

SEBASTIAN MONTOYA FRANCO

**NÍVEIS DIETÉTICOS DE LEUCINA, DE HISTIDINA E DE FENILALANINA +
TIROSINA PARA FRANGOS DE CORTE NA FASE INICIAL**

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
2011

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

T

F825n
2011

Franco, Sebastian Montoya, 1980-
Níveis dietéticos de leucina, de histidina e de fenilalanina +
tirosina para frangos de corte na fase inicial / Sebastian
Montoya Franco. – Viçosa, MG, 2011.
xi, 69f. : il. ; 29cm.

Orientador: Horácio Santiago Rostagno.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 60-69

1. Frango de corte - Nutrição. 2. Ave - Criação.
3. Aminoácidos. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

CDD 22. ed. 636.50852

SEBASTIAN MONTOYA FRANCO

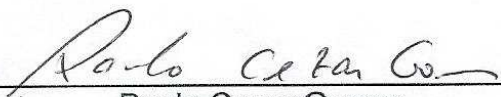
**NÍVEIS DIETÉTICOS DE LEUCINA, DE HISTIDINA E DE FENILALANINA +
TIROSINA PARA FRANGOS DE CORTE NA FASE INICIAL**

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: 07 de abril de 2011.



Paulo Borges Rodrigues



Paulo Cezar Gomes
(Coorientador)



Luiz Fernando Teixeira Albino
(Coorientador)



Horácio Santiago Rostagno
(Orientador)

A Deus, pela vida e por sempre me acompanhar.
À minha esposa Carolina, incansável companheira.
Ao meu filho Juan José, o melhor presente do Brasil.
Aos meus pais, Carlos e Victoria,
pelo amor e pela força em todos os momentos.
À Premex S.A., por tornar realidade este sonho.
Ao professor Horácio Rostagno,
pela orientação e pelo acompanhamento.
Aos amigos e familiares, pelo apoio permanente.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), particularmente ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Aos professores Horácio Santiago Rostagno e Luiz Fernando Teixeira Albino, pela dedicada orientação, pelos ensinamentos, pelo estímulo e principalmente pela amizade.

Aos professores Paulo Cezar Gomes e Paulo Borges Rodrigues, pela colaboração, pelas sugestões e pelas críticas na elaboração deste trabalho.

À Premex S.A., que foi o artífice deste sonho.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação, em especial às funcionárias Maria Celeste e Fernanda, pela cordialidade e pela atenção.

Aos funcionários da Seção de Avicultura do Departamento de Zootecnia, Adriano, Elísio e Joselino.

À minha esposa Carolina e ao meu amigo Jorge Armando Prada, pela colaboração permanente para a realização do trabalho de campo.

Ao companheiro Fernando Castro Tavernari, pela ajuda na estatística do experimento.

Aos amigos colombianos: Jairo Alexander Osório, Olga Zapata, Enrique Combatt, Ketty Vilorio, Yenis Gonzalez, Nelson, José, Robinson e Marcela, pela amizade e pela companhia permanente.

Aos demais professores, colegas e funcionários do Departamento de Zootecnia, os quais, de alguma forma, direta ou indireta, contribuíram para a conclusão deste curso.

BIOGRAFIA

SEBASTIAN MONTOYA FRANCO, filho de Carlos Augusto Montoya e Victoria Franco Cardeño, nasceu na Colômbia, na cidade de Medellín, Antioquia, no dia 1.º de novembro de 1980. cursou o segundo grau no colégio La Salle de Bello, Bello, Antioquia.

Em abril de 1998, iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Nacional de Colômbia, graduando-se em março de 2004.

Desde outubro de 2003, vinculou-se à empresa Biomix S.A., como auxiliar técnico no departamento técnico-comercial, onde trabalhou até maio de 2005; em junho de 2005, à empresa Itacol de Occidente Ltda., onde desempenhou o cargo de Gerente de Zona, até agosto de 2007; e, em setembro de 2007, à empresa Premex S.A., onde trabalha como assessor técnico comercial.

Em julho de 2007, iniciou o curso de pós-graduação em Nutrição Animal, em nível de especialização, na Universidade Nacional de Colômbia, obtendo o título de Especialista em Nutrição Animal, em dezembro de 2008.

