, 2005; Furlan, 2006). Isto ocorre porque os frangos são, geralmente, confinados, proporcionando pouca margem de manobra para os ajustes comportamentais necessários para a manutenção da homeostase térmica (Macari et al., 2004). Portanto, considerando que na maioria dos sistemas de produção de aves, na América Latina, os fatores climáticos são pobremente manipulados e gerenciados, o micro ambiente para a produção e bem-estar do frango de corte, nem sempre é compatível com as necessidades fisiológicas dos mesmos (Macari, 2001).

Segundo Baêta & Souza (1997) o ambiente que envolve os animais inclui os fatores físicos, químicos e biológicos que influenciam o desenvolvimento e o crescimento animal, tais como a temperatura, a umidade relativa, a ventilação e a radiação. Dessa forma, a temperatura do ar, isoladamente, pode não ser suficiente para caracterizar um ambiente térmico, uma vez que esta pode ser modificada por diversos componentes do ambiente, assim, a melhor maneira de expressar o ambiente térmico tem sido por meio da temperatura ambiental efetiva, que considera os vários elementos climáticos, e que tem sido considerada a melhor estimativa da temperatura que está incidindo sobre os animais (Moura, 2001). Em concordância, Silva (2002) relatou que a temperatura ambiental efetiva não se refere unicamente à temperatura

ambiente, mas sim à combinação dos efeitos da temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento.

A produção ideal para frangos de corte é mais bem obtida quando a ave estiver submetida a uma temperatura ambiente adequada, com o mínimo de desperdício de energia, tanto para compensar o frio, como o calor. Assim, a condição ambiental deve ser manejada de forma a evitar um efeito negativo sobre o desempenho produtivo dos frangos; uma vez que podem afetar o metabolismo (produção de calor corporal em temperaturas baixas e dissipação de calor corporal em temperaturas altas), com conseqüente efeito sobre a produção de carne e sobre a incidência de doenças metabólicas como: a síndrome da hipertensão pulmonar e a ascite (Furlan, 2006).

Rostagno (1995) define que a faixa de temperatura considerada ideal para o crescimento de frangos de corte varia entre 20 e 22°C. Estes dados são sustentados por Macari (2001) que afirmou que a zona de conforto térmico para frangos com idade de 35 a 42 dias encontra-se entre 21 e 23°C, variando em função da idade e peso das aves.

Corroborando com estes relatos, Ojano-Diram & Waldroup (2002) afirmaram que, a zona de conforto térmico para frangos de corte declina de 32°C, logo após a eclosão, para em torno de 24°C, na terceira e quarta semana de idade, e para 21°C após essa idade. Em concordância, Furlan & Macari (2002) afirmaram que como a tolerância das aves ao estresse térmico varia em função da idade, fica implícito que a zona de conforto térmico varia em função da idade e peso dos animais. Desse modo, para pintinhos de 1 a 7 dias de vida, a zona de conforto térmico está entre 31 e 33°C, diminuindo para 21 e 23°C para frangos com idade de 35 a 42 dias de idade, considerando uma umidade do ar entre 65 e 70%.

A umidade relativa (UR) é raramente incluída como variável experimental ou mesmo medida para fins informativos, entretanto, é um importante componente do clima, quando se sabe que a temperatura do ar, isoladamente, tem sido considerada insuficiente para caracterizar o ambiente no qual a ave se encontra (Siqueira, 2006) e aumentos em escala de UR podem agravar o estresse, principalmente pelo calor. Segundo Borges et al. (2003), todas as espécies de aves experimentam estresse por calor na combinação de UR e temperatura ambiente altas, fora da zona de conforto.

Yahav et al. (1995) relataram diferenças nas respostas de frangos de corte de 4 a 8 semanas submetidos a UR de 40 a 45 %, 50 a 55%, 60 a 65%, e 70 a 75% numa

temperatura ambiental de 35°C. A taxa de crescimento máximo dos frangos ocorreu em uma UR de 60 a 65%.

Considerando que o efeito que a temperatura exerce sobre os animais pode ser modificado por diversos componentes do clima, e que estes elementos devem ser levados em consideração quanto à expressão do ambiente sobre o balanço térmico animal (Curtis, 1983), vários índices bioclimáticos foram criados na tentativa de quantificar o ambiente como um todo, expressando o conforto e o desconforto do animal em relação a um determinado ambiente, permitindo, assim, a comparação do desempenho dos animais criados em diferentes regiões (Ferreira, 1998).

Dentre os diversos índices, citados por Campos (1986), o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981), é considerado o mais apropriado e recomendado para determinar o conforto térmico nas condições de clima tropical, uma vez que ele agrupa os efeitos da UR, temperatura do ar e radiação em um único valor. O ITGU é representado pela equação:

$$\text{ITGU} = T_{gn} + 0,36 T_{po} - 330,08$$

Em que;

$T_{gn}$  = Temperatura de globo Negro (K)

$T_{po}$  = Temperatura do ponto de orvalho (K)

Dessa forma, o cálculo do ITGU é uma ferramenta eficiente para diagnosticar a condição ambiental que o animal está inserido. De acordo com Piasentim (1984), ambientes cujos valores de ITGU variam entre 65 e 77 não afetam o desempenho de frangos de corte, no período de quatro a sete semanas de idade. Similarmente, Silva (2002) observou que valores de ITGU entre 65 e 77 não afetaram a produção de frangos de corte, da terceira a sexta semana de vida. Já na sétima semana de idade, houve uma piora de 40% na conversão alimentar e redução de 37,2% no ganho de peso de frangos, quando o valor de ITGU variava de 73,3 a 80,5, indicando desconforto em virtude do estresse por calor.

### **2.1.1 Estresse por calor e desempenho animal**

A definição de estresse pode ser entendida como alterações nas funções orgânicas que buscam trazer o organismo para o estado de equilíbrio, mantendo o



meio interno e suas atividades vitais. O estresse climático é causado pelos elementos climáticos e pode afetar a produção animal.

O Brasil é um país de clima tropical, onde a maioria das regiões tem médias de altas temperaturas o ano todo. Nessas condições predomina o estresse por calor, que tem sido preocupante para os produtores devido às perdas na produção avícola (Laganá, 2005). O estresse por calor é definido como qualquer combinação de temperatura, umidade, radiação e vento produzindo condições que estão acima do intervalo de temperatura da zona de termoneutralidade.

O desenvolvimento de linhagens de alto potencial genético, associado aos avanços tecnológicos, principalmente na nutrição, tem possibilitado que o frango de corte comercial apresente rápido crescimento e eficiente desempenho. Como resultado desse rápido desenvolvimento, há um aumento da taxa metabólica, que resulta em um aumento na demanda sangüínea tecidual (Laganá, 2005). Desse modo, o aprimoramento genético do frango de corte, caracterizado pelo elevado potencial de crescimento, aumentou a sua suscetibilidade ao estresse por calor, que pode ser atribuída segundo alguns autores (Lana et al., 2000; Macari et al., 2004; Laganá, 2005), ao pouco desenvolvimento da capacidade termorreguladora, que ficou deficiente para enfrentar os grandes desafios do ambiente térmico, e dos sistemas cardiovascular e respiratório, que têm sido ineficientes para oxigenar devidamente toda a massa muscular, determinando assim transtorno em diversos órgãos.

Drásticas diminuições no consumo de alimento e no crescimento de frangos mantidos sob estresse por calor foram relatadas por diversos autores (Bertechini et al., 1991; Furlan, 2006), assim como a significativa piora da eficiência alimentar (Plavnik & Yahav, 1998).

Segundo Siqueira (2006) o decréscimo no consumo de alimento é a primeira resposta da ave ao estresse por calor e, como consequência, a ave pode deixar de receber os nutrientes essenciais para a produção e para o seu bem-estar. Assim, a redução no consumo de alimento observada em aves submetidas a altas temperaturas pode ser considerada um mecanismo termorregulatório, que resulta na diminuição da produção de calor metabólico.

Bonnet et al. (1997) concluíram que a redução no ganho de peso em aves submetidas a estresse por calor (32°C) foi de 50% em relação às aves mantidas em condições de termoneutralidade (22°C), além disso, eles observaram que, após duas

semanas de exposição crônica ao calor, a ingestão de alimento pelas aves diminuiu mais de 3% por cada aumento de 1°C entre 22 e 32°C.

Plavnik & Yahav (1998) verificaram redução de ganho de peso, de consumo de ração e de eficiência alimentar de frangos submetidos a aumentos de temperatura ambiental.

Neste contexto, uma ração formulada para condições de termoneutralidade não seria adequada para atender as exigências dos animais submetidos ao estresse, tendo em vista que, a temperatura ambiente pode ocasionar modificações no padrão de consumo dos animais, o que pode levar às alterações em suas exigências nutricionais em porcentagem da ração (Valerio et al, 2003).

A redução no desempenho de aves mantidas em condições de estresse ambiental pode ser, em parte, justificada pela modificação na ingestão de nutrientes devido a alteração do consumo pela temperatura ambiente (Siqueira, 2006), tendo em vista que, na formulação de rações para frangos de corte os níveis nutricionais são expressos, normalmente, em porcentagem da ração (Valerio et al., 2003).

Uma alternativa para minimizar este efeito da temperatura sobre o desempenho pode ser o ajuste dos níveis nutricionais da ração conforme alterações no consumo de ração (Sakomura, 1998; Valério et al., 2003).

Entretanto, Laganá (2005) e Rosa (2005) sugerem que outros fatores além do consumo modificam a taxa de crescimento dos animais sob altas temperaturas ambientes. De acordo com Oliveira Neto (1999), a redução verificada no desempenho de animais mantidos em altas temperaturas está relacionada com alterações fisiológicas e hormonais, que modificam todo o metabolismo animal.

Corroborando com esse relato, Sakomura (1998) e Macari (2001) afirmaram que a exigência nutricional das aves é afetada diretamente pela temperatura, tanto em função da alteração do padrão de consumo, quanto pelas mudanças adaptativas fisiológicas provocadas pela temperatura, como modificação no tamanho dos órgãos metabolicamente ativos.

Com base no relatado anteriormente fica evidente a necessidade de se estimar a exigência dos nutrientes para os animais sob condições de estresse por calor, visando um aporte adequado dos nutrientes e maximização do desempenho produtivo.

## **2.2 Fósforo**

Descoberto e isolado em 1669 por um alquimista alemão (Sheve & Brink Jr, 1977), o fósforo (P) está envolvido em quase todas, se não em todas, reações metabólicas do organismo (McDowell, 1992) e tem diversas funções biológicas bem estabelecidas, sendo considerado um dos minerais mais versáteis no corpo animal.

O P está estreitamente relacionado ao cálcio (Ca) no metabolismo orgânico, constituindo mais de 70% da cinza corporal. Após o Ca, é o mineral mais abundante na composição dos tecidos animais sendo que cerca de 80% encontra-se nos ossos e dentes e os outros 20% estão distribuídos entre fluídos e outros tecidos (Underwood & Suttle, 1999).

O interesse pelo estudo do P na nutrição animal deve-se a sua essencialidade no metabolismo, a seu alto custo no mercado e seu efeito na eutrofização de sistemas aquáticos.

### **2.2.1 Fósforo no organismo animal e suas funções**

O P está presente nos mais diferentes tecidos e desempenha inúmeras funções vitais no organismo animal. A menor parte do P no organismo está na forma inorgânica, isto é, na forma mineral, principalmente como ortofosfatos ( $\text{PO}_4^{-3}$ ). Há grande concentração no fígado e músculos e a forma iônica predomina no plasma. Segundo Scott et al. (1982), em aves, a concentração sanguínea de P é de 35 a 45mg/100ml, sendo que aproximadamente 10% deste está na forma de P inorgânico.

Nos tecidos moles e fluídos corporais a forma orgânica é predominante e faz parte de moléculas tais como fosfoproteínas, fosfolipídios constituintes de membranas, fosfocreatina, como reservatório de energia, nucleoproteínas, como constituintes do DNA e RNA, e fosfato-hexoses, como participante do metabolismo de carboidratos. (Rebollar & Mateos, 1999). Fazendo parte destes compostos o P tem importância relevante no crescimento dos animais.

Dentre as principais funções do P estão: a formação da estrutura óssea; componente dos ácidos nucléicos envolvidos no crescimento e diferenciação celular; participação na formação de membranas celulares, mais precisamente nos fosfolipídios, formando a bicamada lipídica e participação na utilização e transferência de energia química para as diversas reações bioquímicas do organismo,

na forma de adenosina trifosfato (ATP) e outros nucleotídeos (Rebollar & Mateos, 1999; Runho et al., 2001; Adeola et al., 2005; Singh, 2008).

Na matriz óssea, juntamente com Ca, o P participa na formação de colágeno e da mineralização na forma de fosfato de Ca e hidroxiapatita, constituindo a matriz orgânica e a camada cortical dos ossos, conferindo rigidez a estrutura de sustentação para musculatura (Martins, 2003; Hemme et al., 2005). Ao mesmo tempo faz-se nos ossos o principal reservatório de Ca e P para a manutenção da homeostase no organismo.

O P também auxilia na manutenção osmótica e no balanço ácido-básico do animal, fazendo parte do sistema tampão fosfato, que é um sistema tampão orgânico. O sistema fosfato tem pouca participação no sangue, e é mais importante nos líquidos tubulares renais, impedindo a formação de ácidos fortes (Nelson & Cox, 2006). Além disso, atua como ativador e constituinte de sistemas enzimáticos e de complexos coenzimáticos como NAD e NADP os quais atuam em importantes rotas metabólicas, participando do metabolismo de lipídeos, proteínas e carboidratos no processo de produção de energia (Underwood & Suttle, 1999; Cortelazzi, 2006) e, ainda, participa no controle do apetite e na eficiência alimentar (Runho et al., 2001).

### **2.2.2 Metabolismo**

O P é disponibilizado aos animais na forma inorgânica como mono, di ou trifosfato, ou na forma orgânica como fitatos, fosfolipídios ou fosfoproteínas, sendo absorvido no intestino delgado das aves na forma de ortofosfato (Martins, 2003; Cortelazzi, 2006) por um sistema de contra transporte ativo utilizando sódio e vitamina D ou por difusão simples (Pizzolante, 2000).

A taxa de absorção do P é influenciada por diversos fatores tais como pH e viscosidade intestinal; relação cálcio:fósforo (Ca:P); presença de vitamina D; nível de P; lipídeo; proteína e energia da ração; idade e sexo; nível de Ca dietético (Pizzolante, 2000); fontes de P utilizadas na ração; condições ambientais; níveis circulantes de hormônios; e presença de outros minerais (Al, Cu, Mg, Zn, Fe, Se), que são antagônicos à absorção e utilização de P (Figueirêdo, 1998).

O P absorvido cai na corrente sanguínea e é rapidamente destinado para depósito nos ossos de animais em crescimento. Os níveis plasmáticos são mantidos através da mineralização e desmineralização óssea. Quando em excesso, o P é

eliminado através dos rins (McDowell, 1992). Todo o mecanismo é regulado por um sistema hormonal constituído pelos hormônios calcitonina (CT), paratireoideanos (PTH) e vitamina D<sub>3</sub> (1, 25 diidroxicolecalciferol) (Adeola et al., 2005).

A CT estimula a deposição de Ca e P nos ossos, enquanto o PTH promove a desmineralização óssea, aumentando os níveis de fosfato e Ca no sangue. Além disso, o PTH atua sobre os rins diminuindo a excreção de P e estimula a síntese de vitamina D<sub>3</sub>, que por sua vez, aumenta a absorção intestinal de P e Ca, atua nos rins estimulando a reabsorção destes minerais e age sobre os ossos promovendo a mobilização de Ca e P pela ativação dos osteoclastos (McDowell, 1992).

As interações entre a secreção dos três hormônios permitem a homeostase dos níveis séricos de P quando o fornecimento dietético de Ca e P estão em níveis próximos aos da exigência.

### **2.2.3 Fontes**

O P presente nas rações das aves pode ser proveniente dos alimentos de origem vegetal, fontes de origem animal ou fontes de origem rochosa.

De acordo com Borrmann et al. (2001), a maior parte do P proveniente dos alimentos de origem vegetal encontra-se combinado com o inositol formando a molécula do ácido fítico que tem um grande potencial quelatizador, constituindo uma ampla variedade de sais insolúveis, o que diminui a solubilidade e digestibilidade dos nutrientes. As aves têm baixa capacidade de utilizar o P fítico, devido à produção insuficiente da fitase endógena, que é a fosfatase responsável pela hidrólise do ácido fítico (Silva, 2004).

Como no Brasil a alimentação dos frangos de corte tem como, base principal a mistura de ingredientes vegetais, portanto, com quantidades reduzidas de P disponível, é necessário adicionar ingredientes nas rações que forneçam as quantidades suficientes do mesmo para o crescimento e mineralização óssea adequada. As fontes de suplementação de P estão entre os ingredientes que mais oneram o custo final da ração (Lima, 1995; Queiroz, 2008).

A principal fonte suplementar de P nas rações das aves é uma fonte mineral, o fosfato bicálcico, que é um produto industrial resultante da neutralização do ácido sulfúrico e água, produzindo o ácido fosfórico que neutralizado com o calcário ou cal hidratada origina o fosfato bicálcico comercial (Cardoso, 1991). Em diferentes

estudos de biodisponibilidade do P em diversos ingredientes, o P oriundo do fosfato bicálcico é usado como referência, sendo considerado 100% disponível, e por isso, é largamente utilizado na alimentação animal em todo o mundo (Lima,1995).

#### **2.2.4 Fatores que afetam o metabolismo e a exigência de fósforo**

Muitos fatores podem afetar o metabolismo do P e, portanto, sua exigência pelas aves. Entre estes fatores estão as fontes de P, idade e genética, nível de Ca e P da ração, relação Ca:P, quantidade de fitato, presença de fitase, níveis de vitamina D<sub>3</sub>, gordura, entre outros (Summers, 1997; Rebollar & Mateos, 1999).

Animais mais velhos absorvem melhor o P do que animais mais novos. Waldroup (1999) afirmou que durante os últimos estágios de produção, quando significativa quantidade de ração é consumida, há pouca, ou nenhuma, necessidade de suplementação de P em rações de frangos de corte a base de milho e farelo de soja.

Diversos estudos (Waldroup et al., 2000; Persia & Saylor, 2006) têm verificado o efeito da genética de frangos de corte sob a exigência de P. Os autores atribuem esse efeito às diferentes taxas de crescimento.

A utilização da fitase nas rações diminui as exigências nutricionais de P disponível, pois disponibiliza parte do P proveniente do fitato. Huff et al. (1998) afirmaram que a suplementação com fosfato bicálcico pode ser reduzida em 27, 29 e 30%, respectivamente, em rações de frangos nas fases inicial, crescimento e terminação, contendo fitase, reduzindo o P total em 14, 15, e 16%, sem afetar a produção e a saúde das aves.

Tem sido sugerido que a vitamina D<sub>3</sub> pode melhorar a absorção de P e Ca por estimular a hidrólise do fitato, que pode ser resultado de um aumento da atividade da fitase no intestino de frangos (Shafey et al., 1990). Além disso, Rebollar & Mateos (1999) sugeriram que, a vitamina D<sub>3</sub> estimula o transporte ativo de Ca e P através do epitélio intestinal, influenciando assim, a utilização destes elementos na ração. Qian et al. (1997) demonstraram que a suplementação, em excesso, de vitamina D<sub>3</sub> (66 vs 660µg/kg) em rações de frangos de corte aumentou a retenção de P e melhorou as variáveis produtivas, independente da adição de fitase ou do nível de Ca na ração.

A adição de óleo nas rações acarreta diminuição no teor de cinzas ósseas e na retenção de Ca e de P nos ossos das aves aos 14 e 21 dias de idade (Dell'isola et al.,

2003), devido à formação de sabões de Ca insolúveis no intestino delgado das aves, que diminui a absorção intestinal.

#### **2.2.4.1 Fósforo Fítico (Fitato)**

Cerca de 50 a 80% do conteúdo de P total nos ingredientes de origem vegetal são encontrados na forma de fitato ou sais de ácido fítico (Harland & Narula, 1999), que é um complexo orgânico e, de acordo com Consuegro (1999), é uma das formas pelas quais as plantas armazenam nutrientes, P e inositol, para seu uso durante a germinação.

O ácido fítico é um éster de álcool cíclico, com seis grupos fosfato. Com base na estrutura proposta por Anderson (1914), citado por Sebastian et al. (1998), uma estrutura simétrica hexa-ortofosfato, o nome sistemático para o ácido fítico é mioinositol-1,2,3,4,5,6-hexa dihidrogênio fosfato. A estrutura do ácido fítico é indicativa do seu forte poder quelante (Singh, 2008). Quando forma complexos com os cátions, como Ca, magnésio e zinco, a molécula se denomina fitina, e quando presente na forma aniônica se conhece como fitato (Adeola et al., 2005).

O fitato é um ácido forte e, em pH neutro, forma uma ampla variedade de sais insolúveis com cátions di e trivalentes, potencialmente tornando-os indisponíveis para absorção (Singh, 2008), representando um dos fatores que afeta a disponibilidade destes minerais para os não ruminantes.

Até recentemente, acreditava-se que o ácido fítico era fator limitante apenas para o P presente nos ingredientes vegetais; contudo, estudos mostram que o efeito prejudicial da molécula de ácido fítico, em não ruminantes, vai além da diminuição da disponibilidade do P, comprometendo também a utilização de outros nutrientes.

O ácido fítico também pode formar complexos insolúveis com proteína e amido (Ravindran et al., 1999). Rojas & Scott (1969) sugeriram que estes complexos têm efeitos adversos na nutrição de frangos. Essa interação acredita-se que seja iônica e dependente de pH (Singh, 2008). Ainda segundo Singh (2008) cita que o complexo binário proteína-fitato está presente em pH ácido e o complexo terciário proteína-mineral-fitato são formados por uma ponte catiônica em pH próximo a neutro.

Várias revisões (Sebastian et al., 1998; Consuegro, 1999; Singh, 2008) têm relatado uma ação redutora do fitato sobre a atividade de algumas enzimas, como

pepsina, tripsina e alfa amilase, afetando a digestibilidade e disponibilidade da proteína e do amido e, conseqüentemente, da energia. Singh & Krikorian (1982) sugeriram que o fitato pode inibir a proteólise por alterar a configuração das enzimas digestivas. De acordo com Liener (1989), citado por Singh (2008), a inibição pode ser resultado dos íons de Ca quelatados ao fitato, os quais são essenciais para a atividade da tripsina e da alfa amilase, ou possivelmente da interação com o substrato por estas enzimas. Corroborando com este relato, em estudo recente, Silva (2004) menciona que os complexos Ca-fitato se unem diretamente ao amido e estes complexos inibem a ação da alfa-amilase.

Neste contexto, o fitato é considerado um fator anti-nutricional na alimentação de aves (Rebollar & Mateos, 1999). A habilidade das aves em utilizar P fítico irá depender da sua capacidade de liberar íons fosfato da molécula de fitato por hidrólise (Singh, 2008). O fitato é hidrolisado pela enzima fitase. Esta enzima tem a atividade muito reduzida na mucosa intestinal de aves, tornando o P fítico pouco disponível.

Vários fatores, como genética, níveis de Ca e P na ração, fibra, vitamina D<sub>3</sub> e idade, podem afetar a atividade da fitase, comprometendo assim, a disponibilidade de P. Em revisão, Singh (2008) afirmou que a atividade da fitase no trato gastrintestinal (TGI) aumenta com a idade das aves e que as linhagens modernas de frangos de corte apresentam maior habilidade de utilização do P fítico, apresentando maior eficiência de absorção. O mesmo autor, ainda cita que, a relação Ca:P é um fator determinante da eficiência da fitase, já que o Ca extra pode formar complexos insolúveis com a fitase ou até mesmo, suprimir a atividade da enzima por competir pelos sítios ativos (Qian et al., 1996).

Mitchell & Edwards (1996) alegam que, a presença de vitamina D<sub>3</sub> na ração aumenta a síntese e a atividade da fitase intestinal, melhorando a absorção de P.

#### **2.2.4.2 Relação Cálcio:Fósforo**

Tem-se visto que a utilização de P pelas aves tem sido influenciada pelo nível de Ca da ração (Underwood & Suttle, 1999), pois, os dois minerais desempenham algumas funções no organismo de maneira conjunta, como a mineralização óssea.

Diferentes consumos de Ca podem alterar a utilização de P devido à alteração na relação Ca:P (Queiroz, 2008). O excesso de Ca interfere na absorção de P por



formar complexos insolúveis no lúmen intestinal, tornando-o assim, menos disponível, além de, dificultar a atividade das fitases, prejudicando a digestão de fitato pela ave (Rebollar & Mateos, 1999). A importância de manter a relação Ca:P disponível das rações dentro de margens estreitas para melhorar a eficácia das fitases tem sido demonstrada em frangos de corte (Qian et al., 1997).

Schoulten et al. (2002) realizaram um experimento para avaliar o efeito dos níveis de Ca na ração sobre a absorção de minerais para frangos de 1 a 21 dias de idade, alimentados com ração contendo fitase, e verificaram que tanto os níveis mais altos como os níveis mais baixos de Ca influenciaram negativamente a absorção de P e que a absorção foi máxima (78,9%) com o nível de 0,88% de Ca na ração. Segundo os autores a redução da absorção de P, quando o nível de Ca é muito baixo, se deve ao desequilíbrio da relação Ca:P total da ração, por outro lado, níveis elevados de Ca inibem o efeito da fitase sobre o aproveitamento do fitato.