Em julho de 2009, iniciou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, em nível de Mestrado, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Monogástricos. Em abril de 2011, submeteu-se à defesa de tese para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Nutrição proteica em frangos de corte	3
2.2. O conceito de proteína ideal para frangos de corte	8
2.3. O conceito de aminoácido total e digestível aplicado à determinação de exigências nutricionais.....	12
2.4. Leucina, fenilalanina + tirosina e histidina.....	13
2.5. Leucina, histidina e fenilalanina + tirosina: recomendações para frangos de corte.....	15
2.6. Desequilíbrios de aminoácidos	17
CAPÍTULO 1	21
EFEITO DE DIFERENTES RELAÇÕES LEUCINA/LISINA DIGESTÍVEIS EM FRANGOS DE CORTE MACHOS, DURANTE A FASE INICIAL.....	21
1. INTRODUÇÃO	21
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
2.1. Características avaliadas.....	26
2.2. Temperatura interna no galpão.....	26

2.3. Análises estatísticas	27
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4. CONCLUSÃO	35
CAPÍTULO 2	36
EFEITO DE DIFERENTES RELAÇÕES FENILALANINA + TIROSINA/LISINA DIGESTÍVEIS EM FRANGOS DE CORTE MACHOS, DURANTE A FASE INICIAL	36
1. INTRODUÇÃO	36
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.1. Local e duração	38
2.2. Animais	38
2.3. Instalações e manejo	38
2.4. Dietas experimentais	39
2.5. Características avaliadas.....	41
2.6. Temperatura interna no galpão.....	42
2.7. Análises estatísticas	42
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4. CONCLUSÃO	47
CAPÍTULO 3	48
EFEITO DE DIFERENTES RELAÇÕES HISTIDINA /LISINA DIGESTÍVEIS EM FRANGOS DE CORTE MACHOS, DURANTE A FASE INICIAL.....	48
1. INTRODUÇÃO	48
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4. CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS.....	60

RESUMO

FRANCO, Sebastian Montoya, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2011. **Níveis dietéticos de leucina, de histidina e de fenilalanina + tirosina para frangos de corte na fase inicial.** Orientador: Horácio Santiago Rostagno. Coorientadores: Luiz Fernando Teixeira Albino e Paulo Cezar Gomes.

Três experimentos foram conduzidos no setor de avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa para estudar diferentes relações de leucina, fenilalanina + tirosina e histidina/lisina digestíveis em frangos machos da linhagem Cobb 500, na fase inicial (8 a 17 dias de idade). Nos três experimentos, foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco relações de cada aminoácido com a lisina digestível e oito repetições de quatro aves por unidade experimental. As dietas foram calculadas para atender às exigências nutricionais preconizadas por Rostagno et al. (2005), exceto para os aminoácidos testados (leucina, fenilalanina + tirosina e histidina). As características avaliadas foram ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e rendimento de peito com e sem osso, em gramas e como porcentagem do peso vivo. No experimento de leucina, houve efeito quadrático significativo ($P < 0,05$) das diferentes relações com o consumo de ração, ganho de peso, peso e rendimento de peito com e sem osso. A exigência de leucina para ótima conversão alimentar foi

consistentemente menor do que para os parâmetros ganho de peso e rendimento de peito com e sem osso. A relação leucina/lisina digestível recomendada para frangos de corte na fase de 8 a 17 dias é de 107%. No experimento de fenilalanina + tirosina, não houve efeito quadrático significativo ($P > 0,05$) das diferentes relações para nenhuma das variáveis estudadas; porém, linear para ganho de peso e peso do peito com e sem ossos. Pode-se concluir que a melhor relação foi de pelo menos 118%, já que não se pode inferir sobre o comportamento das variáveis em relações superiores de 118%. No experimento de histidina, houve efeito quadrático significativo ($P < 0,05$) das diferentes relações com a conversão alimentar, peso e rendimento de peito com e sem osso. A exigência de histidina para ótima conversão alimentar foi consistentemente menor do que para os parâmetros ganho de peso e rendimento de peito com e sem osso. A recomendação para a relação histidina/lisina foi de 37%.

ABSTRACT

FRANCO, Sebastian Montoya, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2011. **Dietary levels of leucine, histidine and phenylalanine + tyrosine in the initial phase of broilers.** Adviser: Horácio Santiago Rostagno. Co-advisers: Luiz Fernando Teixeira Albino e Paulo Cezar Gomes.

Three experiments were made in the poultry section of the Animal Husbandry Department of the Viçosa Federal University to study different ratios of leucine, phenylalanine + tyrosine and digestible histidine/lysine in Cobb 500 male broilers in the initial phase (8 to 17 days of age). In the three experiments a randomly experimental design was used, with five ratios of each amino acid with the digestible lysine and eight repetitions of four birds per experimental unit. The diets were calculated with the nutritional requirements established by Rostagno et al. (2005), except for the tested amino acids (leucine, phenylalanine, + tyrosine and histidine). The evaluated characteristics were weight gain, feed consumption, feed conversion and breast yield with and without bone in grams and as a percentage of the live weight. In the experiment, the leucine had a significant quadratic effect ($P < 0,05$) of the different ratios with the feed consumption, weight gain, breast weight and yield with and without bone. The requirement of leucine for an optimal feed conversion was consistently lower than for the other parameters such as weight gain and

breast yield with and without bone. The ratio, digestible leucine/lysine recommended for broilers from 8 to 17 days of age is 107%. In the experiment of the phenylalanine + tyrosine, it did not have a significant quadratic effect ($P < 0,05$) of the different ratios for none of the parameters, nevertheless a lineal effect for weight gain and breast weight with and without bone was shown. It can be concluded that the best ratio was at least 118%, since it cannot be infer over the behavior of the different variables in greater ratios than 118%. In the experiment of histidine there was a significant quadratic effect ($P < 0,05$) of the different values with the feed conversion, weight and breast yield with and without bone. The histidine requirement for an optimal feed conversion was consistently lower than the parameters for weight gain and breast yield with and without bone. The recommendation for the histidine/lysine ratio was 37%.

1. INTRODUÇÃO

A indústria avícola tem apresentado permanente progresso, produto da contribuição científica e tecnológica das diferentes áreas relacionadas com a produção animal, sendo o desenvolvimento genético um dos aspectos que continuamente está levando a maiores avanços, o que permite obter aves de crescimento cada vez mais precoce. Além do melhoramento genético, a nutrição esta envolvida diretamente com esses avanços. Na atualidade, os estudos na área de nutrição estão direcionados a precisar as exigências nutricionais e conhecer melhor a composição do valor nutritivo dos ingredientes utilizados nas dietas. O propósito é definir melhor o consumo mínimo de nutrientes que sustente o potencial genético das aves para máxima deposição de nutrientes. As informações geradas pelas pesquisas na área de exigências nutricionais e avaliação de alimentos permitem ao nutricionista dispor de informações atualizadas e confiáveis para atingir os objetivos que demanda a produção avícola atual.

Cerca de 70% dos custos de produção na área avícola são em razão da alimentação, e as fontes proteicas contribuem com aproximadamente 25% desse valor. A melhor definição do nível mínimo de proteína e de aminoácidos, que atendam os requerimentos para máxima deposição de proteína, permitira avançar na precisão da nutrição aminoacídica com vistas a obter um produto de ótima qualidade ao menor custo possível.

A possibilidade de reduzir os níveis de proteína bruta das dietas requer conhecimento mais preciso das exigências de aminoácidos e de suas interrelações em frangos de corte. É particularmente importante estabelecer as proporções ideais dos aminoácidos essenciais em relação à lisina (proteína ideal).

Os aminoácidos leucina, histidina e fenilalanina estão definidos dentro dos 10 aminoácidos limitantes para ótimo crescimento das aves (D'MELLO, 1974). Essa limitação ocorre por causa da inabilidade das aves em sintetizar esqueletos de carbono ou cetoácidos a partir deles. Esses aminoácidos são considerados como indispensáveis ou essenciais e devem ser suplementados de forma equilibrada nas rações para permitir o ótimo desempenho das aves. Embora esses aminoácidos sejam classificados como essenciais para as aves, são considerados secundários e ainda há pouca informação em relação a esses, quando comparado com a lisina, metionina + cistina, treonina, arginina, valina, isoleucina, entre outros. Além disso, não se encontram comercialmente disponíveis para uso na nutrição animal, uma vez que os ingredientes frequentemente usados nas rações dos animais têm quantidades abundantes desses, não sendo necessária a suplementação individual deles. Contudo, para maximizar o desempenho de frangos de corte de crescimento cada vez mais precoce, a partir de dietas de mínimo custo, suplementadas com os aminoácidos mais limitantes e prevendo o uso cada vez maior de aminoácidos industriais, faz-se necessário conhecer o nível mínimo desses aminoácidos para a função produtiva de interesse (rendimento de peito, conversão alimentar, idade e peso ao abate). Nesse contexto, é importante estudar os níveis mínimos adequados e as relações desses com a lisina digestível.