Desta forma, para se determinar o nível ótimo de P exigido pelas aves, deve-se considerar que a relação entre os níveis de Ca e P na ração é mais importante do que os níveis absolutos de cada um destes minerais. Este fato foi comprovado por Rama Rao et al. (2006) que encontraram desempenho e teor de minerais no osso similares em frangos alimentados com 6 g de Ca e 3 g de Pd/kg em relação àqueles alimentados com maiores níveis destes minerais (9g de Ca e 4,5 g de Pd/ kg).

Rostagno et al. (2005) recomendam que a relação Ca:Pd deve ser mantida em 2:1. Segundo Scott et al. (1982) a relação Ca:P no osso é pouco maior que 2:1 e varia muito pouco. Rama Rao et al. (2006) afirmam que o conteúdo de cinzas na tíbia de frangos de corte é máximo quando a relação entre Ca e Pd é mantida em 2:1, independente dos níveis destes minerais na ração. Estes mesmos autores verificaram que a excreção de P pelas aves é mínima quando se mantém a relação Ca:Pd em 2:1.

### **2.2.5 Excreção de Fósforo**

O P vem sendo objetivo de muitas pesquisas, devido não somente a sua importância biológica e econômica, mas também pela sua importância ambiental. Segundo Runho et al. (2001), o fato dos frangos de corte consumirem grande quantidade deste mineral, ele é eliminado em abundância nas excretas, atingindo o meio ambiente.

A principal preocupação associada ao P no ambiente seria seu efeito na eutrofização de ecossistemas aquáticos (Schaefer et al., 2000). Altos níveis de P na superfície das águas aumentam o crescimento de bactérias e algas, reduzindo o oxigênio e então resultando na morte de várias espécies aquáticas.

O P que é excretado pelos animais é proveniente de três vias: excesso de P da ração que estava na forma inorgânica e não foi absorvido, o P endógeno proveniente do metabolismo e lise celular e o P do ácido fítico que não foi disponibilizado no TGI (Waldroup, 1999).

Com o objetivo de diminuir a excreção de P pelos animais, diversas estratégias vêm sendo pesquisadas (Waldroup, 1999; Yan et al., 2001). Segundo Angel et al. (2005) e Nahm (2007) entre as estratégias que vêm sendo utilizadas, duas se destacam: a determinação da exigência de P para as linhagens de frangos modernas, com formulações mais próximas a exigência animal e o uso correto de aditivos alimentares que aumentariam a disponibilidade de P para os animais. De acordo com Rebollar & Mateos (1999), para diminuir a excreção, os níveis de P na ração devem estar balanceados com as reais necessidades do animal para cada estágio de produção.

Rodrigues et al. (2007) menciona que, é possível reduzir a excreção de nutrientes em excesso, tornando mais eficiente o aproveitamento dos nutrientes do alimento. Assim, o fornecimento de rações melhor balanceadas para as aves torna-se possível evitar o impacto ambiental da excreção em excesso, principalmente de nitrogênio e fósforo, além de outros elementos.

### **2.2.6 Exigência nutricional de fósforo para frangos de corte**

Visto os diversos fatores que afetam a disponibilidade do P e o fator anti-nutricional do fitato, fica notória a importância de se avaliar os níveis adequados de P disponível para as aves nas diferentes fases de criação e ambiente. Quando as exigências nutricionais não são atendidas, observa-se diminuição do desempenho, aumento da mortalidade e mineralização óssea inadequada (NRC, 1994), o que leva ao desenvolvimento anormal dos ossos e anomalias como raquitismo, osteoporose, degeneração femural, osteodistrofia, discondroplasia da tíbia e etc. (Qian et al., 1996).

A exigência de P vai variar, dependendo da variável considerada e da idade da ave (Rama Rao et al., 2006). É sabido que, geralmente, a exigência de P diminui com a idade (NRC, 1994).

Os trabalhos publicados na literatura sobre exigências nutricionais de P disponível para frangos de corte apresentam discordâncias.

A exigência de P disponível para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, segundo o NRC (1994) e Rostagno et al. (2000) é de, respectivamente, 0,151 e 0,150% de Pd/Mcal de energia metabolizável. No entanto, mais recentemente, Rostagno et al. (2005) preconiza 0,159 e 0,147% de Pd/Mcal de EM para frangos de corte de desempenho superior de 1 a 7 dias e de 8 a 21 dias de idade, respectivamente.

Para a idade de 22 a 42 dias, de acordo com o NRC (1994) e Rostagno et al. (2000) a exigência é de, respectivamente, 0,109 e 0,131% de Pd/Mcal de EM, enquanto Rostagno et al. (2005) preconiza 0,133 e 0,121% de Pd/Mcal de EM para frangos de corte de desempenho superior, respectivamente nos períodos de 22 a 33 e de 34 a 42 dias de idade.

Segundo Lima (1995) as diferenças observadas entre os valores de exigências encontrados pelos pesquisadores podem ser atribuídas a diversos fatores, tais como: inter-relação entre nutrientes; tipo de ração basal; composição nutricional da ração; modelo estatístico; critérios utilizados no estudo de exigência nutricional; sexo, entre outros, já discutidos nesta revisão.

Algumas variáveis têm sido utilizadas para se estimar a exigência de P disponível, tais como, desempenho e grau de mineralização óssea (resistência à quebra de osso, cinza e quantidade de P e Ca no osso).

Na determinação da exigência nutricional de P para aves, deve-se recomendar um nível de P disponível suficiente para um ótimo desempenho dos animais e que garanta uma boa formação e resistência óssea (Gomes et al., 2004; Queiroz, 2008). Corroborando esta afirmação, Stahly (2001) traz que a concentração adequada de P na ração é aquela que irá proporcionar maior deposição de tecido muscular e ainda manter o estoque de P nos ossos.

Gomes et al. (2004) afirmaram que, a formação e a resistência óssea são de grande importância, visto que durante os processos de apanha e abate das aves, existe grande prejuízo econômico em função do significativo índice de descarte de carcaças causado pela quebra de ossos. Conforme Oliveira (2006) o desenvolvimento do

tecido ósseo não tem acompanhado o melhoramento genético, onde se tem obtido linhagens de rápido crescimento, precoces e com maior desenvolvimento muscular, aumentando assim, a incidência de problemas de pernas e fragilidade do osso.

De acordo com Wilcox et al. (1955) as necessidades de P para a deposição de cinzas ósseas são maiores do que para o ganho. Em concordância, Gomes et al. (2004) sugeriram que na determinação da exigência nutricional de Pd para aves é importante considerar que as variáveis relacionadas ao osso são mais sensíveis que as de desempenho.

Este fato foi verificado por Gomes et al. (1994) que, ao trabalharem com frangos de corte nas fases de crescimento e terminação, verificaram maior valor de exigência de Pd para maximizar o desenvolvimento dos ossos do que para otimizar o ganho de peso, na fase de crescimento.

Resultados semelhantes foram obtidos por Runho et al. (2001) onde determinaram que frangos de corte do 1 aos 21 dias de idade exigem 0,48% de P na ração para melhor conversão alimentar e 0,559% para Pd em quantidade (gramas) na tíbia. Similarmente, Yan et al. (2001) estimaram que 0,186% e 0,330% a exigência de Pd para frangos de corte de 3 a 6 semana de idade respectivamente para desempenho e para P no osso.

A tíbia é o osso de crescimento mais rápido no corpo e tem sido extensivamente estudada por ser considerada como o osso mais sensível para deficiência em Ca ou P (Applegate & Lilburn, 2002; Yan et al., 2005). Nelson & Walker (1964) citado por Yan et al. (2005) reportaram que a zona de proliferação de desenvolvimento da tíbia de frangos jovens é especificamente sensível para deficiências nutricionais.

Existe na literatura considerável número de publicações (Gomes et al., 1994; Runho et al., 2001; Gomes et al., 2004; Cortelazzi, 2006) determinando as exigências de P para de frangos de corte. No entanto, pouco se sabe sobre a exigência de P para as aves submetidas ao estresse por calor.

Segundo Belay et al. (1992) a retenção de P em frangos expostos ao estresse por calor é reduzida em razão do aumento da excreção de P pela urina, bem como por uma redução na absorção de P pelo TGI. Em outro estudo, Belay et al. (1993), utilizando aves colostomizadas, observaram que durante o estresse por calor aumentaram as excreções fecais de Ca, P, manganês e selênio.

Ait-Boulahsen et al. (1993) observaram que o estresse por calor reduz os níveis de fosfato inorgânico no plasma sanguíneo de frangos de corte. De forma similar, Usayran et al. (2001) verificaram que poedeiras mantidas sob altas temperaturas (33°C) também apresentaram decréscimo nos níveis séricos de Ca e P, e além disso, houve redução de cinzas e P nos ossos.

Em estudo avaliando a relação entre a temperatura ambiente e ração com diferentes níveis de P (0,2; 0,3; 0,4 e 0,5%) para frangos de corte, Persia et al. (2003) observaram que o estresse por calor crônico resultou na diminuição da exigência de P para frangos em crescimento. Os autores concluíram que esta redução ocorreu provavelmente, em razão de o estresse por calor limitar o crescimento dos animais. Além disso, no mesmo estudo, os autores notaram que o baixo nível de Pd (0,2%) associado a altas temperaturas (35 a 38°C) causou alta mortalidade nos frangos de corte, ressaltando que, como o P faz parte de um importante sistema tampão do organismo sua deficiência prejudica a habilidade das aves em regular o pH do sangue durante o estresse por calor.

Experimento realizado por Bruno (2002) mostrou que a temperatura ambiente afeta o comprimento e a espessura da tíbia e do fêmur de frangos de corte aos 28 dias de idade, onde menores valores foram encontrados nos ossos dos frangos criados em temperatura quente. Em se tratando dos teores de Ca e P no osso, o autor não encontrou diferenças nos teores de Ca dos ossos longos de aves criadas em condições de estresse por calor, estresse por frio e termoneutralidade.

### 3 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEOLA, O.; DILGER, R.N.; ONYANGO, E.M. et al. Utilización del fósforo en aves y ganado porcino. En: **XXI Curso de Especialización FEDNA**. 7 y 8 de Noviembre. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Madrid, España. p.343-365, 2005.
- AIT-BOULAHSEN, A.; GARLICH, J.D; EDENS, F.W. Calcium deficiency and food deprivation improve the response of chickens to acute heat stress. **The Journal Nutrition**, v.123, p.98-105, 1993.
- ANGEL, R.; SAYLOR, W.W.; DHANDU, A.S. et al. Effects of dietary phosphorus phytase and 25-hydroxycholecalciferol on performance of broiler chickens grown in floor pens. **Poultry Science**, v.84, p.1031-1044, 2005
- APPLEGATE, T.J.; LILBURN, M.S. Growth of the Femur and Tibia of a Commercial Broiler Line. **Poultry Science**, v.8, p.1289–1294, 2002.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais - conforto animal**. Viçosa - MG: Editora UFV, 1997. 246 p.
- BELAY, T.C.; WIERNUSZ, C.J.; TEETER, R.G. Mineral balance and urinary and fecal mineral excretion profile of broilers housed in thermoneutral and heat-distressed environments. **Poultry Science**, v.71, p.1043-1047, 1992.
- BELAY, T.C.; BARTELS, E.; WIERNUSZ, C.J. et al. A detailed colostomy procedure and its application to quantify water and nitrogen balance and urine contribution to thermobalance in broilers exposed to thermoneutral and heat-distressed environments. **Poultry Science**, v.72, p.106-115, 1993.
- BERTECHINI, A.G.; ROSTAGNO, H.S.; SILVA, M.A. Efeitos da temperatura ambiente e nível de energia da ração sobre desempenho e a carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.3, p.219-229, 1991.

- BONNET, S.; GERAERT, P.A.; LESSIRE, M. et al. Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. **Poultry Science**, v.76, p.857-863, 1997.
- BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; SILVA, A.V.F. Fisiologia do estresse calórico e utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, v.33, p.975-981, 2003.
- BORRMANN, M.S.L.; BERTECHINI, A.G.; FIALHO, E.T. et al. Efeitos da adição de fitase com diferentes níveis de fósforo disponível em rações de poedeiras de segundo ciclo. **Ciência Agrotécnica**, v.25, p.181-187, 2001.
- BRUNO, L.D.G. **Desenvolvimento ósseo em frangos: Influência da restrição alimentar e da temperatura ambiente**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2002. 77 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2002.
- BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v.24, p.711-714, 1981.
- CAMPOS, A.T. **Determinação dos índices de conforto térmico e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa-MG**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1986. 66p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1986.
- CARDOSO, J.L.A. Produção, processamento e perspectivas do fosfato na alimentação animal. In: MINI simpósio do colégio brasileiro de nutrição animal, 6., 1991, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1991. p.35-52.
- CONSUEGRO, J.P. Uso de fitasa microbiana em dietas para avicultura. **Industria Avícola**, Illinois, v.46,p.27-28, maio 1999.
- CORTELAZZI, C.Q.L. **Fósforo disponível para frangos de corte em fosfatos para alimentação animal**. Pirassununga: Universidade de São Paulo, 2006. 62p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade de São Paulo, 2006.
- CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames, Iowa:Iowa State University Press, 1983.
- DELL'ISOLA, A.T.P.; VELOSO, J.A.F.; BAIÃO, N.C., et al. Efeito do óleo de soja em dietas com diferentes níveis de cálcio sobre a absorção e retenção óssea de cálcio e de fósforo em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, agosto, 2003.
- FERREIRA, R.A. Efeitos do estresse térmico na alimentação de suínos, In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, 1998, Viçosa. **Anais...** Viçosa: CONEZ, 1998, p.349-370.

- FIGUEIRÈDO, A.V. **Disponibilidade biológica do fósforo de cinco fosfatos, determinada em suínos em crescimento através da técnica de diluição isotópica**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1998. 103p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 1998.
- FURLAN, R.L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**, 2 ed. Jaboticabal: Funesp, 2002, p.209-230.
- FURLAN, R.L. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 7., 2006, Chapecó. **Anais...** Chapecó, 2006, p.104-135.
- GOMES, P.C.; GOMES, M.F.M.; ALBINO, L.F.T. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.615-622, 1994.
- GOMES, P.C.; RUNHO, R.C.; DÁGOSTINI, P. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 22 a 42 e de 43 a 53 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1734-1746, 2004.
- HARLAND, B.F.; NARULA, G. Food phytate and its hydrolysis products. **Nutrition Research**, v.19, p.947-961, 1999.
- HEMME, A.; SPARK, M.; WOLF, P. et al. Effects of different phosphorus sources in the diet bone composition and stability (breaking strength) in broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.89, p.129-133, 2005.
- HUFF, W.E.; MOORE JR, P.A.; WALDROUP, P.W. et al. Effect of dietary phytase and high available phosphorus corn on broiler chicken performance. **Poultry Science**, v.77, p.1899–1904, 1998.
- LAGANÁ, C. **Otimização da produção de frangos de corte em condições de estresse por calor**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 180p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- LANA, G.R.Q.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. et al. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho e a composição de carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1117-1123, 2000.
- LIMA, I.L. **Disponibilidade de fósforo e de flúor de alguns alimentos e exigência nutricional de fósforo para frangos de corte**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 121p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.



- MACARI, M. Estresse de calor em aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.686-716.
- MACARI, M.; FURLAN, R.L.; MAIORKA, A. Aspectos fisiológicos e de manejo para manutenção da homeostase e controle de síndromes metabólicas. In: MENDES, A.A.; NAAS, I.A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas: Facta, 2004, p.137-156.
- MARTINS, B.A.B. **Determinação da biodisponibilidade relativa de fósforo para frangos de corte em farelo de trigo, soja integral tostada e soja integral extrusada com e sem adição de fitase microbiana à dieta**. Pirassununga: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, 2003. 148p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, 2003.
- MCDOWELL, R.L. **Minerals in animal and human nutrition**. 1.ed. San Diego: Academic Press, 1992. 524p.
- MITCHELL, R.D.; EDWARDS, H.M. Effect of phytase and 1, 25-dihydroxycholecalciferol on phytate utilization and the quantitative requirement for calcium and phosphorus in young broiler chickens. **Poultry Science**, v.75, p.95-110, 1996.
- MOURA, D.J. Ambiência na produção de aves de corte. In: SBEA. 1 ed, 2001, Piracicaba. **Ambiência na produção de aves em clima tropical...** Piracicaba: NUPEA- ESALQ/ USP, 2001, v.2, p.75-148.
- NAHM, K.H. Efficient phosphorus utilization in poultry feeding to lessen the environmental impact of excreta. **World's Poultry Science Journal**, v.63, p.625-654, 2007.
- NASCIMENTO, A.H.; SILVA, M.A.; LIMA, I.L. Níveis nutricionais utilizados para frangos de corte pela indústria no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 2005, Viçosa. **Anais...** Viçosa, 2005. p.331-348.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirements of poultry**. 9.ed. Washington, National Academic Science: 1994. 155p.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger Princípios da Bioquímica**. 4.ed. São Paulo: Sarvier, 2006. 1200p.
- OJANO-DIRAIN, C.P.; WALDROUP, P.W. Protein and amino acid needs of broilers in warm weather: A Review. **International Journal of Poultry Science**, v.1, p.40-46, 2002.
- OLIVEIRA, A.F.G **Estudo do padrão de crescimento ósseo em frangos de corte de diferentes grupos genéticos criados em duas densidades populacionais**.

Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2006. 58 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, 2006.

OLIVEIRA NETO, A.R. **Efeito de níveis de energia da ração e da temperatura ambiente sobre o desempenho e parâmetros fisiológicos de frangos de corte.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 111p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.

PERSIA, M.E; PARSONS, C.M.; KOELKEBECK, K.W. Interrelationship between environmental temperature and dietary nonphytate phosphorus in chicks. **Poultry Science**, v.82, p.1616-1623, 2003.

PERSIA, M.E.; SAYLOR, W.W. Effects of broilers strain, dietary nonphytate phosphorus, and phytase supplementation on chick performance and tibia ash. **Journal Applied Poultry Research**, v.15, p.72-81, 2006.

PIASENTIM, J.A. **Conforto medido pelo índice de temperatura de globo negro e umidade relativa na produção de frangos de corte para dois tipos de piso em Viçosa, MG.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1984. 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.

PIZZOLANTE, C.C. **Estabilidade de fitase e sua utilização na alimentação de frangos de corte.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 117p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2000.

PLAVNIK, I.; YAHAV, S. Effect of environmental temperature on broiler chickens subjected to growth restriction at an early age. **Poultry Science**, v.77, p.870-872, 1998.

QIAN, H.; VEIT, H.P.; KORNEGAY, E.T. et al. Effects of supplemental phytase and phosphorus on histological and other tibia bone characteristics and performances of broilers fed semi-purified diets. **Poultry Science**, v.75, n.5, p.618-626, 1996.

QIAN, H.; KORNEGAY, E.T.; DENBOW, D.M. Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol, and the calcium: total phosphorus ratio in broilers diets. **Poultry Science**, v.76, p.37-46, 1997.

QUEIROZ, L.S.B. **Biodisponibilidade relativa de fósforo de fosfatos comerciais para frangos de corte na fase inicial.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. 69p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

RAMA RAO, S.V.; RAJU, M.V.L.N.; REDDY, M.R. et al. Interaction between dietary calcium and non-phytate phosphorus levels on growth, bone mineralization and mineral excretion in commercial broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.131 p.133–148, 2006.

- RAVINDRAN, V.; CABAUG, S.; RAVINDRAN, G. et al. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility in feedstuffs for broilers. **Poultry Science**, v.78, p.699–706, 1999.
- REBOLLAR, P.G.; MATEOS, G.G. El fósforo en la nutrición animal. Necesidades, valoración de materias primas y mejora de la disponibilidad. En: **XV curso de Especialización FEDNA**. 6 y 7 de junio. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Madrid, España. p.20-63, 1999.
- RODRIGUES, P.B.; BRITO, J.A.G.; SILVA, E.L. et al. Manejo da dieta para reduzir o impacto ambiental da excreção de nutrientes na avicultura. In: SEMINÁRIO DE AVES E SUÍNOS – AVESUI REGIÕES, 7, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2007, p.53-72.
- ROJAS, S.W.; SCOTT, M.L. Factors affecting the nutritive value of cottonseed meal as a protein source in chick diets. **Poultry Science**, v.48, p.819-835, 1969.
- ROSA, P.S. **Desempenho e concentrações de alguns componentes do metabolismo intermediário de frangos com potencial de crescimento diferenciado submetido ao estresse por calor**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, 2005. 101p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, 2005.
- ROSTAGNO, H.S. Programas de alimentação e nutrição para frangos de corte adequados ao clima. In: COFERÊNCIA APINCO, 1995, Campinas. **Simpósio Internacional Sobre Ambiente e Instalações na Avicultura Industrial...** Campinas, 1995, p.11-19.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2000. 141p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.
- RUNHO, R.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.187-196, 2001.
- SAHIN, K.; OZBEY, O.; ONDERCI, M. et al. Supplementation can alleviate negative effects of heat stress on egg production, egg quality and some serum metabolites of laying Japanese quail. **Journal Nutrition**, v.132, p.1265-1268, 2002.
- SAKOMURA, N.K. Influência da temperatura ambiente sobre a exigência nutricional de aves (Frangos de corte, Matrizes e Galinhas de postura). In: CONFERÊNCIA APINCO, 1998, Campinas. **Simpósio Internacional Sobre Instalações e Ambiente...** Campinas, 1998 p. 267-291.

- SCHAEFER, C.E.; ALBUQUERQUE, M.A.; CHARMELO, L.L et al. Elementos da paisagem e a gestão da qualidade ambiental. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, jan/fev, 2000.
- SCHOULTEN, N.A.; TEIXEIRA, A.S.; BERTECHINI, A.G. et al. Efeito dos níveis de cálcio sobre a absorção de minerais em dietas iniciais para frangos de corte suplementadas com fitase. **Ciência Agrotécnica**, v..26, n.6, p.1313-1321, 2002.
- SCOTT, M.L.; NESHEIN, M.C.; YOUNG, R.J. **Nutrition of the chicken**. 3. ed. New York: Ithaca, 1982. 562p.
- SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S.P.; CHAVEZ, E.R. Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: a review. **World's Poultry Science**, v.54, p. 27-47, 1998.
- SHAFEY, T.M.; MCDONALD, M.W.; PYM, R.A.E. Effects of dietary calcium, available phosphorus and vitamin D on growth rate, food utilization, plasma and bone constituents and calcium and phosphorus retention of commercial broiler strains. **British Poultry Science**, v.31, p.587–602, 1990.
- SILVA, C.E. **Comparação de painéis evaporativos de argila expandida e celulose para sistema de resfriamento adiabático do ar em galpões avícolas com pressão negativa em modo túnel**. 2002. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- SILVA, Y.L. **Redução dos níveis de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte: desempenho, digestibilidade e excreção de nutrientes**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004. 228p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2004.
- SINGH, M.; KRIKORIAN, A.D. Inhibition of trypsin activity in vitro by phytate. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.30, p.799-800, 1982.
- SINGH, P.K. Significance of phytic acid and supplemental phytase in chicken nutrition: A review. **World's Poultry Science Journal**, v.64, p.553-580, 2008.
- SIQUEIRA, J.C. **Níveis de lisina digestível da ração e temperatura ambiente para frangos de corte**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 54p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- STAHLY, T.S. [2001]. Nutrient needs for high lean pigs. **Manitoba agriculture, food and rural initiatives**. Disponível em: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/pork/swine/bab10s13.html> Acesso em: 01/10/2008.
- SUMMERS, J.D. Precision phosphorus nutrition. **Journal Applied Poultry Research**, v.6, p.495-500, 1997.

- UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **The mineral nutrition of livestock**. 3.ed. New York: CAB International, 1999. 614p.
- USAYRAN, N.; FARRAN, M.T.; AWADALLAH, H.H.O. Effects of added dietary fat and phosphorus on the performance and egg quality of laying hens subjected to a constant high environmental temperature. **Poultry Science**, v.80, p.1695-1701, 2001.
- VALERIO, S.R.; OLIVEIRA, R.F.M; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações, em que se manteve ou não a relação aminoácídica para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, mantidos em estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.361-371, 2003.
- WALDROUP, P.W. Nutritional approaches to reducing phosphorus excretion by poultry. **Poultry Science**, v.78, p.683-691, 1999.
- WALDROUP, P.W.; KERSEY, J.H.; SALEH, E.A. et al. Nonphytate phosphorus requirements and phosphate excretion of broiler chicks fed diets composed of normal or high available phosphate corn with and without microbial phytase. **Poultry Science**, v.79, p.1451-1459, 2000.
- WILCOX, R.A.; KOHLMAYER, W.; CARLSON, W. et al. The availability of phosphorus from different sources for poultry fed practical type diets. **Poultry Science**, v.34, p.1017-1023, 1955.
- YAHAV, S.; GOLDFELD, S.; PLAVNIK, I. et al. Physiological responses of chickens and turkeys to relative humidity during exposure to high ambient temperature. **Journal Thermal Biology**, v.20, n.3, p.245-253, 1995.
- YAN, F.; KERSEY, J.H.; WALDROUP, P.W. Phosphorus requirements of broiler chicks three to six weeks of age as influenced by phytase supplementation. **Poultry Science**, v.80, p.455-459, 2001.
- YAN, F.; KEEN, C.A.; ZHANG, K.Y. et al. Comparison of methods to evaluate bone mineralization. **Journal Applied Poultry Research**, v.14, p.492-498, 2005.