1.1. Objetivo

Determinar as melhores relações de leucina, histidina e fenilalanina + tirosina, lisina digestíveis, utilizando os parâmetros de desempenho e de rendimento de peito em frangos de corte machos, no período de 8 a 17 dias de idade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Nutrição proteica em frangos de corte

As exigências de proteína em frangos de corte estão definidas como a quantidade de aminoácidos contidos nela, necessários para suportar a manutenção e produção. Os aminoácidos que compõem a proteína da dieta são usados para grande diversidade de funções; esses são usados primordialmente como constituintes de tecidos e estruturas protetoras como pele, plumas, matriz óssea e ligamentos, ou como bem de tecidos brandos, incluindo órgãos e músculos (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES – NRC, 1994). Os aminoácidos e peptídeos pequenos, resultantes da digestão e absorção intestinal, podem ser úteis para grande variedade de funções metabólicas e como precursores de muitos constituintes corporais não proteicos.

Em razão de as proteínas corporais estarem em um estado dinâmico de constante síntese e degradação, o animal requer de um adequado consumo de aminoácidos. Se a quantidade dessa proteína (aminoácidos) é inadequada, há redução ou cessação do crescimento ou produtividade, começando a ser retirada proteína dos tecidos menos vitais para manter as funções daqueles mais vitais (NRC, 1994).

Todas as proteínas corporais estão constituídas de 22 aminoácidos, que são considerados como fisiologicamente essenciais. Nutricionalmente para

o frango de corte, esses aminoácidos podem ser divididos em duas categorias: aqueles que não podem ser sintetizados pelo animal, que são chamados “indispensáveis” ou “essenciais”; e os que o animal pode sintetizar, que são chamados “disponíveis” ou “não essenciais” (Tabela 1) (D’MELLO, 2003; LEESON; SUMMERS, 2001).

Tabela 1 - Classificação nutricional dos aminoácidos¹

Essencial	Condicionalmente essencial ¹	Não essencial
Lisina	Tirosina	Glutamina
Metionina	Cisteína	Alanina
Treonina	Hidroxilisina	Ácido glutâmico
Isoleucina		Ácido aspártico
Triptofano		Asparagina
Histidina		Hidroxiprolina
Valina		² Glicina
Fenilalanina		² Serina
Leucina		² Prolina
Arginina		

¹ Adaptado de Leeson e Summer (2001) e D’Mello (2003).

² Condicionalmente essencial em frangos na fase inicial em condições de rápido crescimento.

Os frangos de corte têm apresentado ter capacidade para sintetizar 12 dos 22 aminoácidos requeridos para a síntese de proteína (D’MELLO, 2003). Como resultado dessa inabilidade do animal para sintetizar alguns desses (essenciais), a exigência deles deve ser satisfeita com a maior exatidão pela dieta, enquanto a presença dos aminoácidos não essenciais na dieta não necessita refletir com exatidão o requerimento. Porém, a distinção entre aminoácidos essenciais e não essenciais pode, em algumas situações, depender da concentração de outros aminoácidos na dieta como também da resposta usada para determinar o grau de suficiência, o que levou a uma terceira classificação dos aminoácidos chamada “condicionalmente indispensáveis” ou “condicionalmente essenciais”, que inclui a cisteína, que, em condições específicas como o rápido crescimento, a velocidade de síntese

dela pode não ser suficiente para atingir a necessidade do frango, o que deve levar à conclusão que, em condições específicas, ao menos uma parte das exigências para esses aminoácidos deve provir da dieta (LEESON; SUMMERS, 2001).

A tirosina foi classificada como condicionalmente essencial, já que a essencialidade dela é diretamente dependente da presença na dieta de quantidades adequadas de fenilalanina, por causa da possibilidade de síntese de tirosina, a partir da fenilalanina, reação que é catalisada pela enzima fenilalanina hidroxilase. A fenilalanina é considerada essencial quando uma porção está destinada como substrato único para a síntese de tirosina. Os animais podem sintetizar a tirosina demandada por suas reações metabólicas se a fenilalanina estiver presente em quantidades adequadas na dieta (D'MELLO, 2003). De forma similar, conhece-se que a cisteína é sintetizada, a partir da metionina; a essencialidade dela na dieta é dependente da presença de quantidades adequadas de metionina (D'MELLO, 2003).

Embora, por definição, o termo “aminoácidos indispensáveis” inclui só os aminoácidos que não podem ser sintetizados pelo animal, em condições em que a taxa máxima de crescimento é o critério de resposta para determinar as exigências dos aminoácidos, a glicina, prolina e serina podem ser considerados como condicionalmente indispensáveis. Em frangos de corte de rápido crescimento durante a etapa inicial, pode não haver síntese adequada desses aminoácidos para atingir o máximo de ganho de peso corporal (LESSON; SUMMERS, 2001). Enquanto os aminoácidos não essenciais podem ser tirados da dieta individualmente sem efeitos negativos sobre o desempenho, alguns autores sugerem que o frango pode precisar de determinadas quantidades de aminoácidos não essenciais numa proporção da concentração dos aminoácidos essenciais. Bedford e Summers (1985) encontraram resposta quadrática significativa entre a concentração dos aminoácidos não essenciais e o ganho diário de peso em frangos de 21 dias de idade com relação determinada de 55:45 entre os aminoácidos essenciais e não essenciais, respectivamente. Esses mesmos autores concluíram que essa relação é fixa e independente da concentração de proteína da dieta.

As dietas de frangos de corte são normalmente formuladas para atenderem um desempenho preestabelecido, usando princípios de mínimo

custo. Dentro desse aspecto, no que tange às proteínas, significa que uma dieta ideal deveria satisfazer exatamente as exigências aminoacídicas do animal. Na prática, esse objetivo não é alcançado, em parte pela variação intrínseca das exigências dos animais e pela composição e disponibilidade desses nutrientes nas matérias-primas usadas na formulação das dietas.

Uma das decisões mais importantes na hora de formular uma dieta para frangos de corte é relativa aos níveis de proteína e de energia e a relação entre esses. Esses possuem influência muito grande tanto no custo da dieta como nos lucros obtidos com os frangos de corte (PESTI, 1999).

O conceito de exigência de proteína tem gerado controvérsia desde que foi descoberto que as proteínas estão compostas de aminoácidos e que alguns deles são essenciais para máximo crescimento (PESTI, 2009). Durante muitos anos, a formulação de rações para aves estava baseada no conceito de proteína bruta (quantidade de nitrogênio x 6,25), o que frequentemente resultava em dietas com excesso de nitrogênio e um conteúdo de aminoácidos superior às exigências reais dos animais.

Segundo Klasing e Jarrel (1985), a taxa de deposição de proteína no tecido muscular é determinada pelo balanço entre as taxas de síntese e de degradação de proteína. Portanto, níveis excessivos de proteína na ração não só geram custo adicional na formulação, como também levam ao incremento na excreção de nitrogênio, podendo aumentar a incidência de problemas sanitários e também a diminuição de desempenho.

Desde que se pesquisou que a proteína estava formada por cadeias de aminoácidos individuais, a definição das exigências dos animais monogástricos começou a mudar do conceito da proteína bruta *per se* (PB), ao conceito com base nas quantidades específicas daqueles aminoácidos que se precisavam para o crescimento máximo dos animais.

Segundo Aftab et al. (2006) e Zaviezo (2000), atualmente as aves não têm exigência de proteína bruta como tal, essas só precisam de quantidades específicas e balanceadas de aminoácidos essenciais e do fornecimento de quantidade suficiente de nitrogênio, que é usado para a síntese dos aminoácidos não essenciais. De fato, as exigências do frango de corte em aminoácidos essenciais e não essenciais elevam-se na medida em que a proteína bruta da ração aumenta, sugerindo menor eficiência da utilização

proteica associada com o desequilíbrio dos aminoácidos (ROSTAGNO et al., 2002).