## CAPÍTULO 1

### **Níveis de fósforo disponível para frangos de corte machos de 8 a 21 dias de idade mantidos em termoneutralidade e ambiente de alta temperatura**

**RESUMO** – Dois ensaios foram conduzidos para avaliar níveis de Pd na ração de frangos de corte machos mantidos em diferentes ambientes térmicos. No 1º ensaio, foram avaliados desempenho e variáveis ósseas, sendo utilizados frangos de corte dos 8 a 21 dias de idade, mantidos em alta temperatura (35°C) e termoneutralidade (29°C de 8 a 15 dias e 27°C de 16 a 21 dias). No 2º ensaio, de metabolismo de P, foi utilizado frangos dos 8 aos 15 dias, mantidos em alta temperatura (35°C) e termoneutralidade (29°C). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco níveis de Pd: 0,25; 0,33; 0,41; 0,49 e 0,57% e dois ambientes térmicos) com nove e oito repetições para os ensaios 1 e 2, respectivamente. Foram utilizadas dez aves/repetição, para análise de desempenho e cinco aves para o ensaio de metabolismo. Os níveis de Pd influenciaram o consumo de ração e o ganho de peso, que aumentaram de forma quadrática até o nível estimado de 0,46%, no termoneutro e no calor, porém, o modelo LRP foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando em 0,34 e 0,35% o nível de Pd, respectivamente. Não houve efeito dos níveis de Pd sobre a conversão alimentar no ambiente de calor, enquanto no termoneutro melhorou de forma quadrática até o nível estimado de 0,45% de Pd, sendo que o modelo LRP foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando em 0,34%. Em ambos os ambientes térmicos, a % de Ca e P no osso aumentaram de forma quadrática até os níveis estimados de 0,46 e 0,47% de Pd. No termoneutro, os níveis de Pd na ração influenciaram de forma quadrática a excreção de P que diminuiu até o nível estimado de 0,29%, e a retenção de P e o coeficiente de retenção de P, que aumentaram até os níveis estimados, respectivos, de 0,54 e 0,40%. No calor, os tratamentos influenciaram a excreção e a retenção de P, que aumentaram de forma linear, enquanto, o coeficiente de retenção de P aumentou de forma quadrática, em função dos níveis de Pd, até o nível estimado de 0,38%. Concluiu-se que os níveis estimados, respectivos, de 0,35 e 0,47% de Pd proporcionaram, melhores resultados de desempenho e variáveis ósseas de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade mantidos em termoneutralidade e alta temperatura.

**Palavras chaves:** ambiente térmico, excreção mineral, exigência nutricional

## **Available phosphorus levels in diets for male broilers from 8 to 21 days of age kept in high temperature and thermoneutral environment**

**ABSTRACT** – Two trials were conducted to evaluate available phosphorus (AP) in diets for male broilers kept in different thermal environments. The first experiment to evaluate performance and bone parameters it were used broilers from 8 to 21 days of age kept in high temperature (35°C) and thermoneutral environment (29°C from 8 to 15 days and 27°C from 16 to 21 days). The second experiment was to determine the phosphorous (P) excreted and retention of broilers from 8 to 15 days of age kept in high temperature (35°C) and thermoneutral environment (29°C). The birds were distributed in a complete randomized experimental design in a 5 x 2 factorial scheme (five AP levels: 0.25; 0.33; 0.41; 0.49 and 0.57% and two thermal environments) with nine and eight repetitions for experiment one and two, respectively. Six birds were used per repetition for performance and five birds for P metabolism. The levels of AP influenced the feed intake and weight gain which increased in a quadratic form up to the estimated level of 0.46%, for thermoneutral and heat environments, however, the LRP model better adjusted to data, where the 0.34 and 0.35% AP levels were estimated, for both thermal environments, respectively. Feed conversion ratio (FCR) of birds challenged by heat was not significantly effect by the levels of AP, while in thermoneutral environment, the FCR improved in a quadratic way with the increase of AP levels until the estimated level of 0.45%, but, the LRP model better adjusted to data estimated at 0.34% the AP level. In both environments the % of calcium and P in the bone increased in quadratic form, respectively, up to the estimated levels of 0.46 and 0.47% of AP. In thermoneutral environment, it was observed a quadratic effect of the AP levels on P excreted (PE) which decreased up to the estimated level of 0.29% and on P retention (PR) and P retention coefficient (PRC) that increased up to the estimated levels of 0.54 and 0.40%, respectively. In heat stress the treatments have influenced the PE and PR in a linear form. The PRC increased in a quadratic form, with the increase of th AP levels, until the estimated level of 0.38%. It was concluded the estimated levels, respectively, 0.35 and 0.47% of AP provided the better results of performance and bone parameters of broilers from 8 to 21 days of age kept in thermoneutral and high temperature environment.

**Keywords:** mineral excretion, nutritional requirement, thermal environment

## Introdução

A avicultura brasileira é referência mundial no fomento de tecnologia e produção. O nível geral de tecnologia aplicada à indústria de aves do país é dos mais elevados, particularmente no que se refere à indústria de rações. A alimentação é responsável por 70 a 80% do custo total de produção. Neste contexto, a suplementação mineral é responsável por uma parcela significativa no custo das rações, enfatizando-se a importância de conhecer as exigências nutricionais de minerais para frangos de corte.

O fósforo (P) é uma mineral essencial no metabolismo animal por desempenhar importante função no desenvolvimento e manutenção da estrutura óssea, além de ter um papel de destaque nas transformações metabólicas de energia nas células (Saraiva, 2006), entre outras funções.

Devido à grande importância biológica do P, o seu fornecimento como nutriente é essencial nas rações. As rações de frangos de corte formuladas à base de milho e farelo de soja são deficientes em P disponível, não atendendo a exigência nutricional da ave para este mineral, tornando necessária a suplementação de P nas rações através de fontes minerais consideradas como totalmente disponíveis para as aves (Queiroz, 2008). Entre elas, se destaca o fosfato bicálcico, que é a principal fonte inorgânica de P usada na alimentação de frangos de corte.

O conhecimento das exigências nutricionais de frangos de corte também é necessário porque, com o constante melhoramento genético das aves, as linhagens de frangos têm adquirido capacidade de expressar mais rápido seu potencial produtivo, que, só é eficientemente aproveitado, quando se tem, além de outros fatores, fornecimento adequado dos nutrientes exigidos pelas aves (Runho et al., 2001).

É importante considerar nas atualizações dos padrões nutricionais a temperatura ambiente em que as aves são mantidas, para determinação dos níveis nutricionais adequados para as condições ambientais específicas da criação. Rostagno et al. (2005), afirmaram que nos estudos de exigências nutricionais ficou evidente a existência da influência da temperatura ambiente no desempenho de frangos de corte.

Assim, este estudo foi realizado para avaliar os níveis de P disponível na ração para frangos de corte de 8 a 21 dias de idade mantidos em termoneutralidade e ambiente de alta temperatura.



## **Material e Métodos**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Bioclimatologia Animal do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

### **Experimento 1 – Avaliação do desempenho e variáveis ósseas**

Foram utilizados 900 frangos de corte machos, da linhagem Cobb<sup>®</sup>, vacinados contra as doenças de Marek e Bouba aviária, mantidos em câmaras climáticas com temperatura do ar e umidade relativa controladas, durante o período de 8 a 21 dias de idade. Sendo que, 450 frangos foram mantidos em ambiente termoneutro (29°C de 8 a 15 dias; e 27°C de 16 a 21 dias) e 450 em ambiente de alta temperatura (35°C). As câmaras climáticas foram ajustadas para permanecerem com temperaturas constantes e umidade relativa entre 65 e 75%.

Até os 7 dias, as aves foram criadas em galpão convencional, sendo manejadas conforme o manual de criação da linhagem (Cobb, 2005), e recebendo ração com 3.000 kcal de EM/kg e 1,36% de lisina digestível para satisfazer suas exigências nutricionais, segundo Rostagno et al. (2005), inclusive a exigência de Pd.

No 8º dia de idade, os frangos, com peso inicial de  $160,3 \pm 13,5$  g, foram transferidos para as câmaras climáticas, quando teve início o período experimental. As aves foram alojadas no interior das câmaras, em baterias, com piso telado de área igual a  $0,72 \text{ m}^2/\text{compartimento}$ , providos de comedouros e de bebedouros tipo calha.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco níveis de fósforo disponível - Pd e dois ambientes térmicos), com nove repetições e dez aves por unidade experimental, para análise de desempenho. Para análise de variáveis ósseas foram utilizadas duas aves por gaiola.

As condições ambientais no interior das salas, temperatura e umidade relativa do ar, foram monitoradas e registradas diariamente, duas vezes ao dia (07h30 e 17h30), por meio de termômetros (bulbo seco, bulbo úmido e de globo negro) mantidos no centro das salas. Posteriormente, estes dados foram convertidos no Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), conforme proposto por Buffington et al. (1981), para a caracterização do ambiente.

O programa de luz adotado durante o período experimental foi o contínuo (24 horas de luz artificial), utilizando lâmpadas fluorescentes.

Durante o período experimental, as aves receberam rações experimentais (Tabela 1) formuladas à base de milho e farelo de soja e suplementadas com minerais e vitaminas para atender às suas exigências nutricionais, segundo as recomendações de Rostagno et al. (2005), exceto para o Pd.

Os tratamentos, que consistiram de diferentes níveis de Pd, foram constituídos de uma ração basal e outras quatro rações obtidas pela suplementação de fosfato bicálcico à ração basal, em substituição ao inerte e ao calcário calcítico, resultando em rações experimentais com 0,25; 0,33; 0,41; 0,49; e 0,57% de Pd, mantendo o nível de cálcio (Ca) constante em 0,899% para todos os tratamentos. O Pd dos alimentos utilizados nas rações experimentais foi calculado a partir do P total, considerando 33% de disponibilidade, como descrito por Rostagno et al. (2005).

O fornecimento das rações experimentais e de água às aves foi à vontade durante o período experimental, sendo a água trocada três vezes ao dia.

As variáveis avaliadas foram: ganho de peso, consumo de ração e de Pd, conversão alimentar e teor de cálcio (Ca) e P no osso.

Ao final do período experimental (21º dia), os frangos foram pesados e duas aves de cada unidade experimental, com peso mais próximo à média da gaiola ( $\pm 10\%$ ), foram abatidas por deslocamento da cervical, sendo retirada a tíbia direita de cada ave, formando um “pool” de duas amostras por repetição, que foi congelada para posterior análise laboratorial.

Após o descongelamento, as tíbias foram descarnadas e pré-secas em estufa a 65°C por 72 horas. Em seguida, as amostras foram pré-desengorduradas em extrator Soxhlet e levados à estufa a 65°C para secagem, sendo, posteriormente, trituradas em moinho de bola. As análises laboratoriais para determinação de matéria seca, dos teores de P e de Ca das rações experimentais e dos ossos foram realizadas no Laboratório da Rodes Química Cajati - LTDA, em Cajati – São Paulo.

As variáveis estudadas foram analisadas utilizando-se o Sistema de Análises Estatística e Genética – SAEG (UFV, 2003). Independente do efeito da interação, ser ou não significativa, optou-se pelo desdobramento dos dados. Os valores de exigência de Pd foram estimados por meio de modelos de regressão linear, quadrático e/ou descontínuo “Linear Response Plateau” (LRP), conforme o melhor ajuste dos dados, sendo expressos em porcentagem e em gramas/ave.

Tabela 1 - Composições centesimal e calculada das rações experimentais

Ingredientes (%)	Tratamentos				
	1	2	3	4	5
Milho (7,8%)	55,743	55,743	55,743	55,743	55,743
Farelo de soja (45%)	35,638	35,638	35,638	35,638	35,638
Óleo vegetal	3,743	3,743	3,743	3,743	3,743
Fosfato bicálcico	0,764	1,196	1,629	2,061	2,495
Calcário	1,588	1,312	1,036	0,760	0,483
Inerte <sup>1</sup>	0,700	0,544	0,387	0,231	0,074
Sal comum	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503
DL – Metionina (99%)	0,270	0,270	0,270	0,270	0,270
L-Lisina HCL (78,5%)	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211
L-Treonina	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
Premix inicial <sup>2</sup>	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
Anticoccidiano <sup>3</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto de colina 60%	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Antibiótico <sup>4</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Antioxidante <sup>5</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição calculada<sup>6</sup></b>					
EM (kcal/kg)	3050	3050	3050	3050	3050
Proteína bruta (%)	21,16	21,16	21,16	21,16	21,16
Met + cist digestível (%)	0,844	0,844	0,844	0,844	0,844
Lisina digestível (%)	1,189	1,189	1,189	1,189	1,189
Treonina digestível (%)	0,773	0,773	0,773	0,773	0,773
Triptofano digestível (%)	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233
Cálcio (%)	0,899	0,899	0,899	0,899	0,899
Sódio (%)	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218
Fósforo total (%)	0,470	0,550	0,630	0,710	0,790
Fósforo disponível (%)	<b>0,250</b>	<b>0,330</b>	<b>0,410</b>	<b>0,490</b>	<b>0,570</b>

<sup>1</sup> Caulim

<sup>2</sup> Composição por kg de produto: vit. A - 2.000.000 UI; vit. D3 - 375.000 UI; vit. E - 6.666,6mg; vit K3 - 500mg; vit. B12 - 4.000µg; vit. B1 - 400 mg; vit B2 - 2.000mg; piridoxina - 333mg; biotina - 30mg; ácido fólico - 300mg; ácido pantotênico - 2.500mg; ácido nicotínico - 7.000mg; colina - 108,3g; m,metionina - 366,7g; agente anticoccidiano - 8,33g; antibiótico - 8,33g; antioxidante - 2,0g; ferro - 10.330mg; cobre - 15.500mg; magnésio - 12.500mg; zinco - 10.000mg; iodo - 200mg; selênio - 30mg; e veículo QSP - 1.000 g.

<sup>3</sup> Salinomicina sódica - 60 ppm

<sup>4</sup> Avilamicina (10%)

<sup>5</sup> Hidroxi-butil-tolueno - BHT

<sup>6</sup> Segundo Rostagno et al. (2005).

## Experimento 2 – Ensaio de metabolismo

Para a determinação do balanço de fósforo (P), foi conduzido um ensaio metabólico utilizando o método tradicional de coleta total de excretas.

Foram utilizados 400 frangos de corte machos, da linhagem Cobb<sup>®</sup>, vacinados contra as doenças de Marek e Bouba aviária, mantidos em câmaras climáticas com temperatura do ar e umidade relativa controladas, durante o período experimental. 200 frangos foram mantidos em ambiente termoneutro (29°C) e 200 em ambiente de alta temperatura (35°C). As câmaras climáticas foram ajustadas para permanecerem com temperaturas constantes e umidade relativa entre 65 e 75%.

O período experimental, dos 8 aos 15 dias de idade das aves, compreendeu um período de três dias (8º a 10º dia) de adaptação e um outro de cinco dias (11º a 15º dia) para coleta total das excretas.

Até o 7º dia de idade, as aves foram criadas em galpão convencional, sendo manejadas conforme o manual de criação da linhagem Cobb (2005), e recebendo ração com 3.000 kcal de EM/kg e 1,36% de lisina digestível para satisfazer suas exigências nutricionais, segundo Rostagno et al. (2005).

No 8º dia de idade, os frangos com peso inicial de  $155,1 \pm 9,95$  g, foram transferidos para as câmaras climáticas, quando teve início o período experimental. As aves foram alojadas no interior das câmaras, em baterias, providas de comedouros e de bebedouros tipo calha. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco níveis de Pd e dois ambientes térmicos), com oito repetições e cinco aves por unidade experimental.

O procedimento de monitoramento das condições ambientais no interior das salas, o programa de luz adotado, o manejo de água e ração e a composição das rações experimentais utilizadas foram idênticos aos descritos no experimento 1.

Após o período de adaptação, os comedouros foram esvaziados, limpos e realizadas as pesagens das rações a serem fornecidas, a fim de determinar o consumo de cada unidade experimental. As excretas foram coletadas durante cinco dias e duas vezes ao dia (8:00h e 16:00h), evitando assim, o início do processo fermentativo. Durante a coleta, foram retirados resíduos de ração e penas. As excretas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em freezer até o período final de coleta. Posteriormente, as amostras descongeladas, pesadas, homogeneizadas e alíquotas de 500 g foram pré-secas em estufa a 65°C por 72 horas. Em seguida, foram moídas em moinho tipo faca, com peneira de 2 mm, e acondicionadas para subseqüentes análises laboratoriais.

As análises laboratoriais para determinação de matéria seca (MS) e dos teores de P das excretas foram realizadas no Laboratório da Rodes Química Cajati - LTDA, em Cajati – São Paulo.

Para o cálculo do coeficiente de retenção de fósforo (CRP) foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{CRP} = \frac{\text{P ingerido (g)} - \text{P excretado (g)}}{\text{P ingerido (g)}} \times 100$$

As variáveis estudadas foram analisadas utilizando-se o Sistema de Análises Estatística e Genética – SAEG (Universidade Federal de Viçosa, 2003). Independente do efeito da interação optou-se pelo desdobramento dos dados.

## Resultados e Discussão

### Experimento 1 – Avaliação do desempenho e variáveis ósseas

Durante o período experimental a temperatura do ar no ambiente de termoneutralidade manteve-se em  $28,8 \pm 0,69^{\circ}\text{C}$  e  $26,5 \pm 0,47^{\circ}\text{C}$  e a umidade relativa em  $69,0 \pm 3,6\%$  e  $63,0 \pm 6,6\%$ , correspondendo a um índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) calculado de  $78,0 \pm 0,8$  e  $75,0 \pm 0,9$ , respectivamente, para os períodos de 8 a 15 e 16 a 21 dias de idade.

No ambiente de alta temperatura, a temperatura do ar durante o período de 8 a 21 dias de idade foi mantida em  $35,2 \pm 0,37^{\circ}\text{C}$  e a umidade relativa em  $63,0 \pm 5,3\%$ , correspondendo a um ITGU calculado de  $86,0 \pm 0,8$ .

Considerando que de acordo com o manual de criação da linhagem Cobb (2005) e com a proposição de Roncbi (2004) a temperatura ótima de criação dessas aves corresponde a  $29^{\circ}\text{C}$  para o período de 8 a 15 dias de idade e a  $26^{\circ}\text{C}$  para o período de 16 a 21 dias, pode-se considerar que os ambientes de termoneutralidade e de alta temperatura ficaram caracterizados neste estudo.

Ainda com relação ao ambiente de alta temperatura, a condição de desconforto térmico por calor a que as aves foram expostas, também ficou evidenciada pelo alto valor de ITGU ( $86,0 \pm 0,8$ ). Essa proposição fundamentou-se no fato de que o ITGU de 80,5 foi definido como de ambiente de estresse por calor para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade segundo Valerio et al. (2003).

Os níveis de Pd influenciaram o consumo de ração (CR) das aves nos ambientes termoneutro ( $P < 0,01$ ) e de calor ( $P < 0,06$ ) (Tabela 2), que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,46%. Resposta similar de variação significativa no CR de frangos de corte na fase inicial de crescimento em função dos níveis de Pd também foi verificada por Gomes et al. (1993), Snow et al. (2004) e Rama Rao et al. (2006).

Embora o CR das aves mantidas em diferentes ambientes térmicos tenha aumentado de forma quadrática, o modelo Linear Response Plateau – LRP (Figura 1) foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando em 0,34 e 0,35% o nível de Pd a partir do qual ocorreu um platô, respectivamente para os ambientes termoneutro e de calor.

Tabela 2 - Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e consumo de fósforo disponível (CPd) de frangos de corte na fase de 8 a 21 dias de idade, recebendo diferentes níveis de fósforo disponível na ração, mantidos em diferentes ambientes térmicos

Variável	Níveis de fósforo disponível (%)					Média	CV (%)
	0,25	0,33	0,41	0,49	0,57		
Termoneutralidade (29/27°C)							
CR <sup>1</sup> (g)	826	907	930	905	918	897a	3,28
GP <sup>1</sup> (g)	607	694	709	697	696	681a	4,19
CA <sup>1</sup>	1,36	1,31	1,31	1,30	1,31	1,32b	2,43
CPd <sup>4</sup> (g)	2,06	2,99	3,81	4,43	5,23	3,70a	3,47
Alta Temperatura (35°C)							
CR <sup>2</sup> (g)	648	686	698	694	696	684b	4,58
GP <sup>3</sup> (g)	453	478	490	489	482	479b	6,01
CA	1,43	1,43	1,42	1,42	1,44	1,43a	2,96
CPd <sup>4</sup> (g)	1,62	2,26	2,86	3,40	3,95	2,82b	5,28

<sup>1, 2, e 3</sup> Efeito quadrático (P<0,01), (P<0,06) e (P<0,08), respectivamente.

<sup>4</sup> Efeito linear (P<0,01).

Médias seguidas de letras diferentes para cada variável entre os ambientes diferem pelo teste F (P<0,05).

Em estudos conduzidos por Runho et al. (2001) e Persia & Saylor (2006) também ficou caracterizado que a influência do nível de Pd sobre a ingestão voluntária de ração pelos pintainhos independia do sexo e da linhagem das aves. Em contrapartida, os dados obtidos divergem dos encontrados por Persia et al. (2003), que embora tenham verificado efeito significativo dos níveis de Pd sobre o CR dos frangos de corte dos 8 aos 22 dias mantidos no ambiente termoneuro (25°C), não constataram variação significativa na ingestão voluntária de alimentos quando as aves foram expostas ao ambiente de calor (37°C). A divergência de resultados entre os estudos conduzidos no ambiente de calor, pode estar relacionada entre outros fatores, à diferença na intensidade do estresse utilizado (35 x 37°C).

Com os dados de CR obtidos nesse estudo, ficou evidenciado que independente do ambiente térmico a que as aves foram expostas, o baixo nível de Pd influenciou negativamente o consumo voluntário de ração. Segundo proposição de Grazillo (1996), a diminuição do apetite dos frangos ocorre em consequência da redução do seu metabolismo basal ocasionado pelo baixo nível de fósforo da ração.

Foi observado efeito significativo do nível de Pd da ração sobre ganho de peso (GP) dos frangos, tanto no ambiente termoneuro (P<0,01) quanto no de alta temperatura (P<0,08), que aumentou (Tabela 2) de forma quadrática até o nível estimado de 0,46%. De forma similar ao CR, os dados de GP dos frangos mantidos

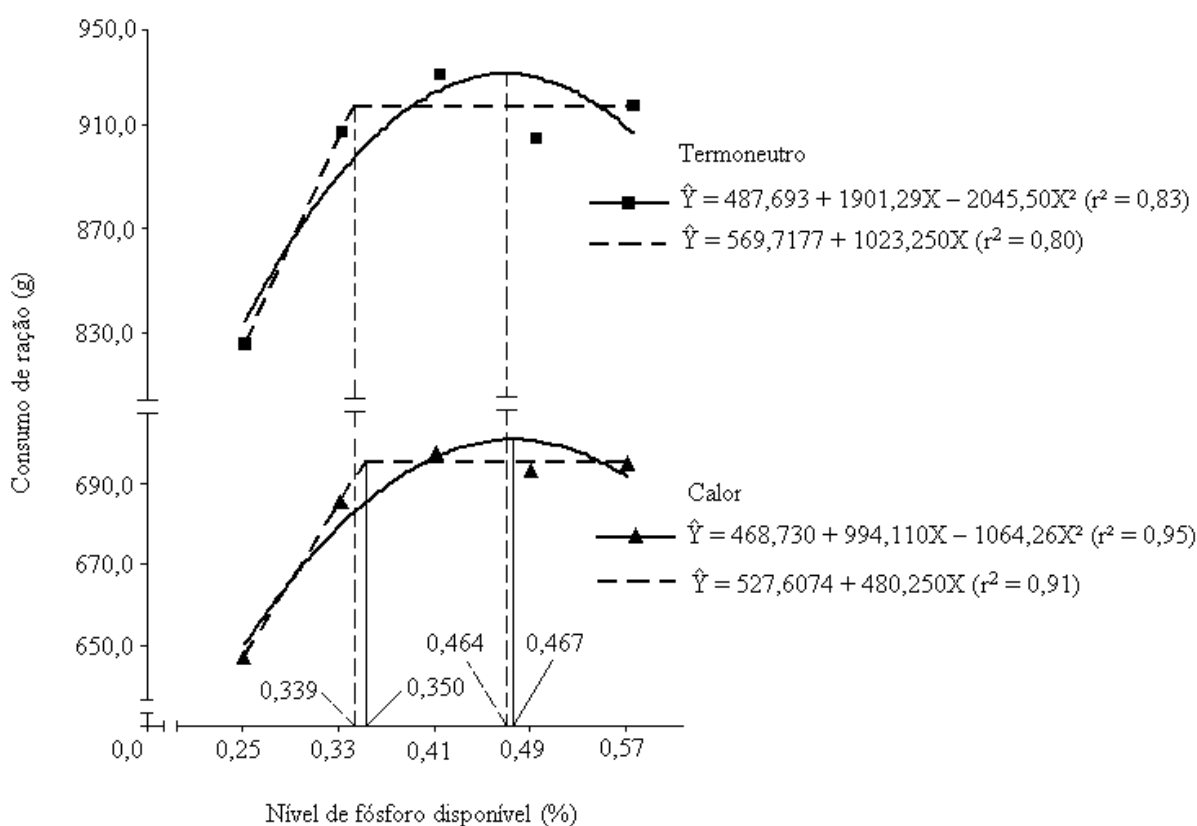


Figura 1 – Consumo de ração (g) de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

em ambientes de termoneutralidade e de calor ajustaram-se melhor ao modelo LRP (Figura 2), que estimou em 0,34 e 0,35% o nível de Pd a partir do qual ocorreu um platô, respectivamente para os diferentes ambientes térmicos.

A similaridade de resposta de GP dos pintainhos em relação aos níveis de Pd da ração observada nos dois ambientes térmicos avaliados contrasta com os dados obtidos por Persia et al. (2003). Estes autores, estudando a interação temperatura (termoneutro x calor) e níveis de Pd (0,20 a 0,50%) da ração, utilizando frangos de corte de 8 a 22 dias, verificaram aumento linear no GP das aves no ambiente termoneutro, enquanto no de calor, a melhora no GP ocorreu somente entre os dois menores níveis de Pd avaliados (0,20 e 0,30%).

Varição significativa na taxa de crescimento de frangos de corte na fase inicial de crescimento em função do aumento do nível de Pd na ração foi também verificada por outros autores (Gomes et al., 1993, Runho et al., 2001 e O'Connor-Dennie & Southern, 2005). Por outro lado, Karimi (2006), avaliando níveis de Pd na



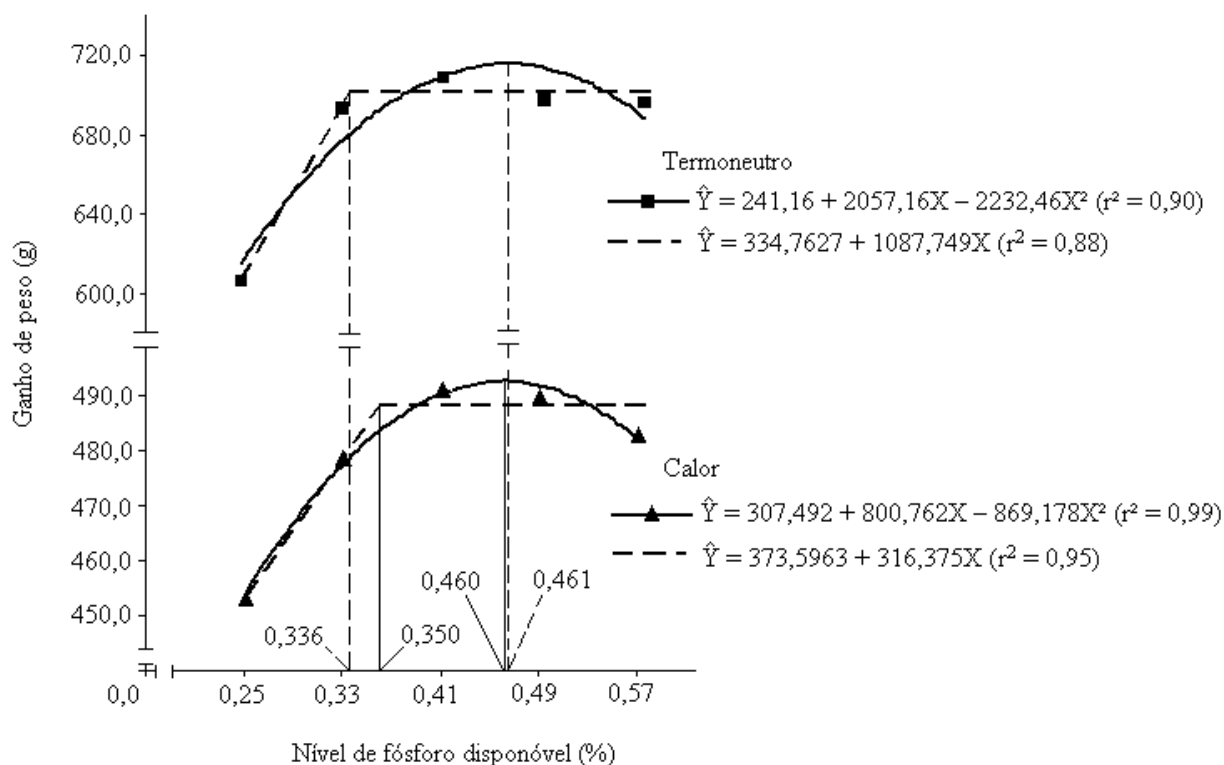


Figura 2 – Ganho de peso (g) de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

ração para frangos nas diferentes fases de crescimento, não verificaram variação significativa no GP das aves até 20 dias de idade. Os altos níveis de P avaliados por este autor, em que o menor nível correspondeu a 0,393% de Pd calculado, justificam o fato de a taxa de crescimento dos frangos não ter variado entre os tratamentos.

O nível de Pd (0,35%) que proporcionou o melhor resultado de GP neste estudo, foi superior aos níveis de 0,446 e 0,450% encontrados, respectivamente, por Lima (1995) e Runho et al. (2001), e aos níveis de 0,37 e 0,42% obtidos, respectivamente, por Persia & Saylor (2006) e Queiroz (2008). A inconsistência de resultados observada entre os trabalhos pode estar relacionada, entre outros fatores, ao nível de Ca utilizado nas rações experimentais.

Avaliando a interação entre os níveis de Ca e P das rações de frangos até os 16 dias de idade, Driver et al. (2005) e Rama Rao et al. (2006) verificaram que os efeitos dos níveis de P sobre o GP dos pintainhos diferiram em função dos níveis de Ca das rações. De acordo com os resultados destes autores, os efeitos negativos dos baixos níveis de P da ração sobre o GP das aves foram exarcebados quando o nível de Ca foi proporcionalmente alto. Isto ocorre, segundo os autores, porque a alta

relação do Ca com o Pd ( $\geq 2,3:1$ ) resulta na formação de um complexo insolúvel do fitato com o Ca, no intestino delgado, que reduz a absorção dos dois minerais. De acordo com Plumstead et al. (2008), a alto nível de Ca, além de propiciar a formação do complexo insolúvel fitato-cálcio, ocasiona também a formação de um precipitado Ca com P inorgânico, aumentando a concentração de P insolúvel no lúmen intestinal. Este fato leva à diminuição da digestibilidade do P inorgânico.

Somado a esses possíveis efeitos do Ca, estudos conduzidos por Applegate et al. (2003) e Tamim et al. (2004) evidenciaram que o alto nível de Ca (0,90%) pode também reduzir a atividade da fitase intestinal e, conseqüentemente, a hidrólise ileal aparente do P fítico, comparado com o baixo nível de Ca (0,40%), diminuindo ainda mais a disponibilidade do P fítico dos alimentos.

Assim, com base nos relatos anteriores, pode-se inferir que os menores valores de GP observados nos níveis mais baixos de Pd (0,25 e 0,33%) avaliados neste estudo, podem ser explicados pela alta relação com o Ca que corresponderam, respectivamente, a 3,60 e 2,72:1.

Foi observado efeito ( $P < 0,01$ ) dos níveis de Pd sobre a CA dos frangos mantidos em ambiente termoneutro, que melhorou até o nível estimado de 0,45%. Já nos frangos expostos à alta temperatura, não foi verificada variação ( $P > 0,10$ ) nos valores de CA entre os tratamentos (Tabela 2). No entanto, considerando a CA das aves que em ambiente de termoneutralidade, observou-se que o modelo LRP foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando em 0,34% o nível de Pd a partir do qual ocorreu um platô (Figura 3).

De forma consistente com os resultados obtidos, Persia et al. (2003), avaliando a inter-relação entre temperatura ambiente (25 x 37°C) e níveis de Pd (0,20 a 0,50%) da ração com frangos de corte dos 8 aos 22 dias, verificaram que o efeito dos níveis de Pd sobre a CA dos frangos também variou entre os ambientes térmicos.

Ficou evidenciado com estes resultados que o ambiente térmico, provavelmente, influencia o metabolismo das aves, a ponto de modificar sua resposta de eficiência de utilização de alimento para GP em função dos níveis de Pd da ração.

De forma contrária com dados de literatura onde Waldrup et al. (2000); Yan et al. (2000); Rostagno et al. (2005) e Cardoso Jr (2008) propõem uma relação Ca:Pd de 2,00:1, o nível de 0,35% de Pd, que proporcionou o melhor desempenho das aves neste estudo, em ambos os ambientes, correspondeu a uma relação cálcio:Pd de 2,57:1.

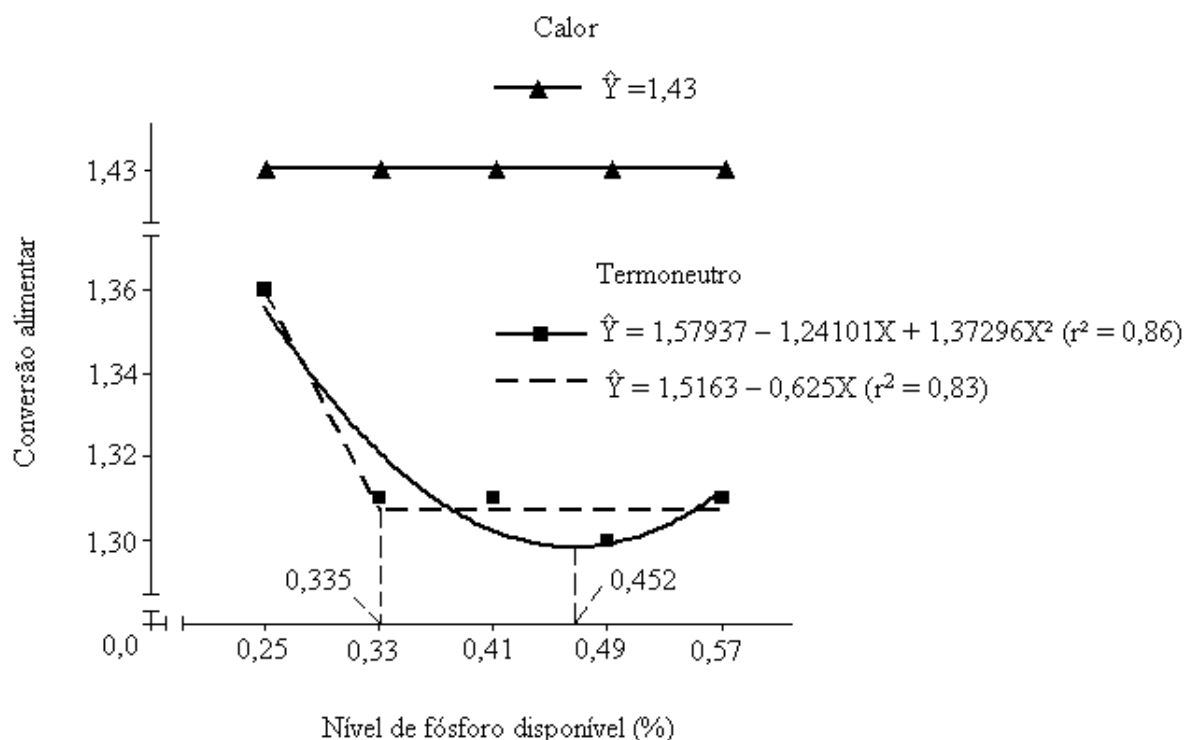


Figura 3 – Conversão alimentar de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

Com relação ao efeito do ambiente térmico, verificou-se que apesar das respostas de CR e GP dos frangos terem sido similares nos dois ambientes, foi constatado que, em todos os níveis de Pd estudados, as aves criadas no ambiente termoneutro apresentaram maiores ( $P < 0,05$ ) valores de CR, GP e melhor resposta ( $P < 0,05$ ) de CA em relação às aves submetidas ao ambiente de alta temperatura (Tabela 2). Diversos autores (Oliveira Neto, 1999; Deeb & Cahaner, 2002; Persia et al., 2003; Oliveira et al., 2006; Laganá et al., 2007) também verificaram influência negativa da alta temperatura sobre as variáveis de desempenho de frangos de corte.

Enquanto na diminuição do CR dos frangos no ambiente de calor está envolvido um mecanismo de ajuste para evitar aumento na produção de calor decorrente da digestão e metabolismo dos nutrientes (Coh & Macleod, 1999), na redução do GP, além do efeito do menor consumo, está envolvida também, uma piora na eficiência de utilização do alimento para GP pelas aves.

Resultados de um estudo conduzido com frangos de corte por Bonnet et al. (1997) evidenciaram que a alta temperatura influenciou negativamente a capacidade digestiva das aves, o que em parte justificaria a queda na taxa de crescimento.

Embora o nível de Pd (0,35%) que proporcionou os melhores resultados de desempenho dos frangos neste estudo não tenha variado entre os ambientes térmicos, foi verificado que a exigência de Pd das aves no calor (2,68 g) foi menor que a observada no ambiente termoneutro (3,12 g). Estes resultados estão coerentes com os obtidos por Persia et al. (2003), que também verificaram que a exigência de Pd dos frangos de corte dos 8 aos 22 dias mantidos no ambiente de calor foi menor em relação aos mantidos no de termoneutralidade. Segundo estes autores a diminuição na exigência de P provavelmente ocorreu em razão do ambiente de estresse por calor ter limitado o crescimento das aves.

Com relação as variáveis ósseas (Tabela 3), independente do ambiente térmico, os níveis de Pd da ração influenciaram tanto a porcentagem (%) quanto a quantidade (g) de cálcio e fósforo no osso (CaO e PO). No ambiente termoneutro, as variáveis (% e g) de CaO e PO aumentaram ( $P < 0,01$ ) de forma quadrática até os níveis estimados de, respectivamente, 0,46% (Figura 4 e 5) e 0,47% (Figuras 6 e 7) de Pd. No ambiente de alta temperatura, enquanto a % de CaO e PO aumentaram ( $P < 0,01$ ) de forma quadrática até os níveis estimados, respectivos, de 0,46% (Figura 4) e 0,47% (Figura 6) de Pd, as quantidades (g) de CaO e PO aumentaram de forma linear, segundo as respectivas equações:  $\hat{Y} = 0,898478 + 0,779682Pd$  ( $r^2 = 0,80$ ) e  $\hat{Y} = 0,447423 + 0,539806Pd$  ( $r^2 = 0,83$ ).

Tabela 3 - Cálcio no osso (CaO), fósforo no osso (PO) e relação cálcio:fósforo (Ca:P) de frangos de corte aos 21 dias de idade recebendo diferentes níveis de Pd na ração, mantidos em diferentes ambientes térmicos

Variável	Níveis de fósforo disponível (%)						Média	CV (%)
	0,25	0,33	0,41	0,49	0,57			
Termoneutralidade (29/27°C)								
CaO (%) <sup>1</sup>	15,48	18,37	19,60	19,58	18,95	18,46a	8,10	
CaO (g) <sup>1</sup>	1,34	1,67	1,87	1,83	1,76	1,70a	14,91	
PO (%) <sup>1</sup>	7,87	9,44	9,95	10,17	9,92	9,51a	6,36	
PO (g) <sup>1</sup>	0,68	0,86	0,94	0,95	0,92	0,87a	12,03	
Ca:P	1,97	1,95	1,97	1,92	1,91	1,94a	5,78	
Alta Temperatura (35°C)								
CaO (%) <sup>1</sup>	15,49	17,37	18,27	17,91	17,74	17,39b	3,93	
CaO (g) <sup>2</sup>	1,03	1,21	1,26	1,26	1,32	1,22b	14,5	
PO (%) <sup>1</sup>	8,15	9,46	10,08	9,99	9,92	9,55a	3,24	
PO (g) <sup>2</sup>	0,54	0,66	0,69	0,70	0,74	0,67b	14,33	
Ca:P	1,90	1,84	1,81	1,79	1,79	1,82b	3,03	

<sup>1</sup> Efeito quadrático ( $P < 0,01$ )

<sup>2</sup> Efeito linear ( $P < 0,01$ ).

Médias seguidas de letras diferentes para cada variável entre os ambientes diferem pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

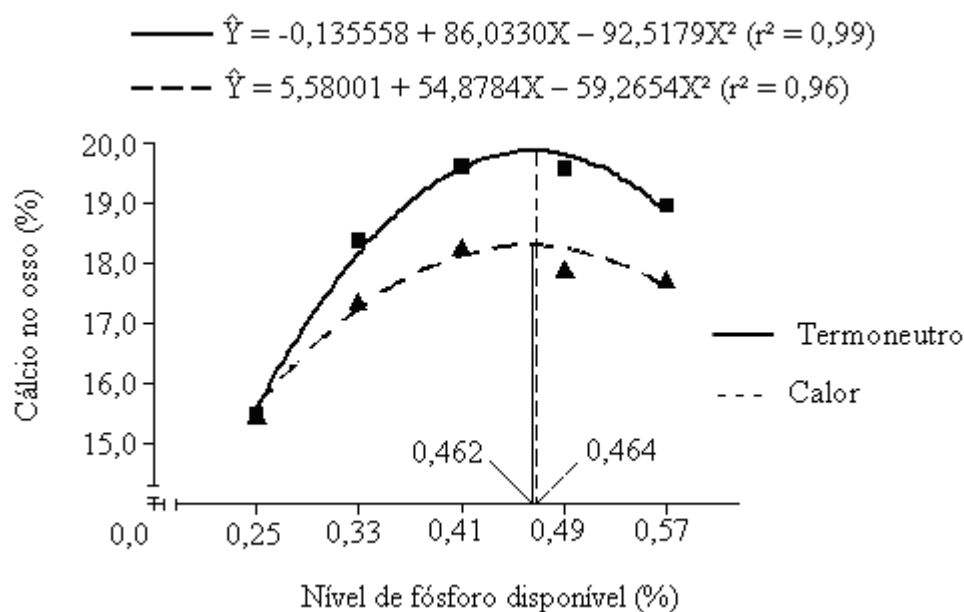


Figura 4 – Cálcio no osso (%) de frangos de corte aos 21 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

Os níveis de Pd (0,46 e 0,47%) que proporcionaram os melhores resultados das variáveis (% e g) de CaO e PO no ambiente termoneutro e os melhores dados de % de CaO e PO no ambiente de calor foram similares ao de 0,45% encontrado por Gomes et al. (1993), Lima (1995), Yonemoshi et al. (2000) e Runho et al. (2001)

O menor grau de mineralização óssea da tíbia, caracterizado pelos menores valores de CaO e PO, observados nos ossos dos animais que consumiram rações com os dois menores níveis de Pd (0,25 e 0,33%), pode estar relacionado não somente à baixa quantidade de Pd, como também a elevada relação Ca:Pd. Segundo Driver et al. (2005), esta alta relação além de diminuir o desempenho, compromete também a mineralização dos ossos das aves. Nesse sentido, Rama Rao et al. (2006) relataram que o aumento na excreção de Ca e P, nos baixos níveis de Pd em relação ao nível de Ca da ração, poderia ser responsável pela reduzida mineralização óssea. Segundo esses autores o aumento na excreção desses minerais no nível mais baixo de Pd, sugere a formação de fosfato de cálcio.

Os efeitos da alta relação Ca:Pd da ração sobre a mineralização óssea também foram observados por Shafey et al. (1991). Esses autores, ainda, verificaram que 70 a 92% dos minerais como Ca, ferro, magnésio e zinco estavam na forma insolúvel, ocasionado pelo aumento do pH intestinal, devido ao alto nível de Ca, comprometendo a estrutura óssea.

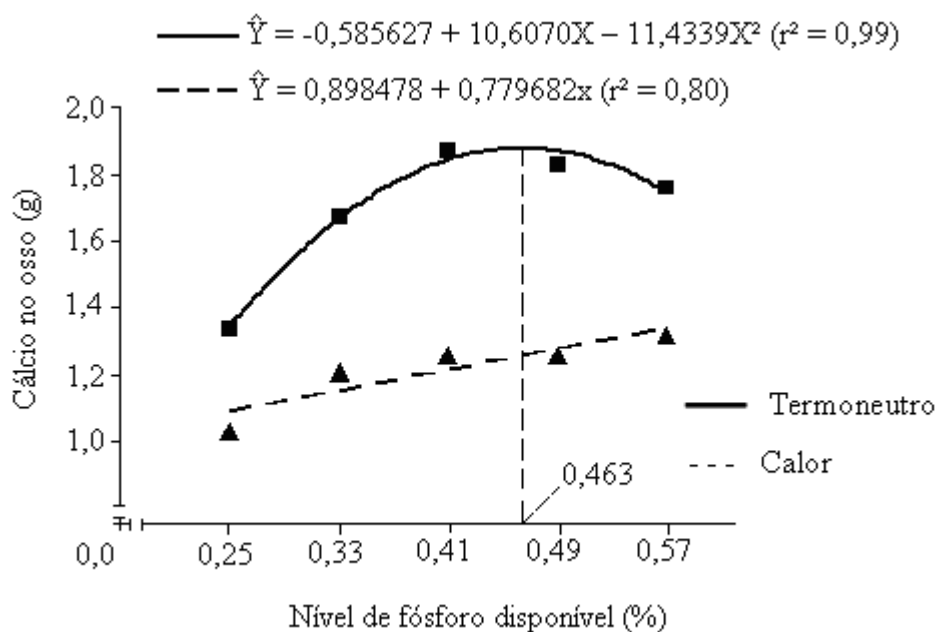


Figura 5 – Cálculo no osso (g) de frangos de corte aos 21 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

Por outro lado, a diminuição (% e g) de PO observada no nível mais alto de Pd no ambiente termoneutro, seria um indicativo que nesse nível a relação Ca:Pd de 1,58:1 comprometeu a deposição de P.

De acordo com resultados obtidos por Plumstead et al. (2008), o desequilíbrio na relação Ca:Pd absorvidos no íleo, resultou em aumento na excreção de P, sugerindo que a baixa absorção de Ca relativa à do P, prejudicou a deposição de P no osso.

Em ambos os ambientes não foi verificado efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de Pd sobre a relação Ca:P no osso (Tabela 3). Este resultado evidenciou que a deposição de P nos ossos ocorre simultaneamente com a de Ca, na proporção de aproximadamente 2:1, o que caracteriza a interdependência entre esses minerais. Segundo Vieites et al. (2004) o P une ao Ca formando compostos que conferem rigidez aos ossos.

Com relação ao ambiente térmico foi observada variação significativa ( $P < 0,05$ ) na quantidade (g) de PO, cujos valores foram menores nas aves mantidas sob condições de alta temperatura. Como não ocorreu variação ( $P > 0,05$ ) nos valores de % de PO, pode-se inferir que a menor quantidade de PO, estaria diretamente relacionada ao menor peso dos ossos da tíbia das aves expostas ao calor. A quantidade e a % de CaO também foram influenciados ( $P < 0,05$ ) pelo ambiente

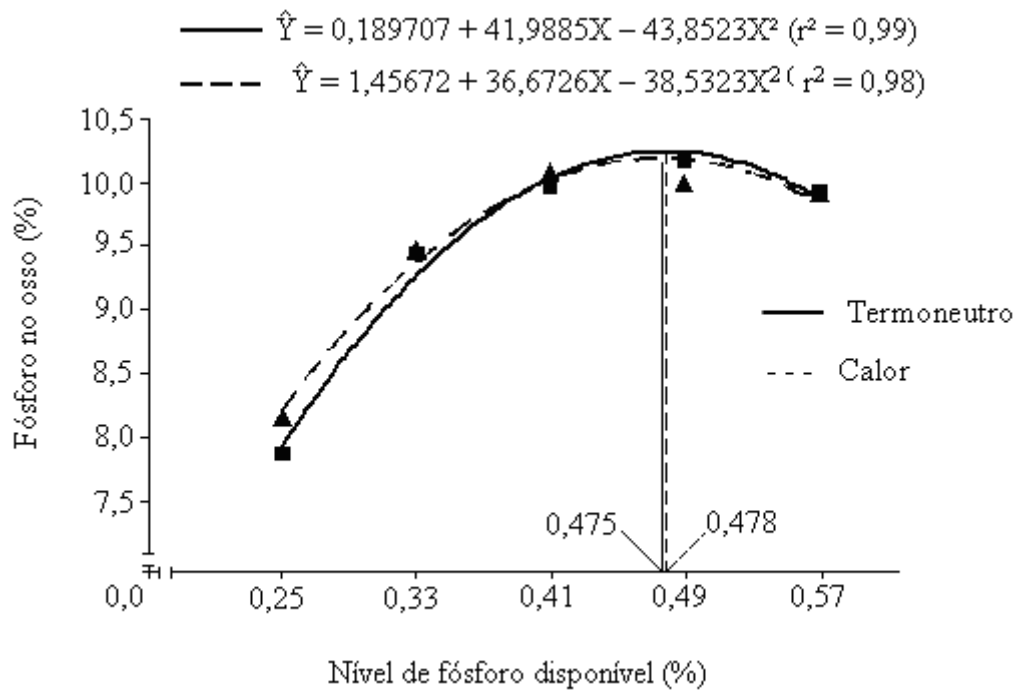


Figura 6 – Fósforo no osso (%) de frangos de corte aos 21 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

térmico, com as aves mantidas em termoneutralidade apresentando maiores valores (Tabela 3).