Como característica metabólica específica das aves, essas catabolizam e excretam o excesso de nitrogênio da dieta em forma de ácido úrico. Quando se fornece uma dieta que excede o nível de proteína requerido (aminoácidos essenciais e não essenciais), a desaminação hepática desses aminoácidos gera quantidades altas de nitrogênio, que chegam ao sangue e têm que ser excretados para evitar toxicidade nas aves. O custo metabólico para incorporar um aminoácido na cadeia proteica está avaliado em 4 mol de ATP e o para excretar os aminoácidos, entre 6 a 18 mol de ATP, de acordo com a quantidade de nitrogênio por aminoácido, o que explica o alto custo energético a que se vê submetido o frango para a degradação dos aminoácidos que estão em excesso (MacLEOD et al., 1998).

É por essa razão que a eficiência de utilização dos aminoácidos é melhor quando todos esses estão ligeiramente abaixo da exigência para deposição de proteína e manutenção. A formulação de dietas que alcançam, mas não superam, as necessidades dos aminoácidos também resulta em menor excreção de nitrogênio. A formulação de dietas, com base em aminoácidos digestíveis e industriais disponíveis, resulta nas consideravelmente menores em proteína bruta, que mantêm igual desempenho que das que contêm alta proteína bruta e excesso de aminoácidos (KIDD et al., 2002).

A fim de maximizar a utilização dos aminoácidos contidos nos alimentos sob a forma de proteína e a consequente conversão deles em produto, alguns autores têm pesquisado a possibilidade de reduzir o nível proteico das rações sem afeitar o desempenho dos animais, desde que devidamente suplementados com os aminoácidos industriais (LIPSTEIN et al., 1975; SCHUTTE, 1987; PARR; SUMMERS, 1991; DESCHEPPER; DE GROOTE, 1995; YAMAZAKI et al., 1996 e 1998; ALETOR et al., 2000; HAN; BAKER, 1991; MORAN JUNIOR et al., 1992; JEROCH; PACK, 1995; CAUWENBERGHE; BURNHAM, 2001; SI et al., 2004; AFTAB et al., 2006; STERLING et al., 2005; JIANG et al., 2005; FATUFE; RODEHUTSCORD, 2005; DEAN et al., 2006).

Nos últimos anos, houve grande interesse em estudar a faixa que a proteína da dieta pode ser reduzida com o uso de aminoácidos industriais sem

comprometer o desempenho dos frangos. Os resultados com relação a esse tema são contraditórios. Alguns autores concluíram que a suplementação com aminoácidos industriais nas dietas baixas em proteína recuperavam o desempenho dos frangos, não havendo diferenças estatísticas com as dietas de controle altas em proteína bruta. Aftab et al. (2006), apoiados nas pesquisas próprias e de outros autores, concluíram que, ao suplementar frangos de corte com aminoácidos industriais, a proteína bruta pode ser reduzida em 10% em cada fase, com base nos níveis recomendados no NRC (1994).

Alguns pesquisadores reportaram aumento na deposição de gordura na carcaça e na conversão alimentar em frangos de corte alimentados com dietas baixas em proteína (EDMONDS et al., 1985; FANCHER; JENSEN, 1989a; FANCHER; JENSEN, 1989b; HOLSHEIMER; JANSSEN, 1991; JENSEN, 1991; PINCHASOV et al., 1990; MORAN JUNIOR et al., 1992; BREGENDAHL et al., 2002; SI et al., 2004). Segundo Aftab et al. (2006), o pior desempenho dos frangos alimentados com essas dietas pode ser explicado por mudança no nível de potássio na dieta ou no balanço eletrolítico (DEB); deficiência de nitrogênio não específico para síntese de aminoácidos não essenciais (NEAA); tendência da diminuição do consumo de alimento, quando alimentados com dietas baixas em proteína; alteração entre a relação dos aminoácidos essenciais e não essenciais (EAA/NEAA); síntese insuficiente de aminoácidos não essenciais como a glicina para satisfazer a necessidade de frangos de rápido crescimento; diferença na eficiência de utilização dos aminoácidos de forma livre vs proteína intacta para deposição de proteína corporal; insuficiência de alguns aminoácidos essenciais; relação entre a energia metabolizável (EM) e a energia neta (EN) de dietas baixas em proteína vs dietas de controle altas em proteína.