Como a % de PO das aves não variou entre os ambientes, pode-se inferir que na termoneutralidade a proporção de Ca depositada nos ossos em relação à de P aumenta, o que justifica os maiores valores ( $P < 0,05$ ) da relação Ca:P observada nos ossos das aves mantidas nesse ambiente.

Avaliando o efeito do ambiente térmico sobre o crescimento ósseo dos frangos de corte, Pelicano et al. (2005) observaram que a alta temperatura ( $33^{\circ}\text{C}$ ) comprometeu tanto o diâmetro quanto o comprimento da tíbia das aves. Da mesma forma, Persia et al. (2003) verificaram redução na quantidade de cinzas na tíbia de frangos de corte expostos à alta temperatura.

Com os resultados obtidos com as variáveis ósseas, em que as melhores respostas foram alcançadas com nível de Pd maior ao que proporcionou melhor resultado de desempenho ( $0,47 \times 0,35\%$ ), se confirmaram as proposições de diversos autores (Gomes et al., 1994; Lima, 1995; Brugalli, 1996; Runho et al., 2001; Cortelazzi, 2006; Rama Rao et al., 2006; Persia & Saylor, 2006; Queiroz, 2008) de que a exigência de Pd para maximizar a mineralização óssea, é significativamente maior que a necessária para promover melhor desempenho.

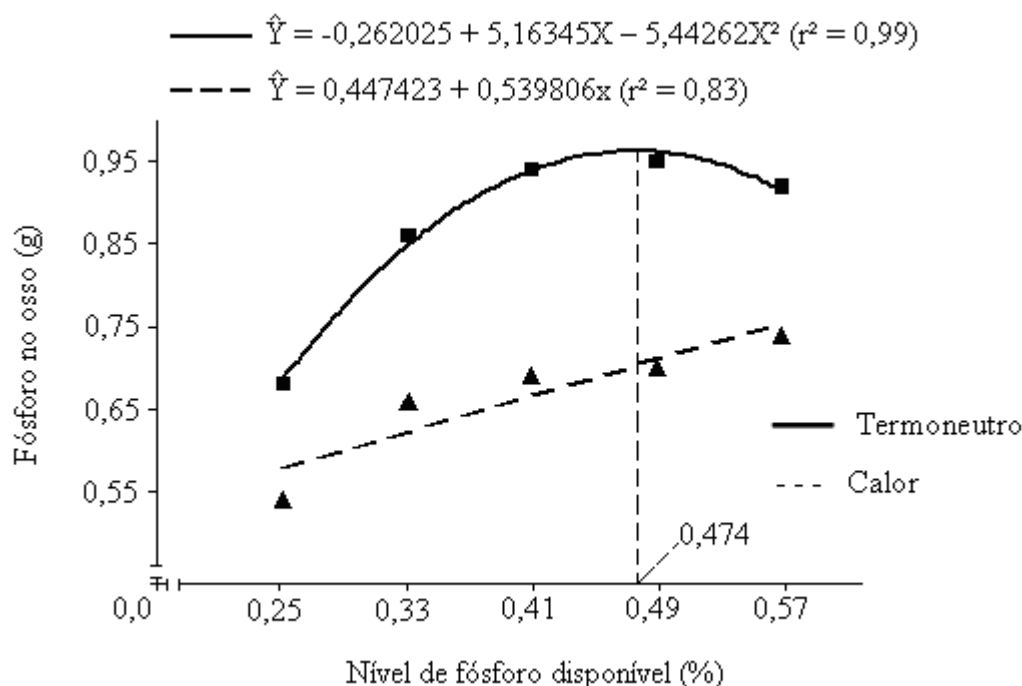


Figura 7 – Fósforo no osso (g) de frangos de corte aos 21 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

## Experimento 2 – Ensaio de metabolismo

Durante o período experimental, a temperatura interna foi mantida em  $33,7 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e a umidade relativa em  $69 \pm 4,2\%$ , correspondendo a um ITGU calculado no período de  $85 \pm 1,5$ . O valor de ITGU calculado que caracteriza o ambiente de calor neste estudo foi superior ao de 80,5, definido por Valerio et al. (2003) como ambiente de alta temperatura.

No ambiente termoneutro, a temperatura do ar durante o período de 8 a 15 dias manteve-se em  $29 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$  e a umidade relativa em  $71 \pm 5,4\%$ . O ITGU calculado foi de  $79 \pm 1,1$ , que caracterizando o ambiente de termoneutralidade, de acordo com Lana et al. (2005).

No ambiente termoneutro, foi verificado efeito ( $P < 0,01$ ) dos níveis de Pd sobre a ingestão de P (PI) que aumentou (Tabela 4) de forma linear segundo a equação:  $\hat{Y} = 3,11863 + 15,9970Pd$  ( $r^2 = 0,99$ ). Os tratamentos também influenciaram de forma quadrática o P excretado (PE) que diminuiu e o P retido (PR) e coeficiente de retenção de P (CRP), que aumentaram (Tabela 4) até os níveis estimados de, respectivamente, 0,29% (Figuras 8); 0,54% (Figura 9) e 0,402% (Figura 10) de Pd.



Tabela 4 - Fósforo total excretado (PE), fósforo total ingerido (PI), fósforo retido (PR) e coeficiente de retenção de fósforo (CRP) de frangos de corte de 11 a 15 dias de idade em função de diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

Variável	Níveis de fósforo disponível (%)					Média	CV (%)
	0,25	0,33	0,41	0,49	0,57		
Termoneutralidade (29/27°C)							
PI (g) <sup>1</sup>	6,86	8,58	9,98	10,87	12,08	9,68a	9,24
PE (g) <sup>2</sup>	2,32	2,26	2,62	3,21	4,09	2,90a	7,55
PR (g) <sup>2</sup>	4,55	6,33	7,36	7,67	7,99	6,78a	13,08
CRP (%) <sup>2</sup>	66,23	73,59	73,42	70,33	66,01	69,91a	4,52
Alta Temperatura (35°C)							
PI (g) <sup>1</sup>	5,68	6,90	7,59	8,81	9,68	7,73b	13,85
PE (g) <sup>1</sup>	2,07	2,29	2,44	3,23	3,85	2,77a	13,58
PR (g) <sup>1</sup>	3,61	4,61	5,15	5,58	5,83	4,95b	21,32
CRP (%) <sup>3</sup>	63,08	66,14	67,09	63,46	59,73	63,90b	9,12

<sup>1</sup> Efeito linear (P<0,01).

<sup>2 e 3</sup> Efeito quadrático (P<0,01) e (P<0,03), respectivamente.

Médias seguidas de letras diferentes para cada variável entre os ambientes diferem pelo teste F (P<0,05).

No ambiente de calor, os níveis de Pd influenciaram (P<0,01) o PI, o PE e o PB que aumentaram de forma linear, respectivamente, segundo as equações:  $\hat{Y} = 2,65614 + 12,3804Pd$  ( $r^2=0,99$ );  $\hat{Y} = 0,492762 + 5,56110Pd$  ( $r^2=0,91$ ) e  $\hat{Y} = 2,16338$

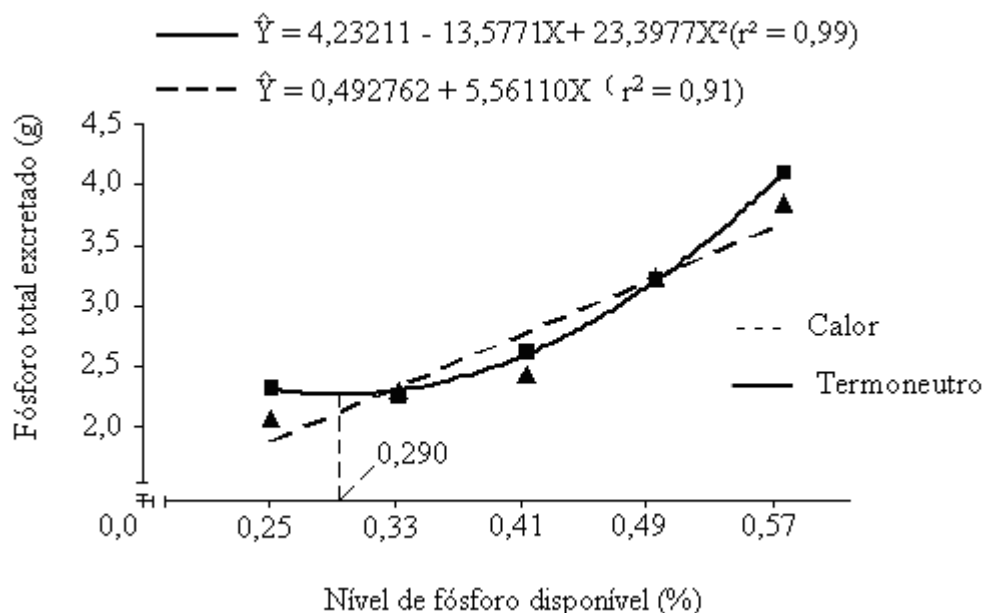


Figura 8 – Fósforo total excretado (g) de frangos de corte de 11 a 15 dias de idade em função de diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

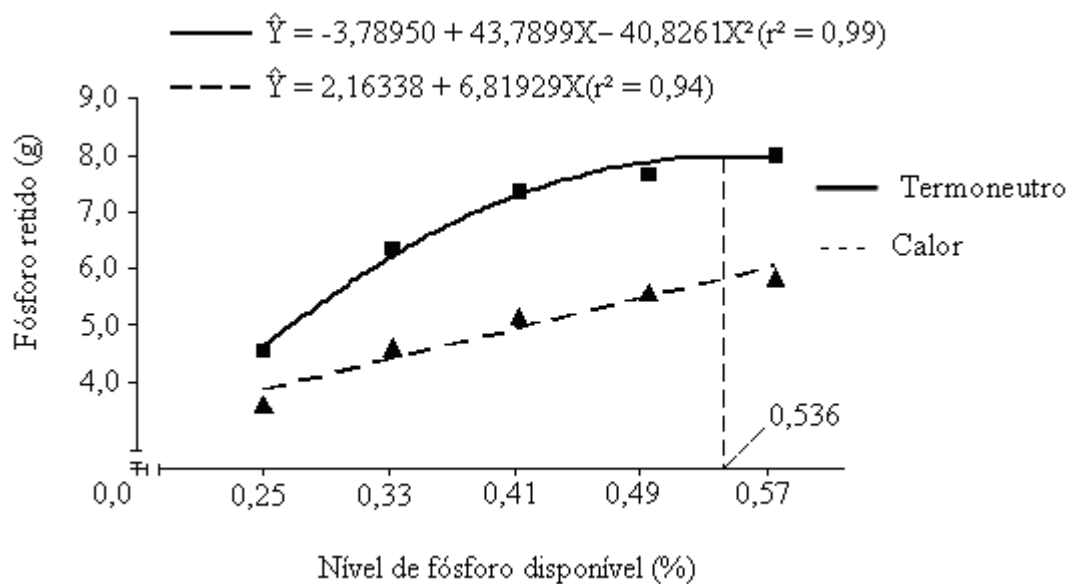


Figura 9 – Fósforo retido (g) de frangos de corte de 11 a 15 dias de idade em função de diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

+ 6,81929Pd ( $r^2=0,94$ ). Os tratamentos também influenciaram ( $P<0,01$ ) o CRP que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,38% de Pd (Figura 10).

A redução verificada nos valores de CRP nos dois maiores níveis de Pd, nos ambientes térmicos avaliados, seria indicativo de que possivelmente ocorreu um desequilíbrio na proporção de P e Ca absorvidos. Segundo Plumstead et al. (2008), quando esse desequilíbrio ocorre, os rins aumentam a excreção de P na urina, diminuindo a sua retenção. Por outro lado, o baixo valor de CRP verificado no nível mais baixo de Pd (0,25%), nos dois ambientes, poderia estar relacionado a um possível comprometimento da absorção de P pelas aves, em razão da alta relação de Ca:Pd neste nível. De acordo com estudo conduzido por Rama Rao et al. (2006), em situação de alta relação Ca:Pd, os frangos aumentam a excreção dos dois minerais em razão da possível formação de fosfato de Ca no intestino.

Embora os frangos mantidos sob alta temperatura tenham consumido menos ( $P<0,05$ ) P, a excreção desse mineral não variou ( $P>0,05$ ) em relação à das aves do ambiente termoneutro. Esse resultado evidenciou que a alta temperatura ambiente influenciou diretamente o metabolismo do P, diminuindo a eficiência de sua retenção. Estudos conduzidos por Belay et al. (1992) e Belay & Teeter (1996), confirmaram que a retenção de P por frangos expostos à alta temperatura é diminuída em razão da aumentada excreção de P na urina.

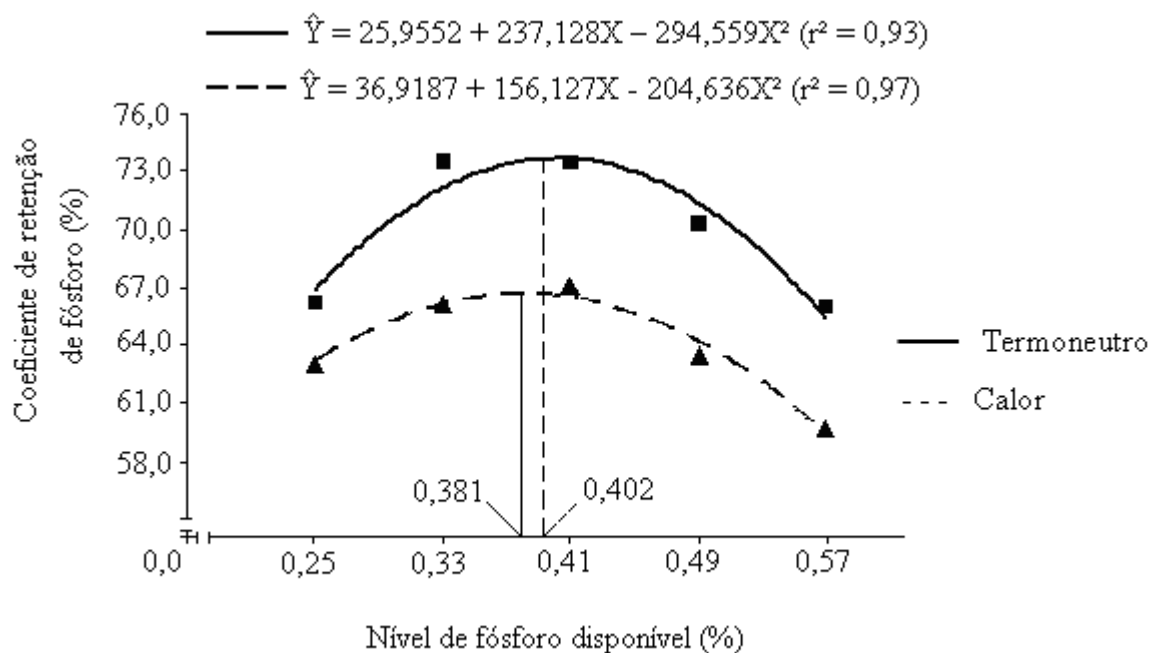


Figura 10 – Coeficiente de retenção de fósforo (%) de frangos de corte de 11 a 15 dias de idade em função de diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

Nos níveis de Pd em que se verificou os melhores resultados de CRP nos ambientes termoneutro (0,402%) e de calor (0,381%), as relações Ca:Pd corresponderam, respectivamente, a 2,23:1 e 2,35:1. De forma semelhante, Plumstead et al. (2008), avaliando os efeitos da relação Ca:Pd na retenção de P, verificaram que os melhores resultados foram obtidos nas relações correspondentes a 2,54:1 e 2,53:1.

Tabela 5 – Resumo dos valores de exigência de Pd para frangos de corte, de 8 a 21 dias de idade, mantidos em diferentes ambientes térmicos, considerando as variáveis de desempenho, estimadas pelo modelo de regressão

Variável	Equação de regressão	Exigências		r <sup>2</sup>	CV (%)
		(%)	(g)		
Termoneutralidade (29°/27°C)					
CR	$\hat{Y} = 487,693 + 1901,29X - 2045,50X^2$	0,464	4,23	0,83	3,28
GP	$\hat{Y} = 241,16 + 2057,16X - 2232,46X^2$	0,461	4,20	0,90	4,19
CA	$\hat{Y} = 1,57937 - 1,24101X - 1,37296X^2$	0,452	4,12	0,86	2,43
CPd	$\hat{Y} = -0,263046 + 9,68723X$			0,99	3,47
Alta Temperatura (35°C)					
CR	$\hat{Y} = 468,730 + 994,110X - 1064,26X^2$	0,467	3,23	0,95	4,58
GP	$\hat{Y} = 307,492 + 800,762X - 869,178X^2$	0,460	3,18	0,99	6,01
CPd	$\hat{Y} = 0,144542 + 7,23032X$			0,99	5,28

Tabela 6 – Resumo dos valores de exigência de Pd para frangos de corte, de 8 a 21 dias de idade, mantidos em diferentes ambientes térmicos, considerando as variáveis de desempenho, estimadas pelo modelo LRP

Variável	Equação de regressão	Platô	Exigências		SQD
			(%)	(g)	
Termoneutralidade (29°/27°C)					
CR	$\hat{Y} = 569,7177 + 1023,250X$	917,32	0,339	3,02	311,0579
GP	$\hat{Y} = 334,7627 + 1087,749X$	700,84	0,337	3,00	90,1352
CA	$\hat{Y} = 1,5163 - 0,625X$	1,31	0,335	2,98	0,0000
Alta Temperatura (35°C)					
CR	$\hat{Y} = 527,6074 + 480,250X$	695,95	0,350	2,39	8,6066
GP	$\hat{Y} = 373,5963 + 316,375X$	487,36	0,359	2,45	37,7478

Tabela 7 – Resumo dos valores de exigência de Pd para frangos de corte, de 8 a 21 dias de idade, mantidos em diferentes ambientes térmicos, considerando as variáveis ósseas, estimadas pelo modelo de regressão

Variável	Equação de regressão	Exigências		r <sup>2</sup>	CV (%)
		(%)	(g)		
Termoneutralidade (29°/27°C)					
CaO (%)	$\hat{Y} = -0,135558 + 86,0330X - 92,5179X^2$	0,464	4,23	0,99	8,10
CaO (g)	$\hat{Y} = -0,585627 + 10,6070X - 11,4339X^2$	0,463	4,22	0,99	14,91
PO (%)	$\hat{Y} = 0,189707 + 41,9885X - 43,8523X^2$	0,478	4,37	0,99	6,36
PO (g)	$\hat{Y} = -0,262025 + 5,16345X - 5,44262X^2$	0,474	4,33	0,99	12,03
Alta Temperatura (35°C)					
CaO (%)	$\hat{Y} = 5,58001 + 54,8784X - 59,2654X^2$	0,462	3,20	0,96	3,93
CaO (g)	$\hat{Y} = 0,898478 + 0,779682X$	0,570	4,56	0,80	14,5
PO (%)	$\hat{Y} = 1,45672 + 36,6726 - 38,5323X^2$	0,475	3,29	0,98	3,24
PO (g)	$\hat{Y} = 0,447423 + 0,539806X$	0,570	4,56	0,83	14,33

Tabela 8 – Resumo dos valores de exigência de Pd para frangos de corte, de 8 a 21 dias de idade, mantidos em diferentes ambientes térmicos, considerando o balanço de fósforo, estimado pelo modelo de regressão

Variável	Equação de regressão	Exigências (%) (g)		r <sup>2</sup>	CV (%)
Termoneutralidade (29°/27°C)					
PE	$\hat{Y} = 4,23211 - 13,5771X + 23,3977X^2$	0,290	2,55	0,99	7,55
PR	$\hat{Y} = -3,78950 + 43,7899X - 40,8261X^2$	0,536	4,93	0,99	13,08
CRP	$\hat{Y} = 25,9552 + 237,128X - 294,559X^2$	0,402	3,63	0,93	4,52
Alta Temperatura (35°C)					
PE	$\hat{Y} = 0,492762 + 5,56110X$	0,250	1,66	0,91	13,58
PR	$\hat{Y} = 2,16338 + 6,81929X$	0,570	3,98	0,94	21,32
CRP	$\hat{Y} = 36,9187 + 156,127X - 204,636X^2$	0,381	2,61	0,97	9,12

## **Conclusão**

O nível de fósforo disponível de 0,35% proporcionou os melhores resultados de desempenho de frangos de corte machos mantidos em ambiente de termoneutralidade e de alta temperatura, no período de 8 a 21 dias de idade, correspondente a consumos estimados respectivos de 3,12 e 2,68 g.

O nível de fósforo disponível de 0,47% proporcionou os melhores resultados de variáveis ósseas de frangos de corte machos, mantidos em ambiente de termoneutralidade e de alta temperatura, no período de 8 a 21 dias de idade, correspondente a consumos estimados respectivos de 4,29 e 3,25 g.

## Literatura Citada

- APPLEGATE, T.J.; ANGEL, R.; CLASSEN, H.L. Effect of dietary calcium, 25-hydroxycholecalciferol, or bird strain on small intestinal phytase activity in broiler chickens. **Poultry Science**, v.82, p.1140–1148, 2003.
- BELAY, T.; WIERNUSZ, C.J.; TEETER, R.G. Mineral balance and urinary and fecal mineral excretion profile of broilers housed in thermoneutral and heat distressed environments. **Poultry Science**, v.71, p.1043-1047, 1992.
- BELAY, T., TEETER, R.G. Virginiamycin and caloric density effects on live performance, blood serum metabolite concentration and carcass composition of broilers reared in thermoneutral and cycling ambient temperatures. **Poultry Science**, v.75, p.1383-1392, 1996.
- BONNET, S.; GERAERT, P.A.; LESSIRE, M. et al. Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. **Poultry Science**, v.76, p.857-863, 1997.
- BRUGALLI, I. **Efeito da granulometria na biodisponibilidade de fósforo e nos valores energéticos da farinha de carne e ossos e exigência nutricional de fósforo para pintos de corte.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 83p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v.24, p.711-714, 1981.
- CARDOSO JR, A. **Níveis de fósforo disponível e cálcio em rações com fitase para frangos de corte de 8 a 35 dias de idade.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2008.
- COBB. Guia de manejo para frangos de corte cobb 500. S.I.: s.n., 2005, 58p.
- CORTELAZZI, C.Q.L. **Fósforo disponível para frangos de corte em fosfatos para alimentação animal.** Pirassununga: Universidade de São Paulo, 2006. 62p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade de São Paulo, 2006.
- DEEB, N.; CAHANER, A. Genotype-by-environment interaction with broiler genotypes differing in growth rate 3 growth rate and water consumption of broiler progeny from weight-selected versus non selected parents under normal and high ambient temperatures. **Poultry Science**, v.81, p.293–301, 2002.
- DRIVER, J.P., PESTI, G.M., BAKALLI, R.I. et al. Calcium requirements of the modern broiler chicken as influenced by dietary protein and age. **Poultry Science**, v.84, p.1629–1639, 2005.

- GOMES, P.C.; GOMES, M.F.M.; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência de fósforo e sua disponibilidade nos fosfatos monoamônio e monocálcico para frangos de corte até 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, p.755-763, 1993.
- GOMES, P.C.; GOMES, M.F.M.; ALBINO, L.F.T. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.615-622, 1994.
- GRAZILLO, J.M.F. **Parâmetros biológicos usados na avaliação da biodisponibilidade do fósforo para frangos de corte em fosfatos comerciais e em fosfatos de rocha**. São Paulo: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, 1996. 120p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade de São Paulo, 1996.
- KARIMI, A. Responses of broiler chicks to non-phytate phosphorus levels and phytase supplementation. **International Journal of Poultry Science**, v.5, p.251-254, 2006.
- LAGANÁ, C.; RIBEIRO, A.M.L.; GONZÁLEZ, F.H.D. et al. Níveis dietéticos de proteína e gordura e parâmetros bioquímicos, hematológicos e empenamento em frangos de corte estressados pelo calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1783-1790, 2007.
- LANA, S.R.V.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade mantidos em ambiente de termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1614-1623, 2005.
- LIMA, I.L. **Disponibilidade de fósforo e de flúor de alguns alimentos e exigência nutricional de fósforo para frangos de corte**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 121p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- O’CONNOR-DENNIE, T.; SOUTHERN, L.L. The effect of virginiamycin in diets with adequate or reduced dietary calcium or nonphytate phosphorus for broilers. **Poultry Science**, v.84, p.1868-1874, 2005.
- OLIVEIRA, G.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte dos 22 aos 42 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1398-1405, 2006.
- OLIVEIRA NETO, A.R. **Efeito de níveis de energia da ração e da temperatura ambiente sobre o desempenho e parâmetros fisiológicos de frangos de corte**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 111p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- OLIVEIRA, R.P. **Avaliação do desenvolvimento da discondroplasia tibial em frangos de corte submetidos à dieta com 25 hidroxicolecalciferol – características ultra-estruturais**. Pirassuninga: Faculdade de Zootecnia e



- Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, 2008. 83p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, 2008.
- PELICANO, E.R.L.; BERNAL, F.E.L.; FURLAN, R.L. et al. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar protéica ou energética sobre o ganho de peso e crescimento ósseo de frangos de corte. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, p.353-360, 2005.
- PERSIA, M.E.; PARSONS, C.M.; KOELKEBECK, K.W. Interrelationship between environmental temperature and dietary nonphytate phosphorus in chicks. **Poultry Science**, v.82, p.1616-1623, 2003.
- PERSIA, M.E.; SAYLOR, W.W. Effects of broilers strain, dietary nonphytate phosphorus, and phytase supplementation on chick performance and tibia ash. **Journal Applied Poultry Research**, v.15, p.72-81, 2006.
- PLUMSTEAD, P.W.; LEYTEM, A.B.; MAGUIRE, R.O. et al. Interaction of calcium and phytate in broiler diets. Effects on apparent prececal digestibility and retention of phosphorus. **Poultry Science**, v.87, p.449-458, 2008.
- QUEIROZ, L.S.B. **Biodisponibilidade relativa de fósforo de fosfatos comerciais para frangos de corte na fase inicial**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. 69p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2008.
- RAMA RAO, S.V.; RAJU, M.V.L.N.; REDDY, M.R. et al. Interaction between dietary calcium and non-phytate phosphorus levels on growth, bone mineralization and mineral excretion in commercial broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.131, p.133–148, 2006.
- RONCBI, C. Principais práticas de manejo para aves recém nascidas. **Revista AveWorld**, dezembro/janeiro, 2004.
- ROSTAGNO, H.S.; SAKOMURA, N.K.; GOMES, P.C. et al. Exigência nutricional de fósforo e sua disponibilidade em fosfato de rocha e fosfato parcialmente defluorizado para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.17, p.249-257, 1988.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.
- RUNHO, R.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.187-196, 2001.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG – Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Versão 8.1. Viçosa, MG, 2003. (Apostila).

- SARAIVA, A. **Níveis de fósforo disponível em rações para suínos de alto potencial genético para deposição de carne dos 15 aos 60 kg.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 52p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- SHAFEY, T.M.; McDONALD, M.W.; DINGLE, J.G. Effects of dietary calcium and available phosphorus concentrations on digesta pH and on the available of calcium, iron, magnesium and zinc from the intestinal contents of meat chickens. **British Poultry Science**, v.32, p.185-194, 1991.
- SNOW, J.L.; BAKER, D.H.; PARSONS, C.M. Phytase, citric acid, and 1 $\alpha$ -hydroxycholecalciferol improve phytate phosphorus utilization in chicks fed a corn-soybean meal diet. **Poultry Science**, v.83, p.1187-1192, 2004.
- TAMIM, N.M.; ANGEL, R.; CHRISTMAN, M. Influence of Dietary Calcium and Phytase on Phytate Phosphorus Hydrolysis in Broiler Chickens. **Poultry Science**, v.83, p.1358-1367, 2004.
- VALERIO, S.R.; OLIVEIRA, R.F.M; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações, em que se manteve ou não a relação aminoácídica para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, mantidos em estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.361-371, 2003.
- VIEITES, F.M.; MORAES, G.H.K.; ALBINO, L.F.T. et al. Balanço eletrolítico e níveis de proteína bruta sobre parâmetros sanguíneos e ósseos de frangos de corte aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1520-1530, 2004.
- WALDROUP, P.W.; KERSEY, J.H.; SALEH, E.A. et al. Nonphytate phosphorus requirements and phosphate excretion of broiler chicks fed diets composed of normal or high available phosphate corn with and without microbial phytase. **Poultry Science**, v.79, p.1451–1459, 2000.
- YAN, F.; KERSEY, J.H.; FRITTS, C.A. et al. Evaluation of normal yellow dent corn and high available phosphorus corn in combination with reduced dietary phosphorus and phytase supplementation for broilers grown to market weights in litter pens. **Poultry Science**, v.79, p.1282-1289, 2000.
- YONEMOCHI, C.; TAKAGI, H.; HANAZUMI, M. et al. Improvement of phosphorus availability by dietary supplement of phytase in broiler chicks. **Japanese Poultry Science**, v.37, p.154–161, 2000.

## CAPÍTULO 2

### **Níveis de fósforo disponível na ração para frangos de corte machos de 22 a 42 dias de idade mantidos em termoneutralidade e ambiente de alta temperatura**

**RESUMO** – Para avaliar níveis de fósforo disponível (Pd) na ração para frangos de corte machos de 22 a 42 dias de idade submetidos à ambiente de alta temperatura e a termoneutralidade, realizaram-se dois experimentos. O primeiro, para avaliação do desempenho e variáveis ósseas de frangos de corte Cobb, no período de 22 a 42 dias de idade. O segundo, para determinar o balanço de fósforo (P) de frangos de corte Cobb dos 29 aos 35 dias de idade. As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco níveis de Pd: 0,25; 0,35; 0,45; 0,55 e 0,65% e dois ambientes térmicos: alta temperatura – 32°C e termoneutralidade – 22°C), com nove e oito repetições para os ensaios 1 e 2, respectivamente. Foram utilizadas seis aves por unidade experimental para análise de desempenho e cinco aves para o ensaio de metabolismo. No ambiente de alta temperatura, os níveis de Pd aumentaram de forma quadrática o consumo de ração (CR) e ganho de peso (GP) e melhorou a conversão alimentar (CA) até o nível estimado de 0,46%. Na termoneutralidade, o CR e o GP diminuíram de forma linear em função dos níveis de Pd na ração e a CA não foi influenciada. No ambiente de termoneutralidade, os níveis de Pd estudados não influenciaram a % de Ca no osso (CaO), porém a % de P no osso (PO) aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,51% de Pd. No estresse por calor a % de CaO e PO aumentaram até os níveis estimados, respectivos, de 0,48 e 0,55 % de Pd. Os níveis de Pd não influenciaram a relação Ca:P no osso, nos dois ambientes estudados. Indiferente do ambiente térmico, os tratamentos influenciaram a excreção e a retenção de P que aumentaram de forma linear, enquanto o coeficiente de retenção de P diminuiu em função dos níveis de Pd na ração. Concluiu-se que, na fase de 22 a 42 dias de idade, os níveis estimados ideais de Pd nas rações de frangos de corte que maximizaram o desempenho e favoreceram a mineralização óssea são de, respectivamente, 0,46 e 0,55%, quando mantidos em ambiente de alta temperatura e no ambiente termoneutro, de 0,25 e 0,51% de Pd.

**Palavras chaves:** ambiente térmico, excreção mineral, exigência nutricional

## **Available phosphorus levels in diets for male broilers from 22 to 42 days of age kept in high temperature and thermoneutral environment**

**ABSTRACT** – Two experiments were conducted to evaluate the available phosphorus (AP) in diets for male broilers from 22 to 42 days of age kept in high temperature and thermoneutral environment. The first experiment was to evaluate performance and bone parameters of broilers Cobb from 22 to 42 days of age. The second experiment was to determine the phosphorous excreted and retention of broilers from 29 to 35 days of age. The birds were distributed in a complete randomized experimental design in a 5 x 2 factorial scheme (five AP levels: 0.25; 0.35; 0.45; 0.55 and 0.65% and two thermal environments: high temperature – 32°C and thermoneutral – 22°C) with nine and eight repetitions for experiment one and two, respectively. Six birds were used in each repetition for performance and five birds for phosphorous metabolism. In high temperature environmental it was observed a quadratic effect of the AP levels on feed intake (FI), weight gain (WG) and feed conversion ratio (FCR) which improved until the estimated level of 0.46%. In thermoneutral environment, the treatments influenced the FI and WG that decreased in a linear form. It was not observed effect on FCR. Under thermoneutral conditions, the treatments did not influence the % of calcium in the bone (CaB). However, there was a significant quadratic effect of AP levels on the % of phosphorus bone (PB) which increased up to the estimated level of 0.51% of AP. Under heat stress, the AP levels influenced in a quadratic form the % of CaB and PB in the bone that rose, respectively, until the estimated levels of 0.48 e 0.55% of AP. The AP levels did not influence the Ca: P ratio in the bone in both environments. Irrespective of thermal environment, the treatments influenced the phosphorous excreted and retention that increased in a linear form, while phosphorus retention coefficient decreased in function of AP levels. It was concluded that AP requirements for broilers from 22 to 42 days of age kept in thermoneutral and high temperature environment are, respectively, 0.25 and 0.46% of AP for maximum performance and 0.51% and 0.55% of AP for higher bone mineralization.

**Keywords:** mineral excretion, nutritional requirement, thermal environment

## Introdução

O Brasil ocupa atualmente a 3ª posição do ranking mundial de produção de carne de frango e é o maior exportador mundial, posições estas conquistadas com adoção de tecnologias ao longo das últimas décadas.

Com os progressos ocorridos nas áreas de genética, nutrição, manejo, ambiente e sanidade houve aumento considerável na velocidade de ganho de peso, redução da idade de abate e melhoria na conversão alimentar (Laganá, 2005). Entretanto, a capacidade termorreguladora do frango não evoluiu na mesma proporção, ficando deficiente para enfrentar os grandes desafios do ambiente térmico, principalmente o aumento da temperatura, refletindo em perdas econômicas para o produtor, com redução do consumo de ração e do ganho de peso (Lana et al., 2000; Laganá, 2005).

Segundo Curtis (1983), o estresse causado pelo ambiente térmico influencia a produtividade dos animais por alterar sua troca de calor com o meio, modificando o consumo de ração, o ganho de peso e, conseqüentemente, as exigências de nutrientes. Como os níveis nutricionais são normalmente expressos em porcentagem da ração (Valerio et al., 2003), qualquer alteração no consumo de ração tem conseqüências sobre a ingestão de nutrientes, alterando a produtividade, o rendimento de carcaça e cortes nobres dos frangos (Siqueira, 2006).

O fósforo (P) é o segundo mineral mais abundante do organismo (Underwood & Suttle, 1999) e está envolvido em funções metabólicas essenciais como: participa prioritariamente da formação dos ossos, ácidos nucleicos e dos fosfolipídios de membranas, ajuda na manutenção do equilíbrio ácido básico, entre outras.

O fornecimento de níveis adequados de P para as aves, além de otimizar a produtividade, diminui a excreção deste nutriente, reduzindo a poluição ambiental.

O presente trabalho foi realizado para avaliar níveis de fósforo disponível na ração para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade submetidos à ambiente de alta temperatura e a termoneutralidade.

## **Material e Métodos**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Bioclimatologia Animal do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

### **Experimento 1 – Avaliação do desempenho e variáveis ósseas.**

Foram utilizados 540 frangos de corte machos, da linhagem Cobb<sup>®</sup>, no período de 22 a 42 dias de idade, vacinados contra as doenças de Marek e Bouda aviária, mantidos em câmaras climáticas com temperatura do ar e umidade relativa controladas. As câmaras climáticas foram ajustadas para permanecerem com temperaturas constantes de 22°C (termoneutro) e 32°C (alta temperatura) e umidade relativa entre 65 e 75%, sendo utilizados 270 frangos em cada ambiente.

Durante o período inicial (1 a 21 dias de idade), as aves foram criadas em galpão convencional e manejadas conforme o manual de criação da linhagem (Cobb, 2005). Os frangos receberam ração com 3.000 kcal de EM/kg e 1,143% de lisina digestível, formulada para satisfazer suas exigências nutricionais, conforme preconizado Rostagno et al. (2000), exceto de fósforo disponível (Pd), o qual foi utilizado o nível obtido no ambiente termoneutro do primeiro experimento do capítulo 1 desta mesma dissertação.

Completados os 21 dias de idade, os frangos, pesando  $812,4 \pm 26,21$  g, foram transferidos para as câmaras climáticas, quando se iniciou o período experimental. As aves foram alojadas em baterias metálicas com compartimentos de 0,85 x 0,85 m, com piso telado, providos de comedouro e bebedouro tipo calha.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco níveis de fósforo disponível - Pd e dois ambientes térmicos), com nove repetições e seis aves por unidade experimental, para análise de desempenho. Para análise de variáveis ósseas foram utilizadas duas aves por gaiola.

As condições ambientais no interior das câmaras climáticas, temperatura e umidade relativa do ar, foram monitoradas e registradas diariamente, duas vezes ao dia (7h30 e 17h30), por meio de termômetros (bulbo seco, bulbo úmido e de globo negro) mantidos no centro das salas. Posteriormente, estes dados foram convertidos em ITGU (Índice de Temperatura de Globo e Umidade), conforme proposto por

Buffington et al. (1981), para caracterização do ambiente. O programa de luz adotado durante o período experimental foi o contínuo (24 horas de luz artificial), utilizando lâmpadas fluorescentes.

Durante o período experimental, as aves receberam rações experimentais (Tabela 9) formuladas à base de milho e farelo de soja e suplementadas com minerais e vitaminas para atender às suas exigências nutricionais, segundo as recomendações de Rostagno et al. (2005), exceto para o Pd.

Os tratamentos, que consistiram de diferentes níveis de Pd, foram constituídos de uma ração basal e outras quatro rações obtidas pela suplementação de fosfato bicálcico à ração basal, em substituição ao inerte e ao calcário calcítico, resultando em rações experimentais com 0,25; 0,35; 0,45; 0,55; e 0,65% de Pd, mantendo o nível de cálcio (Ca) constante em 0,837% para todos os tratamentos. O Pd dos alimentos utilizados nas rações experimentais foi calculado a partir do P total, considerando 33% de disponibilidade, como descrito por Rostagno et al. (2005).

O fornecimento das rações experimentais e de água às aves foi à vontade durante todo o período experimental, sendo a água trocada três vezes ao dia.

As variáveis avaliadas foram: ganho de peso, consumo de ração e de Pd, conversão alimentar e teor de cálcio (Ca) e P no osso.

Aos 42 dias, os frangos foram pesados. Posteriormente, duas aves de cada unidade experimental, com peso mais próximo à média do compartimento ( $\pm 10\%$ ), foram mantidas em jejum alimentar de 12 horas e abatidas. A tíbia direita de cada ave foi retirada, formando um “pool” de duas amostras por repetição, e em seguida congeladas para posterior análise laboratorial. Após o descongelamento, as tíbias foram descarnadas e pré-secas em estufa a 65°C por 72 horas. Em seguida, as amostras foram pré-desengorduradas em extrator Soxhlet e levados à estufa a 65°C para secagem, sendo, posteriormente trituradas em moinho de bola. As análises laboratoriais para determinação de matéria seca, dos teores de P e de Ca das rações experimentais e dos ossos foram realizadas no Laboratório da Rodes Química Cajati - LTDA, em Cajati – São Paulo.

As variáveis estudadas foram analisadas utilizando-se o Sistema de Análises Estatística e Genética – SAEG (UFV, 2003). Independente do efeito da interação ser ou não significativa, optou-se pelo desdobramento dos dados. Os valores de exigência de Pd foram estimados por meio de análise de regressão, conforme o melhor ajuste dos dados, sendo expressos em porcentagem e gramas/ave.

Tabela 9 - Composições centesimal e calculada das rações experimentais

Ingredientes (%)	Tratamentos				
	1	2	3	4	5
Milho (7,8%)	58,937	58,937	58,937	58,937	58,937
Farelo de soja (45%)	31,940	31,940	31,940	31,940	31,940
Óleo vegetal	4,616	4,616	4,616	4,616	4,616
Fosfato bicálcico	0,786	1,328	1,869	2,409	2,950
Calcário	1,433	1,087	0,742	0,397	0,052
Inerte <sup>1</sup>	0,950	0,754	0,558	0,363	0,167
Sal comum	0,479	0,479	0,479	0,479	0,479
DL-Metionina (99%)	0,247	0,247	0,247	0,247	0,247
L-Lisina-HCl (78,5%)	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208
L -Treonina	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059
Mistura vitamínica <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Mistura mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Anticoccidiano <sup>3</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto de colina 60%	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Antibiótico <sup>4</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Antioxidante <sup>5</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição calculada<sup>6</sup></b>					
EM (kcal/kg)	3150	3150	3150	3150	3150
Proteína bruta (%)	19,73	19,73	19,73	19,73	19,73
Met + cist digestível (%)	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791
Lisina digestível (%)	1,099	1,099	1,099	1,099	1,099
Treonina digestível (%)	0,714	0,714	0,714	0,714	0,714
Triptofano digestível (%)	0,214	0,214	0,214	0,214	0,214
Cálcio (%)	0,837	0,837	0,837	0,837	0,837
Sódio (%)	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208
Fósforo total (%)	0,460	0,560	0,660	0,760	0,860
Fósforo disponível	<b>0,250</b>	<b>0,350</b>	<b>0,450</b>	<b>0,550</b>	<b>0,650</b>

<sup>1</sup> Caulim

<sup>2</sup> Composição por kg de produto: vit. A, 5.600.000 UI; vit. D3, 1.200.000 UI; vit. E, 10.000 UI; vit. B1, 1.550 mg; vit B2, 4.000 mg; vit. B6, 2.080 mg; ácido pantotênico, 10.400 mg; vit K3, 1.200 mg; ácido fólico, 650 mg; niacina, 28.000 mg; vit B12, 8.000 µg; selênio, 300 mg; antioxidante, 0,50 g.

<sup>3</sup> Composição por kg do produto: manganês, 150.000 mg; zinco, 140.000 mg; ferro, 100.000 mg; cobre, 16.000 mg; iodo 1.500 mg.

<sup>4</sup> Salinomicina sódica – 60 ppm

<sup>5</sup> Avilamicina (10%)

<sup>6</sup> Hidroxi-butil-tolueno (BHT)

<sup>7</sup> Segundo Rostagno et al. (2005).

## Experimento 2 – Ensaio de metabolismo

Para a determinação do balanço de fósforo (P), foi conduzido um ensaio metabólico utilizando o método tradicional de coleta total de excretas.



Foram utilizados 400 frangos de corte machos, da linhagem Cobb<sup>®</sup>, vacinados contra as doenças de Marek e Bouda aviária, mantidos em câmaras climáticas com temperatura do ar e umidade relativa controladas, durante o período experimental. As câmaras climáticas foram ajustadas para permanecerem com temperaturas constantes de 22°C (termoneutro) e 32°C (alta temperatura) e umidade relativa entre 65 e 75%, sendo utilizados 200 frangos em cada ambiente.

O período experimental, dos 29 aos 35 dias de idade das aves, compreendeu um período de três dias (29° a 31° dia) de adaptação e um outro de quatro dias (32° a 35° dia) para coleta total das excretas.

Até os 28 dias de idade, as aves foram criadas em galpão convencional, sendo manejadas conforme o manual de criação da linhagem Cobb<sup>®</sup> (2005), e recebendo ração formulada para satisfazer suas exigências nutricionais, segundo Rostagno et al. (2000).

No 29° dia de idade, os frangos, com peso inicial de  $1416,7 \pm 78,5$  g, foram transferidos para as câmaras climáticas, quando teve início o período experimental. As aves foram alojadas no interior das câmaras, em baterias, providas de comedouros e de bebedouros tipo calha. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco níveis de Pd e dois ambientes térmicos), com oito repetições e cinco aves por unidade experimental.

O procedimento de monitoramento das condições ambientais no interior das salas, o programa de luz adotado, o manejo de água e ração e a composição das rações experimentais utilizadas foram idênticos aos descritos no experimento 1.

Após o período de adaptação, os comedouros foram esvaziados e limpos e foram realizadas as pesagens das rações a serem fornecidas, a fim de determinar o consumo de cada unidade experimental. As excretas foram coletadas durante quatro dias e duas vezes ao dia (8:00h e 16:00h), evitando assim, o início do processo fermentativo. Durante a coleta, foram retirados resíduos de ração e penas. As excretas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em freezer até o período final de coleta. Posteriormente, as amostras descongeladas, pesadas, homogeneizadas e alíquotas de 500 g foram pré-secas em estufa a 65°C por 72 horas. Em seguida, foram moídas em moinho tipo faca, com peneira de 2 mm, e acondicionadas para subseqüentes análises laboratoriais.

As análises laboratoriais para determinação de matéria seca (MS) e dos teores de P das excretas foram realizadas no Laboratório da Rodes Química Cajati - LTDA, em Cajati – São Paulo.

Para o cálculo do coeficiente de retenção de fósforo (CRP) foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{CRP} = \frac{\text{P ingerido (g)} - \text{P excretado (g)}}{\text{P ingerido (g)}} \times 100$$

As variáveis estudadas foram analisadas utilizando-se o Sistema de Análises Estatística e Genética – SAEG (Universidade Federal de Viçosa, 2003). Independente do efeito da interação optou-se pelo desdobramento dos dados.

## Resultados e Discussão

### Experimento 1 – Avaliação do desempenho e variáveis ósseas

Durante o período experimental, no ambiente de termoneutralidade, a temperatura do ar manteve-se em  $22,8 \pm 0,84^{\circ}\text{C}$  e a umidade relativa em  $71 \pm 6,4\%$ , correspondente a um ITGU (índice de temperatura de globo e umidade) calculado de  $71 \pm 1,4$ . No ambiente de estresse por calor, a temperatura do ar e a umidade relativa foram mantidas, durante o período experimental, respectivamente, em  $32,1 \pm 0,53^{\circ}\text{C}$  e  $67 \pm 3,8\%$ , correspondendo a um ITGU calculado de  $82 \pm 0,60$ .

Considerando que o manual de criação da linhagem Cobb (2005) preconiza a temperatura do ar de 22 a  $25^{\circ}\text{C}$  e a umidade relativa de 60 a 75% como ambiente ótimo para a criação de frangos de corte, no período de 22 a 42 dias de idade, pode-se afirmar que os ambientes térmicos nos quais as aves foram expostas neste estudo foram caracterizados.

Além disso, com relação à sensação térmica, os valores de ITGU encontrados evidenciam as condições de conforto ( $71 \pm 1,4$ ) e desconforto térmico por calor ( $82 \pm 0,60$ ) a que as aves foram expostas neste estudo. Essa conjectura é fundamentada no fato de que valores de ITGU acima de 77 podem refletir em piora na conversão alimentar e redução no ganho de peso das aves, indicando desconforto em virtude de estresse, de acordo com Silva (2002).

Os níveis de Pd influenciaram o consumo de ração (CR) em ambos os ambientes térmicos (Tabela 10). Enquanto no ambiente termoneutro o CR diminuiu linearmente ( $P < 0,03$ ) segundo a equação:  $\hat{Y} = 3245,90 - 250,613\text{Pd}$  ( $r^2 = 0,61$ ), no ambiente de alta temperatura houve um aumento de forma quadrática ( $P < 0,06$ ) até o nível estimado de 0,46% de Pd (Figura 11). Lima (1995) também verificou variação significativa na ingestão voluntária de ração quando os níveis de Pd variaram de 0,153 a 0,531%, sendo o maior consumo obtido com 0,305% de Pd, verificando que o excesso de P pode prejudicar o CR. Esses resultados são contrários aos encontrados por Gomes et al. (1994 e 2004) e Rama Rao et al. (2006) que não constataram influência dos níveis de Pd sobre o CR de frangos de corte na fase final de crescimento.

No ambiente de termoneutralidade observou-se que o GP diminuiu linearmente ( $P < 0,02$ ) à medida que se aumentou o nível de Pd na ração (Tabela 10),

Tabela 10 - Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e consumo de fósforo (CPd) de frangos de corte na fase de 22 a 42 dias de idade, recebendo diferentes níveis de fósforo disponível na ração, mantidos em diferentes ambientes térmicos

Variável	Níveis de fósforo disponível (%)					Média	CV (%)
	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65		
Termoneutralidade (22°C)							
CR <sup>1</sup> (g)	3197	3124	3173	3078	3094	3133a	3,26
GP <sup>2</sup> (g)	1957	1943	1946	1896	1900	1929a	3,00
CA	1,63	1,61	1,63	1,62	1,63	1,62a	2,49
CPd <sup>3</sup>	7,99	10,93	14,28	16,93	20,11	14,05a	3,84
Alta Temperatura (32°C)							
CR <sup>4</sup> (g)	2483	2531	2559	2524	2499	2519b	3,45
GP <sup>5</sup> (g)	1433	1478	1521	1472	1451	1471b	3,51
CA <sup>6</sup>	1,73	1,71	1,68	1,71	1,72	1,71b	2,44
CPd <sup>3</sup> (g)	6,21	8,86	11,52	13,88	16,24	11,34b	3,68

<sup>1, 2, e 3</sup> Efeito linear (P<0,03), (P<0,02) e (P<0,01), respectivamente.

<sup>4, 5 e 6</sup> Efeito quadrático (P<0,06), (P<0,01) e (P<0,04) respectivamente.

Médias seguidas de letras diferentes para cada variável entre os ambientes diferem pelo teste F (P<0,05).

segundo a equação:  $\hat{Y} = 2001,02 - 161,048Pd$  ( $r^2 = 0,80$ ). De forma similar, Gomes et al. (2004) observaram que com o aumento do nível de Pd na ração, houve redução no GP das aves de 22 a 42 dias de idade. Em estudo conduzido por Yan et al. (2001), os autores também evidenciaram, que o excesso de P prejudicou a taxa de crescimento das aves, sendo o nível estimado de 0,186% de Pd para máximo GP de frangos de corte de 3 a 6 semanas de idade. Por outro lado, em ambiente de calor o GP aumentou (P<0,01) de forma quadrática até o nível estimado de 0,46% de Pd (Figura 12). Aumento significativo na taxa de crescimento de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade em função dos níveis de Pd na ração também foi verificado por Gomes et al. (1994) que observaram aumento no GP das aves quando o nível de Pd da ração variou de 0,17 a 0,47%. Em contrapartida, Rama Rao et al. (2006) e Santos (2008) verificaram que o GP não foi afetado pelo aumento de Pd na ração.

A CA dos frangos expostos á alta temperatura melhorou (P<0,04) em função dos níveis de Pd da ração até o nível estimado de 0,46% (Figura 13). Por outro lado, não foi verificada variação significativa (P>0,10) nos valores de CA dos frangos em ambiente de termoneutralidade (Tabela 10). Corroborando com os resultados deste estudo, Lima (1995), Yan et al. (2001) e Gomes et al. (2004) não encontraram diferenças significativas para CA de frangos de corte de 22 a 42 dias idade.

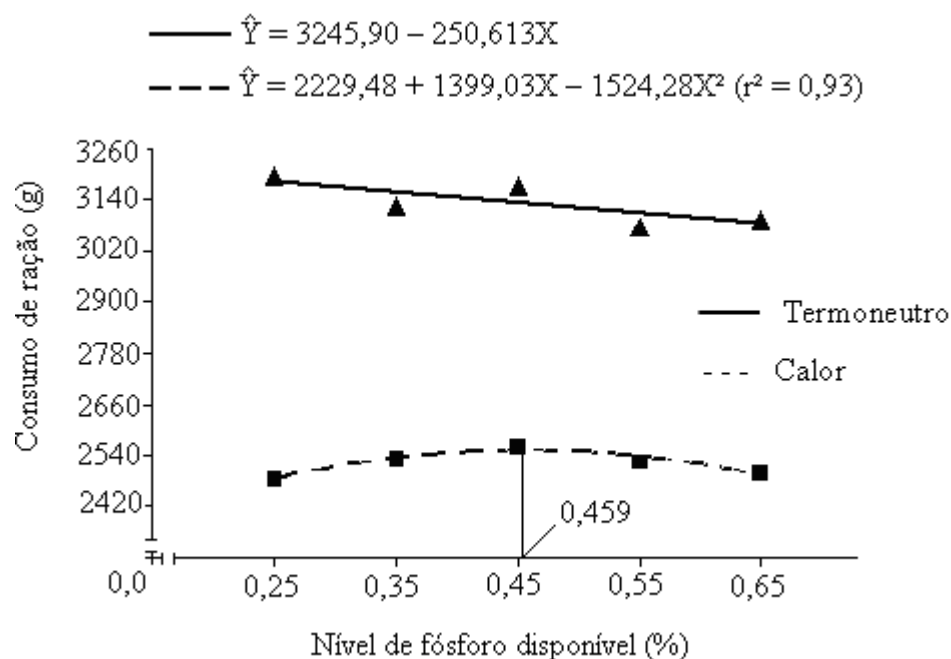


Figura 11 – Consumo de ração (g) de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

Com esses resultados ficou possível demonstrar que o ambiente térmico, provavelmente, influencia o metabolismo das aves, a ponto de alterar sua resposta de eficiência de utilização de alimento para GP em função dos níveis de P da ração.

Para o ambiente de termoneutralidade o nível de Pd (0,25%) que proporcionou o melhor resultado de desempenho neste estudo foi similar aos níveis de 0,26, 0,28 e 0,26% encontrados, respectivamente, por Sebastian et al. (1996), Angel et al. (2000), Ling et al. (2000), e está abaixo do nível de 0,442% obtido por Gomes et al. (2004), daquele de 0,45% preconizado no manual da linhagem Cobb (2005), de. Enquanto que, para o ambiente de alta temperatura o nível encontrado (0,46%) está acima dos níveis verificados por Sebastian et al. (1996), Angel et al. (2000) e Ling et al. (2000) e está similar ao recomendado por Gomes et al. (2004) e pelo manual da linhagem Cobb (2005).

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que a exigência dos frangos de corte mantidos em termoneutralidade foi menor que a das aves mantidas em ambiente de alta temperatura, o que contrasta a proposição de Persia et al. (2003), que relatou que, o estresse por calor crônico resulta na diminuição da exigência de P para frangos em crescimento.

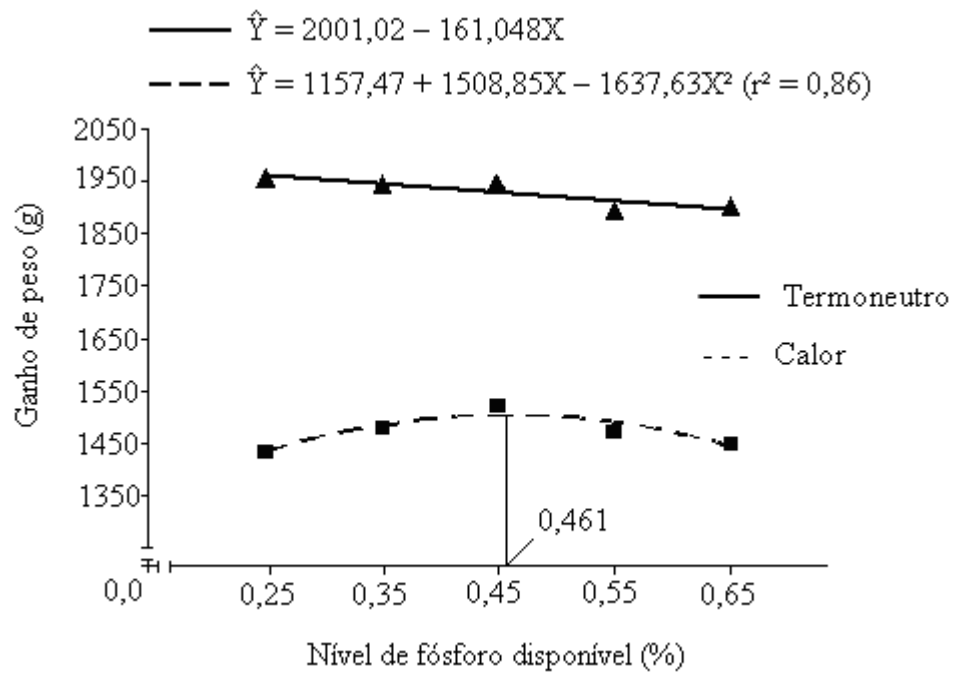


Figura 12 – Ganho de peso (g) de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

Segundo Cabral (1999) e Rebollar & Mateos (1999), a falta de concordância entre os pesquisadores sobre os níveis adequados de Pd pode ser atribuída a diversos fatores ambientais (temperatura, densidade de criação), nutricionais (ingredientes, níveis de energia), genéticos e de manejo, que influem na exigência desse mineral pelas aves, ressaltando que diferentes metodologias são utilizadas na determinação das exigências nutricionais de P.

Com os resultados de CR, GP e CA de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade criados em ambiente termoneutro obtidos neste estudo, pode-se inferir que aumento dos níveis de Pd na ração afetou negativamente o desempenho das aves, sugerindo que a ração formulada com o nível mais baixo de Pd (0,25%) não foi deficiente em P e que, a maior concentração de ácido fítico presente nesta ração, não prejudicou o desempenho das aves sob estas condições. Este resultado pode ser atribuído, segundo Sebastian et al. (1998) e Laurentiz (2007), à maior atividade enzimática do sistema digestivo e ao maior conteúdo de fitase intestinal das aves na fase final de crescimento, tornando o P fítico proveniente dos alimentos vegetais mais disponíveis nesta fase. Além disso, de acordo com Bedford (2000) e Catalá-Gregory et al. (2007), há maior maturidade do trato gastrointestinal e a taxa de

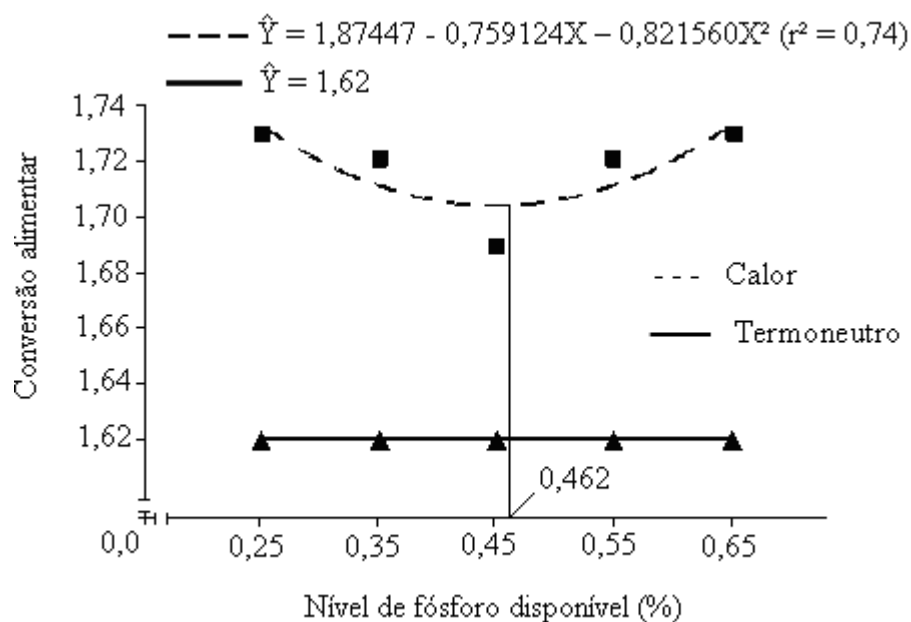


Figura 13 – Conversão alimentar de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

passagem do alimento tende a ser mais lenta em animais mais velhos, permitindo ótima oportunidade para a atividade da fitase das bactérias residentes e de secreções endógenas digestivas.

Outra hipótese para este resultado pode ser fundamentada na proposição de Denbow et al. (1995), que aves em crescimento que consomem rações com baixos níveis de P inorgânico possuem maior capacidade para hidrolisar o fitato do que aquelas que recebem níveis altos. Resultados de um estudo sobre o efeito de diferentes níveis de Ca e Pd na habilidade dos frangos de corte em hidrolisar o fitato conduzido por Ballam et al. (1984) citado por Pizzolante et al. (2002) evidenciaram que a adição de P inorgânico como fosfato bicálcico diminui a hidrólise do fitato. Ainda, de acordo com Sandberg et al. (1993), o nível de Pd na ração pode ser afetado pelo grau de degradação do fitato. Portanto, com o aumento na disponibilidade de P fítico, torna-se possível a redução dos níveis de P provenientes de fonte inorgânicas, como o fosfato bicálcico, para aves criadas em termoneutralidade de 22 a 42 dias de idade.

Com base no relatado anteriormente, pode-se deduzir que a melhor utilização do fitato pelos animais em crescimento, associado à adição de P inorgânico na ração, pode ter levado a um excesso de P nos tratamentos com maiores níveis de Pd, prejudicando o desempenho das aves criadas na termoneutralidade. Shafey &

McDonald (1991) constataram que o excesso de P na ração pode reduzir o desempenho das aves, por meio da diminuição na digestibilidade de nutrientes, em função da queda da absorção dos mesmos e da permeabilidade da parede intestinal. Este fato não ocorreu no ambiente de estresse por calor, porque as aves estressadas já apresentam uma redução na eficiência de utilização de nutrientes, devido à uma digestibilidade mais baixa, além de um aumento na excreção de minerais (Laganá, 2005), portanto, a melhor utilização do fitato em razão da idade, não pôde se evidenciada, conseqüentemente, os animais tiveram que consumir maior quantidade de P para satisfazerem as suas necessidades metabólicas. Assim, pode-se inferir que, a pior utilização de P das aves em estresse por calor, aumentou a exigência nutricional deste mineral.

No ambiente de termoneutralidade, o nível de 0,25% de Pd proporcionou melhor desempenho das aves, apesar do menor consumo de P, quando comparado com os outros níveis estudados. Desse modo, pode-se inferir que, o maior consumo de Pd apresentado pelas aves que consumiram ração com maiores níveis de Pd, o P pode ter sido utilizado, prioritariamente, para deposição nos ossos e o excesso do nutriente, ter resultado em maior excreção deste mineral.

Com relação ao efeito do ambiente térmico, independentemente do nível de Pd, foi constatado que os frangos submetidos ao estresse por calor apresentaram ( $P < 0,05$ ) pior desempenho (GP e CA) quando comparados às aves criadas em termoneutralidade (Tabela 10), o que corroboram com diversos estudos (Bertechini et al., 1991; Bonnet et al., 1997; Laganá, 2005; Furlan, 2006).

O pior desempenho das aves em estresse pode se atribuído, entre outros fatores, a uma diminuição no CR (Curtis, 1983; Rostagno, 1995; Valerio et al., 2003). Esta variação no CR em resposta ao ambiente térmico pode ser considerada um mecanismo termorregulatório. Segundo Oliveira et al. (2006) a redução no desempenho de aves sob influência do calor é atribuída, principalmente, à inabilidade da ave em eliminar o excesso de calor corporal.

A exigência de Pd que proporcionou os melhores resultados de desempenho das aves mantidas na termoneutralidade (8,0 g) foi menor do que a observada o ambiente de calor (11,6 g). Estes resultados contrariam as expectativas (Persia et al., 2003) e os piores resultados de desempenho obtidos pelas aves em estresse por calor, e podem ser justificados pelo fato de que, os frangos submetidos a condições de estresse por calor têm a retenção de P reduzida devido ao aumento da excreção



(Persia et al., 2003), assim como, por uma redução na absorção de P pelo trato gastrointestinal (Belay et al., 1992).

Com relação as variáveis ósseas (Tabela 11), no ambiente de termoneutralidade, os níveis de Pd estudados não influenciaram ( $P>0,10$ ) a porcentagem (%) nem a quantidade (g) de cálcio no osso (CaO), entretanto no ambiente de alta temperatura foi verificado um aumento de forma quadrática destes variáveis ( $P<0,04$  e  $P<0,01$ ) até os níveis estimados, respectivos, de 0,48% (Figura 14) e 0,47% (Figura 15) de Pd.

Independente do ambiente térmico, os níveis de Pd da ração influenciaram de forma quadrática tanto a % quanto a quantidade (g) de fósforo no osso (PO) (Tabela 11). No ambiente termoneutro, as variáveis (% e g) de PO aumentaram ( $P<0,02$  e  $P<0,07$ ) até os níveis estimados de, respectivamente, 0,51% (Figura 16) e 0,56% (Figura 17). No ambiente de calor a % ( $P<0,10$ ) e a quantidade ( $P<0,01$ ) de PO aumentaram até os níveis estimados respectivos de 0,55% (Figura 16) e 0,48% (Figura 17) de Pd.

Resposta similar de variação significativa na quantidade de PO também foi constatada por Gomes et al. (1994), Lima (1995) e Yan et al. (2000). Em contrapartida, Gomes et al. (2004) não observaram efeito dos níveis de Pd sobre PO.

Tabela 11 - Cálcio no osso (CaO), fósforo no osso (PO) e relação cálcio:fósforo (Ca:P) de frangos de corte aos 42 dias de idade recebendo diferentes níveis de fósforo disponível na ração, mantidos em diferentes ambientes térmicos

Variável	Níveis de fósforo disponível (%)					Média	CV (%)
	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65		
Termoneutralidade (22°C)							
CaO (%)	20,89	20,82	21,53	20,97	20,33	20,91a	7,87
CaO (g)	5,87	5,92	6,38	6,27	6,02	6,09a	9,99
PO (%) <sup>1</sup>	9,99	10,33	10,32	10,44	10,31	10,28a	2,37
PO(g) <sup>2</sup>	2,81	2,94	3,05	3,13	3,06	2,99a	6,02
Ca:P	2,09	2,02	2,09	2,01	1,97	2,04a	8,27
Alta Temperatura (32°C)							
CaO (%) <sup>3</sup>	20,06	20,80	21,21	20,99	20,55	20,72a	5,45
CaO (g) <sup>4</sup>	4,81	5,06	5,56	5,25	4,96	5,13b	9,12
PO (%) <sup>5</sup>	9,86	10,06	10,14	10,22	10,16	10,09b	2,45
PO (g) <sup>4</sup>	2,37	2,45	2,66	2,56	2,45	2,50b	7,72
Ca:P	2,03	2,07	2,09	2,05	2,02	2,05a	4,80

<sup>1, 2, 3, 4, e 5</sup> Efeito quadrático ( $P<0,02$ ), ( $P<0,07$ ), ( $P<0,04$ ), ( $P<0,01$ ) e ( $P<0,10$ ), respectivamente Médias seguidas de letras diferentes para cada variável entre os ambientes diferem pelo teste F ( $P<0,05$ ).

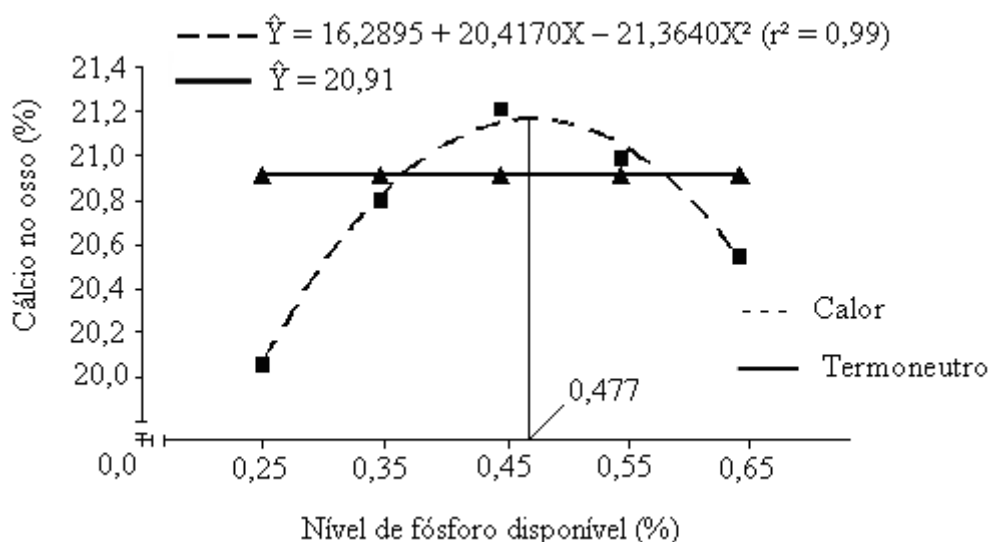


Figura 14 – Cálculo no osso (%) de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

Resposta similar de variação significativa na quantidade de PO também foi constatada por Gomes et al. (1994), Lima (1995) e Yan et al. (2000). Em contrapartida, Gomes et al. (2004) não observaram efeito dos níveis de Pd sobre PO.

Com relação ao ambiente térmico foi verificado que a tíbia das aves submetidas ao estresse por calor apresentou menor valor de % e g de PO ( $P < 0,05$ ) do que a tíbia das aves mantidas em termoneutralidade. Estes resultados podem indicar que as aves no termoneutro tiveram maior capacidade em depositar P no osso quando comparadas às aves estressadas, o que pode ser justificado pela menor disponibilidade do mineral, em razão do menor CR e menor digestibilidade do nutriente (Laganá, 2005). Este resultado corrobora a afirmativa de Murakami (2000) que diz que as aves em estresse por calor tendem a apresentar maior incidência de anormalidades de crescimento ósseo.

Em ambos os ambientes, os níveis de Pd não influenciaram ( $P > 0,10$ ) a relação Ca: P no osso, assim como, não houve diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os ambientes para este parâmetro, independente dos níveis de Pd (Tabela 11). Este resultado pode caracterizar uma tendência da ave em manter constante a relação de Ca e P depositados nos ossos, mantendo a relação Ca:P em aproximadamente 2:1, evidenciando que estes minerais estão associados no metabolismo ósseo.

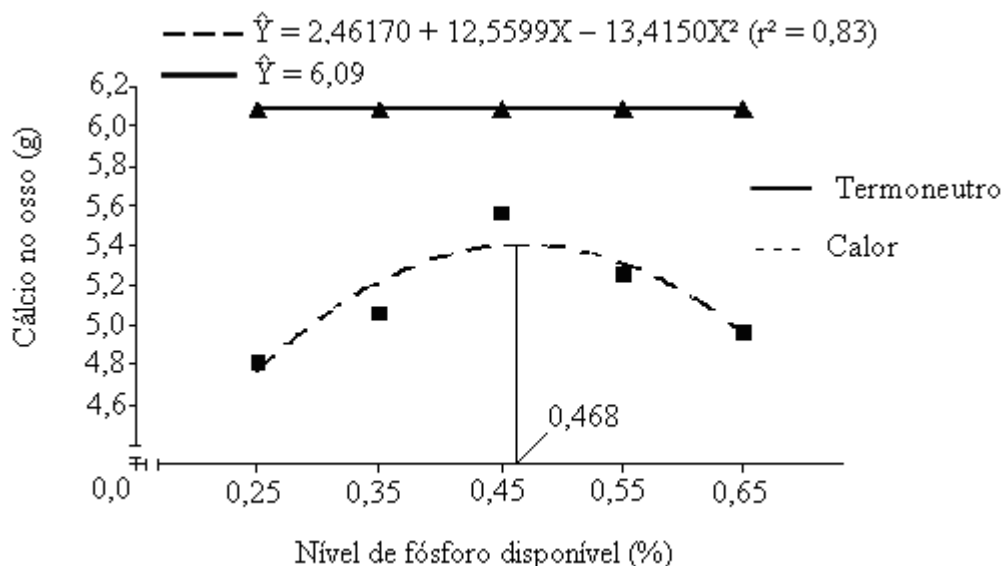


Figura 15 – Cálculo no osso (g) de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

Observou-se, neste estudo, que as exigências de Pd que proporcionaram melhor mineralização óssea, em ambos os ambientes, foram superiores as exigências encontrados para máximo desempenho. Este resultado está em conformidade com as proposições de diversos autores (Gomes et al., 1994; Yan et al., 2001; Karimi, 2006), que relatam que as necessidades de P para deposição são maiores do que para ganho.

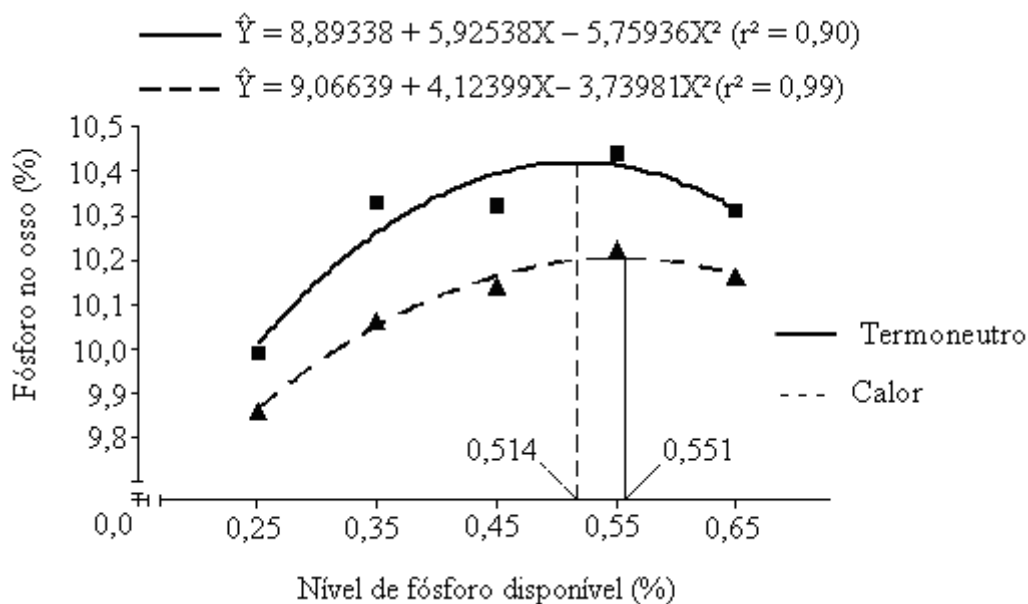


Figura 16 – Fósforo no osso (%) de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

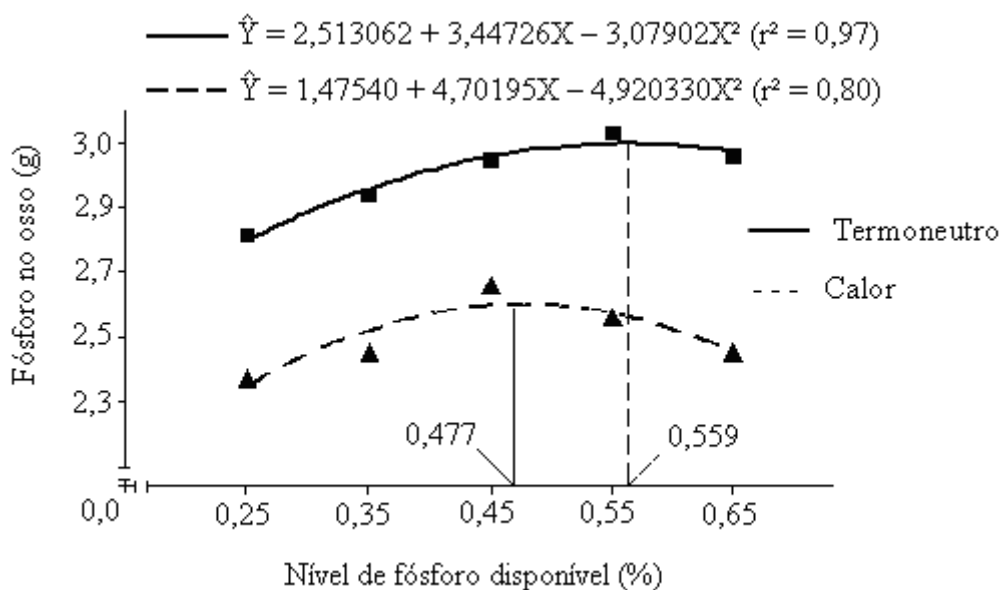


Figura 17 – Fósforo no osso (g) de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

Foi observado, no presente trabalho, que no ambiente de termoneutralidade, o nível de 0,25% de Pd proporcionou melhor desempenho dos frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, apesar do menor consumo de Pd, quando comparado com os outros níveis estudados. Dessa forma, com os resultados de variáveis ósseas aqui obtidas, pode-se inferir que, a melhor utilização de P, não compensou o menor consumo do nutriente, diminuindo o mineral no osso, e o maior consumo de Pd apresentado pelas aves que consumiram ração com maiores níveis de Pd, o P pode ter sido utilizado, prioritariamente, para deposição nos ossos, tendo em vista, que com o aumento do nível de Pd na ração houve um aumento na quantidade P depositado nos ossos. O mesmo resultado foi verificado por Bar et al. (2003).

### Experimento 2 – Ensaio de metabolismo

No ambiente termoneutro, durante o período experimental, a temperatura do ar manteve-se em  $22,1 \pm 1,6^{\circ}\text{C}$  e a umidade relativa em  $72 \pm 7,6\%$ . O ITGU calculado foi de  $70 \pm 2$ , que caracterizou o ambiente em estudo. Segundo Oliveira Neto et al. (1999), o ambiente com ITGU de até 72 caracteriza o ambiente térmico como de conforto.

No ambiente de alta temperatura, a temperatura interna e a umidade relativa das salas, no período de 32 a 35 dias, mantiveram-se em  $31,5 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $67 \pm 5,6\%$ , respectivamente. O ITGU calculado foi de  $82 \pm 1,1$ . A temperatura de  $31,5^{\circ}\text{C}$ , observada neste trabalho, pode ser considerada como de estresse por calor, pois foi superior ao intervalo de termoneutralidade ( $22$  a  $25^{\circ}\text{C}$ ) estabelecido pelo manual da linhagem (Cobb, 2005).

Independente do ambiente em que as aves foram criadas foi verificado efeito ( $P < 0,01$ ) dos níveis de Pd sobre a ingestão de P, que aumentou (Tabela 12) de forma linear segundo as equações:  $\hat{Y} = 6,62841 + 30,0742\text{Pd}$  ( $r^2 = 0,99$ ), para o ambiente termoneutro, e  $\hat{Y} = 5,90187 + 23,0081\text{Pd}$  ( $r^2 = 0,99$ ), para o ambiente de alta temperatura.

O aumento dos níveis de Pd na ração ocasionou aumento linear ( $P < 0,01$ ) na quantidade de P excretado (PE) (Tabela 12), representado pelas seguintes equações:  $\hat{Y} = -0,330992 + 23,5032\text{Pd}$  ( $r^2 = 0,99$ ), para o ambiente termoneutro, e,  $\hat{Y} = 2,18657 + 16,4551\text{Pd}$  ( $r^2 = 0,99$ ), para o ambiente de estresse por calor. Resultados similares foram encontrados por Martins (2003) e Queiroz (2008), que também observaram um efeito linear dos níveis de Pd sobre a excreção de P, onde a utilização de menores níveis de Pd foi responsável pela menor excreção do mesmo. Da mesma forma, Waldroup et al. (2000) e Yan et al. (2000) reportaram redução do conteúdo de P fecal em rações com baixo nível de Pd, ocorrendo um aumento à medida que se aumentou o conteúdo de Pd na ração.

Foi verificado efeito ( $P < 0,01$ ) dos tratamentos sobre o P retido, que aumentou (Tabela 12) de forma linear, segundo as equações:  $\hat{Y} = 6,95940 + 6,57099\text{Pd}$  ( $r^2 = 0,91$ ), para o ambiente termoneutro e,  $\hat{Y} = 3,71530 + 6,55301\text{Pd}$  ( $r^2 = 0,93$ ) para o ambiente de calor.

Entretanto, verificou-se que, o coeficiente de retenção de P (CRP) decresceu linearmente em função os níveis de Pd na ração, tanto para termoneutralidade ( $P < 0,01$ ) quanto para alta temperatura ( $P < 0,03$ ), segundo as respectivas equações:  $\hat{Y} = 69,1984 - 41,8053\text{Pd}$  ( $r^2 = 0,98$ ) e  $\hat{Y} = 49,5793 - 18,4037\text{Pd}$  ( $r^2 = 0,84$ ). Maiores CRP foram encontrados para o nível de 0,25% de Pd, assim como os menores valores de excreção.

Com base nestes resultados de PE e CRP obtidos, pode-se inferir que ocorreu melhor utilização de P fitico em rações que apresentaram menor concentração deste mineral (0,25%), implicando em menor excreção e conseqüente, maior retenção de P.

Tabela 12 - Fósforo total excretado (PE), fósforo total ingerido (PI), fósforo retido (PR) e coeficiente de retenção de fósforo (CRP) de frangos de corte de 32 a 35 dias de idade em função de diferentes níveis de fósforo disponível, mantidos em diferentes ambientes térmicos

Variável	Níveis de fósforo disponível (%)						Média	CV (%)
	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65			
Termoneutralidade (22°C)								
PI (g) <sup>1</sup>	14,31	17,40	19,51	23,08	26,51	20,16a	5,84	
PE (g) <sup>1</sup>	5,99	7,64	9,87	12,32	15,40	10,25a	8,62	
PR (g) <sup>1</sup>	8,32	9,76	9,64	10,76	11,11	9,92a	9,45	
CRP (%) <sup>1</sup>	58,07	56,08	49,34	46,49	41,96	50,39a	7,33	
Alta Temperatura (32°C)								
PI (g) <sup>1</sup>	11,40	14,16	16,41	18,65	20,68	16,27b	10,21	
PE (g) <sup>1</sup>	6,26	8,15	9,26	11,44	12,85	9,56b	11,32	
PR (g) <sup>1</sup>	5,13	6,01	7,15	7,21	7,83	6,71b	21,47	
CRP (%) <sup>2</sup>	44,95	42,12	43,42	38,36	37,63	41,50b	15,89	

<sup>1e2</sup> Efeito linear (P<0,01) e (P<0,03), respectivamente.

Médias seguidas de letras diferentes para cada variável entre os ambientes diferem pelo teste F (P<0,05).

Essa tendência de excreção mostra que a eficiência de retenção de P diminui quando os níveis de P na ração aumentam. O mesmo foi observado por Angel et al. (2001), Rama Rao et al. (2006) e Leske & Coon (2002). Alguns autores (Rosol & Capen, 1997; Queiroz, 2008) afirmam que rações com baixo nível de Pd ocasionam alterações no metabolismo, que permitem melhor aproveitamento do fitato e a secreção de substâncias que promovam a otimização da absorção de P intestinal. Segundo Bar et al. (2003) a maior absorção de P é, provavelmente, resultado do aumento da taxa de formação de 1,25 dihidroxicalciferol, que é o metabólito ativo da vitamina D. Além disso, a maior atividade enzimática do sistema digestivo das aves na fase final de crescimento (Laurentiz, 2007) e o maior conteúdo (Sebastian et al., 1998) e atividade (Punna & Roland, 2001) de fitase intestinal de frangos em crescimento, também podem justificar a melhor utilização de P fítico pelos frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, observado neste estudo.

Relacionando os resultados de desempenho (Tabela 10) e de metabolismo de P (Tabela 12) obtidos neste estudo, pode-se observar que no ambiente de alta temperatura, o menor nível de Pd estudado (0,25%) que proporcionou maior CRP não foi adequado para a obtenção do máximo desempenho, obtido no nível de 0,46% de Pd. Assim, a possível maior disponibilidade de P fítico, o que ocasionou maior retenção de P no ambiente de estresse por calor, não proporcionaram melhor

desempenho das aves neste ambiente. Este resultado corrobora com Cortelazzi (2006) e Queiroz (2008) que verificaram que a necessidade de P dietético para máxima retenção não é necessariamente para máximo desempenho e mineralização óssea.

Analisando o ambiente de termoneutralidade, os resultados de desempenho refletiram o comportamento observado para o CRP, onde se verificou que o nível de 0,25% de Pd proporcionou o melhor desempenho e o melhor CRP. Os resultados corroboram com a afirmação de Waldroup et al. (2000) e Yan et al. (2000) que dizem que rações formuladas com exigência mais próxima da real diminuem a excreção de P.

Na Tabela 12 é possível verificar que, no ambiente termoneutro houve maior ( $P < 0,05$ ) excreção de P pelas aves do que no ambiente de alta temperatura. Este fato pode ter ocorrido, possivelmente, em função do maior CR, por conseguinte, maior consumo de P, ocasionando maior excreção do mesmo. No entanto, o P retido e o CRP foram maiores ( $P < 0,05$ ) na termoneutralidade do que no estresse por calor, o que evidencia o efeito da temperatura sobre o metabolismo do P, alterando a eficiência de sua retenção. Esse resultado atende as expectativas. Vários autores (Ait-Boulahsen et al., 1993; Usayran et al., 2001; Persia et al., 2003) relatam que a retenção de P é reduzida em condições de estresse por calor.

A menor retenção e coeficiente de retenção de P observados no ambiente de alta temperatura comparado ao ambiente termoneutro, refletiram o comportamento de desempenho observado neste estudo, explicando o porque que a maior exigência de Pd (11,6 g) das aves em estresse por calor não resultou em melhor desempenho quando comparado aos frangos da termoneutralidade, que tiveram menor exigência de Pd (8,0 g) e melhor GP e CA.

Associando os resultados de metabolismo de P (Tabela 12) com os dados de variáveis ósseas (Tabela 11), pode-se inferir que, o nível de Pd (0,25%) que proporcionou máxima retenção de P em ambos os ambientes, não resultou em melhor mineralização óssea, concluindo que a maior absorção de P não compensou o menor consumo do nutriente, diminuindo a quantidade deste mineral no osso.

Tabela 13 – Resumo dos valores de exigência de Pd para frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, mantidos em diferentes ambientes térmicos, considerando as variáveis de desempenho, estimadas pelo modelo de regressão

Variável	Equação de regressão	Exigências		r <sup>2</sup>	CV (%)
		(%)	(g)		
Termoneutralidade (22°C)					
CR	$\hat{Y} = 3245,90 - 250,613X$	0,250	8,0	0,61	3,26
GP	$\hat{Y} = 2001,02 - 161,048X$	0,250	8,0	0,80	3,00
CPd	$\hat{Y} = 0,442560 + 30,2364X$			0,99	3,84
Alta Temperatura (32°C)					
CR	$\hat{Y} = 2229,48 + 1399,03X - 1524,28X^2$	0,459	11,6	0,93	3,45
GP	$\hat{Y} = 1157,47 + 1508,85X - 1637,63X^2$	0,461	11,6	0,86	3,51
CA	$\hat{Y} = 1,87447 - 0,759124X - 0,82156X^2$	0,462	11,6	0,74	2,44
CPd	$\hat{Y} = 0,0501656 + 25,0871X$			0,99	3,68

Tabela 14 – Resumo dos valores de exigência de Pd para frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, mantidos em diferentes ambientes térmicos, considerando as variáveis ósseas, estimadas pelo modelo de regressão

Variável	Equação de regressão	Exigências		r <sup>2</sup>	CV (%)
		(%)	(g)		
Termoneutralidade (22°C)					
PO (%)	$\hat{Y} = 8,89338 + 5,92538X - 5,75936X^2$	0,514	16,0	0,90	2,37
PO (g)	$\hat{Y} = 2,513062 + 3,44726X - 3,07902X^2$	0,559	17,3	0,97	6,02
Alta Temperatura (32°C)					
CaO (%)	$\hat{Y} = 16,2895 + 20,4170X - 21,3640X^2$	0,477	12,0	0,99	5,45
CaO (g)	$\hat{Y} = 2,46170 + 12,5599X - 13,4150X^2$	0,468	11,8	0,83	9,12
PO (%)	$\hat{Y} = 9,06639 + 4,12399X - 3,73981X^2$	0,551	13,9	0,99	2,45
PO (g)	$\hat{Y} = 1,47540 + 4,70195X - 4,92033X^2$	0,477	12,0	0,80	7,72

Tabela 15 – Resumo dos valores de exigência de Pd para frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, mantidos em diferentes ambientes térmicos, considerando o balanço de fósforo, estimado pelo modelo de regressão

Variável	Equação de regressão	Exigências		r <sup>2</sup>	CV (%)
		(%)	(g)		
Termoneutralidade (22°C)					
PE	$\hat{Y} = -0,330992 + 25,5032X$	0,250	8,00	0,99	8,62
PR	$\hat{Y} = 6,95940 + 6,57099X$	0,650	20,1	0,91	9,45
CRP	$\hat{Y} = 69,1984 - 41,8053X$	0,250	8,00	0,98	7,33
Alta Temperatura (32°C)					
PE	$\hat{Y} = 2,18657 + 16,4551X$	0,250	6,32	0,99	11,32
PR	$\hat{Y} = 3,71530 + 6,55301X$	0,650	16,4	0,93	21,47
CRP	$\hat{Y} = 49,5793 - 18,4037X$	0,250	6,32	0,84	15,89



## **Conclusão**

O nível de 0,25% e o nível estimado de 0,51% de fósforo disponível, correspondentes a consumos estimados respectivos de 8,0 e 15,8 g, proporcionaram, respectivamente, melhores características de desempenho e mineralização óssea de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade mantidos em termoneutralidade.

Os níveis estimados de fósforo disponível nas rações de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade mantidos em ambiente de alta temperatura que maximizaram o desempenho e as características ósseas são de, respectivamente, 0,46 e 0,55%, correspondentes a consumos estimados respectivos de 11,6 e 13,8 g.

## Literatura Citada

- ADEOLA, O.; DILGER, R.N.; ONYANGO, E.M. et al. Utilización del fósforo em aves y ganado porcino. En: **XXI Curso de Especialización FEDNA**. 7 y 8 de Noviembre. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Madrid, España. p.343-365, 2005.
- AIT-BOULAHSEN, A.; GARLICH, J.D; EDENS, F.W. Calcium deficiency and food deprivation improve the response of chickens to acute heat stress. **The Journal Nutrition**, v.123, p.98 -105, 1993.
- ANGEL, R.; APPLGATE, T.J.; CHRISTMAN, M. Effect of dietary non-phytate phosphorus (nPP) on performance and bone measurements in broilers fed on a four-phase feeding system. **Poultry Science**, v.79 (Suppl. 1), p.21-22, 2000.
- ANGEL, R.; DHANDU,A.S.; APPLGATE, T.J. et al. Phosphorus sparing effect of phytase, 25 –hydroxycholecalciferol, and citric acid when fed to broiler chicks. **Poultry Science**, v.80 (Suppl 1), p.133-134 (abst), 2001
- BAR, A.; SHINDER, D.; YOSEFI, S. et al. Metabolism and requirements for calcium and phosphorus in the fast-growing chicken as affect by age. **British Journal of Nutrition**, v.89, p.51-60, 2003.
- BEDFORD, M.R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition – Their current value and future benefits. **Animal Feed Science and Technology**, v.86, p.1-13, 2000.
- BELAY, T.; WIERNUSZ, C.J.; TEETER, R.G. Mineral balance and urinary and fecal mineral excretion profile of broilers housed in thermoneutral and heat distressed environments. **Poultry Science**, v.71, p.1043-1047, 1992.
- BERTECHINI, A.G.; ROSTAGNO, H.S.; SILVA, M.A. Efeitos da temperatura ambiente e nível de energia da ração sobre desempenho e a carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.3, p.219-229, 1991.
- BONNET, S.; GERAERT, P.A.; LESSIRE, M. et al. Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. **Poultry Science**, v.76, p.857-863, 1997.
- BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v.24, p.711-714, 1981.
- CABRAL, G.H. **Níveis de cálcio em rações para frango de corte**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 83p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- CATALÁ-GREGORI, P.; GARCÍA, V.; MADRID, J. et al. Response of broilers to feeding low-calcium and total phosphorus wheat-soybean diets plus phytase: performance, digestibility, mineral retention and tibiotarsus mineralization. **Canadian Journal of Animal Science**, v.87, n.4, p.563-569, 2007.

- CORTELAZZI, C.Q.L. **Fósforo disponível para frangos de corte em fosfatos para alimentação animal**. Pirassununga: Universidade de São Paulo, 2006. 62p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade de São Paulo, 2006.
- CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1983.
- DENBOW, D.M.; RAVINDRAN, V.; KORNEGAY, E.T. et al. Improving phosphorus availability in soybean meal for broilers by supplemental phytase. **Poultry Science**, v.74, p.1831-1842, 1995.
- FURLAN, R.L. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 7., 2006, Chapecó. **Anais...** Chapecó, 2006, p.104-135.
- GOMES, P.C.; GOMES, M.F.M.; ALBINO, L.F.T. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.615-622, 1994.
- GOMES, P.C.; RUNHO, R.C.; DÁGOSTINI, P. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 22 a 42 e de 43 a 53 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1734-1746, 2004.
- KARIMI, A. Responses of broiler chicks to non-phytate phosphorus levels and phytase supplementation. **International Journal of Poultry Science**, v.5, p.251-254, 2006.
- LAGANÁ, C. **Otimização da produção de frangos de corte em condições de estresse por calor**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 180p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- LANA, G.R.Q.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. et al. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho e a composição de carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1117-1123, 2000.
- LAURENTIZ, A.C.; JUNQUEIRA, O.M.; FILARDI, R.S. et al. Efeito da adição da enzima fitase em rações para frangos de corte com redução dos níveis de fósforo nas diferentes fases de criação. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v.8, p.207-216, 2007.
- LESKE, K.; COON, C. The Development of Feedstuff Retainable Phosphorus Values for Broilers. **Poultry Science**, v.81, p.681-1693, 2002.
- LIMA, I.L. **Disponibilidade de fósforo e de flúor de alguns alimentos e exigência nutricional de fósforo para frangos de corte**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 121p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

- LING, B.; ANGEL, R.; APPLGATE, T.J. et al. The nonphytate requirement of broilers in a four phase feeding program. **Poultry Science**, v.79 (Suppl. 1), p.11, 2000.
- MARTINS, B.A.B. **Determinação da biodisponibilidade relativa de fósforo para frangos de corte em farelo de trigo, soja integral tostada e soja integral extrusada com e sem adição de fitase microbiana à dieta**. Pirassununga: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, 2003. 148p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, 2003.
- MURAKAMI, A.E. Balanço eletrolítico da dieta e sua influência sobre o desenvolvimento dos ossos de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2000, Campinas. **Palestras...** Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2000, p.33-61.
- NÄSI, M.; PIRONEN, J.; PARTANEN, K. Efficacy of *Trichoderma reesei* phytase and acid phosphatase activity ratios in phytate phosphorus degradation in vitro and in pigs fed maize–soybean meal or barley–soybean meal diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.77, p.125-137, 1999.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirements of poultry**. 9.ed. Washington, National Academic Science: 1994. 155p.
- OLIVEIRA, G.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte dos 22 aos 42 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1398-1405, 2006.
- OLIVEIRA NETO, A.R. **Efeito de níveis de energia da ração e da temperatura ambiente sobre o desempenho e parâmetros fisiológicos de frangos de corte**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 111p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- PERSIA, M.E; PARSONS, C.M.; KOELKEBECK, K.W. Interrelationship between environmental temperature and dietary nonphytate phosphorus in chicks. **Poultry Science**, v.82, p.1616-1623, 2003.
- PIZZOLANTE, C.C.; TEIXEIRA, A.S.; SANTOS, C.D. et al. Níveis de fitase e de cálcio e desempenho de frangos de corte. **Ciência Agrotécnica**, v.26, p.418-425, 2002.
- PUNNA, S.; ROLAND, D.A. Influence of dietary phytase supplementation on incidence and severity in broilers divergently selected for tibial dyschondroplasia. **Poultry Science**, v.80, p.735-740, 2001.
- QIAN, H.; KORNEGAY, E.T.; DENBOW, D.M. Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol, and the calcium: total phosphorus ratio in broilers diets. **Poultry Science**, v.76, p.37-46, 1997.

- QUEIROZ, L.S.B. **Biodisponibilidade relativa de fósforo de fosfatos comerciais para frangos de corte na fase inicial**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. 69p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2008.
- RAMA RAO, S.V.; RAJU, M.V.L.N.; REDDY, M.R. et al. Interaction between dietary calcium and non-phytate phosphorus levels on growth, bone mineralization and mineral excretion in commercial broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.131, p.133–148, 2006.
- REBOLLAR, P.G.; MATEOS, G.G. El fósforo en la nutrición animal. necesidades, valoración de materias primas y mejora de la disponibilidad. En: **XV curso de Especialización FEDNA**. 6 y 7 de junio. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Madrid, España. p.20-63, 1999.
- ROSOL, T.J.; CAPEN, C.C. Calcium-regulating hormones and diseases of abnormal mineral (calcium, phosphorus, magnesium) metabolism. In: **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5.ed. New York: Academic Press, 1997. 928p.
- ROSTAGNO, H.S. Programas de alimentação e nutrição para frangos de corte adequados ao clima. In: COFERÊNCIA APINCO, 1995, Campinas. **Simpósio Internacional Sobre Ambiência e Instalações na Avicultura Industrial...** Campinas, 1995, p.11-19.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2000. 141p.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.
- SANDBERG, A. S.; LARSEN, T.; SANDSTROM, B. High dietary calcium level decreases colonic phytate degradation in pigs fed a rapeseed diet. **Journal of Nutrition**, v.123, p.559–566, 1993.
- SANTOS, L.M. **Níveis de cálcio e fósforo disponível para frangos de corte recebendo rações com fitase em diferentes fases de criação**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. 105p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, 2008.
- SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S.P.; CHAVEZ, E.R. et al. Efficacy of supplemental microbial phytase at different dietary calcium levels on growth performance and mineral utilization of broiler chickens. **Poultry Science**, v.75, p.1516–1523, 1996.

- SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S.P.; CHAVEZ, E.R. Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: a review. **World's Poultry Science**, v.54, p.27-47, 1998.
- SHAFEY, T.M.; McDONALD, M.W. The effects of dietary concentrations of minerals, source of protein, amino acids and antibiotics on the growth of and digestibility of amino acids by broiler chickens. **British Poultry Science**, v.32, p.535-544, 1991.
- SILVA, C.E. **Comparação de painéis evaporativos de argila expandida e celulose para sistema de resfriamento adiabático do ar em galpões avícolas com pressão negativa em modo túnel**. 2002. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- TALAMONI, T.V.T; MYKKAHEN, H.; WASSERMAN, A.H. Enhancement of sulfhydryl group availability in the intestinal brush border membrane by deficiencies of dietary calcium and phosphorus in chicks. **Journal of Nutrition**, v.120, p.1198-1204, 1990.
- UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **The mineral nutrition of livestock**. 3.ed. New York: CAB International, 1999. 614p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG – Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Versão 8.1. Viçosa, MG, 2003. (Apostila).
- USAYRAN, N.; FARRAN, M.T.; AWADALLAH, H.H.O. Effects of added dietary fat and phosphorus on the performance and egg quality of laying hens subjected to a constant high environmental temperature. **Poultry Science**, v.80, p.1695-1701, 2001.
- VALERIO, S.R.; OLIVEIRA, R.F.M; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações, em que se manteve ou não a relação aminoácida para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, mantidos em estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.372-382, 2003.
- WALDROUP, P.W.; KERSEY, J.H.; SALEH, E.A. et al. Nonphytate phosphorus requirements and phosphate excretion of broiler chicks fed diets composed of normal or high available phosphate corn with and without microbial phytase. **Poultry Science**, v.79, p.1451-1459, 2000.
- YAN, F.; KERSEY, J.H.; FRITTS, C.A. et al. Evaluation of normal yellow dent corn and high available phosphorus corn in combination with reduced dietary phosphorus and phytase supplementation for broilers grown to market weights in litter pens. **Poultry Science**, v.79, p.1282-1289, 2000.
- YAN, F.; KERSEY, J.H.; WALDROUP, P.W. Phosphorus requirements of broiler chicks three to six weeks of age as influenced by phytase supplementation. **Poultry Science**, v.80, p.455-459, 2001.

## CONCLUSÃO GERAL

O nível estimado de 0,35% de fósforo disponível proporcionou máxima resposta de desempenho de frangos de corte machos de 8 a 21 dias de idade mantidos em ambiente de alta temperatura e termoneutralidade.

O nível estimado de 0,47% de fósforo disponível proporcionou melhores características ósseas de frangos de corte machos de 8 a 21 dias de idade mantidos em ambiente de alta temperatura e termoneutralidade.

O nível de 0,25% e o nível estimado de 0,51% de fósforo disponível resultaram em melhor desempenho e mineralização óssea de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade mantidos em termoneutralidade.

Os níveis estimados de 0,46 e 0,55%, de fósforo disponível maximizaram o desempenho e as características ósseas de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade mantidos em ambiente de alta temperatura.