2.2. O conceito de proteína ideal para frangos de corte

A princípio, os pesquisadores da área de proteína e aminoácidos conceberam o conceito de proteína ideal, em que todos os aminoácidos digestíveis, principalmente os essenciais, são limitantes na mesma proporção, significando que nenhum aminoácido é fornecido em excesso em comparação

com o resto (ALMQUIST; GRAU, 1944; MITCHELL, 1964; DEAN; SCOTT, 1965).

O conceito da proteína ideal é antigo e foi proposto por Mitchel (1964) para aperfeiçoar a utilização da proteína da dieta (relação entre retenção e consumo de proteína) e minimizar a excreção de nitrogênio. Naquele momento, foi um conceito mais teórico que prático, que foi primeiro popularizado para formulação de dietas de suínos pelo *British Agricultural Research Council* – ARC (1981). Posteriormente, Cole (1980) propôs que as relações ideais de aminoácidos fossem utilizadas em dietas de suínos. Hoje, essas relações com a lisina como aminoácido de referência são usadas amplamente na formulação de suínos (ARC, 1981; CHUNG; BAKER, 1992; FULLER, 1994; NRC, 1998; ROSTAGNO et al., 2005) e aves (BAKER; HAN, 1994; NRC, 1994; BAKER, 1997; EMMERT; BAKER, 1997; MACK et al., 1999; BAKER et al., 2002, ROSTAGNO et al., 2005).

Em frangos de corte, há mais de 30 anos que Dean e Scott (1965, citados por LECLERCQ, 1998a) propuseram aplicar esse conceito. Hoje, com o avanço da biotecnologia na área de produção de aminoácidos industriais, o conceito tem gerado de novo grande interesse principalmente por três razões: o preço da proteína em relação à energia está aumentando e provavelmente continuará assim no futuro; a crescente disponibilidade de aminoácidos industriais para alimentação animal; e as limitações derivadas da excreção excessiva de nitrogênio ao ambiente (LECLERCQ, 1998b).

Segundo Leclercq (1998b), a proteína ideal é uma mistura de proteínas alimentícias, em que todos os aminoácidos digestíveis, principalmente os essenciais, são limitantes na mesma proporção, significando que nenhum aminoácido é fornecido em excesso, em comparação com o resto. Como consequência, a retenção de proteína (ganho em relação ao consumo de proteína) é máxima e a excreção de nitrogênio, mínima, ocorrendo por meio do fornecimento de adequada mistura de ingredientes proteicos e aminoácidos industriais. Também implica que se conheçam as digestibilidades verdadeiras dos aminoácidos.

De acordo com Emmert e Baker (1997), Bercovici (1998) e Zaviezo (2000), a proteína ideal pode ser definida como o balanço exato de aminoácidos, que é capaz de prover, sem excesso ou falta, as exigências de

desses, necessários para a manutenção animal e máxima deposição protéica, o que reduz o uso deles como fonte de energia e excreção de nitrogênio. A lisina foi eleita pelos pesquisadores como referência (*Standard* = 100), por possuir as seguintes características:

- É o primeiro aminoácido limitante na maioria das dietas para suínos; e o segundo, depois dos aminoácidos sulfurosos para aves.
- É lisina encontra-se economicamente disponível na forma sintética para ser utilizada nas rações práticas dos animais.
- É, ao contrário dos aminoácidos sulfurosos, de análise laboratorial simples e direta, assim como possui metabolismo orientado principalmente para deposição de proteína corporal.

Existe grande quantidade de publicações referentes às exigências de lisina em aves e suínos, sob diferentes condições alimentares, ambientais e de composição corporal.

Atualmente, é recomendado formular rações com base na proteína ideal, que deve apresentar os 22 aminoácidos nos níveis exigidos para manutenção e máxima deposição protéica. Portanto, a proteína ideal não existe na prática; o que deve ser almejado é a máxima aproximação dos níveis de aminoácidos das exigências das aves nas diferentes fases de produção (PENZ JUNIOR, 1996). O uso da proteína ideal permite ainda compensar os fatores que podem influenciar as exigências em aminoácidos, entre eles os níveis energéticos e proteicos da dieta e o potencial genético do animal para ganho de tecido magro. Ainda que as necessidades dos aminoácidos sejam diferentes, a relação entre esses será afetada só pela idade das aves, pois de acordo com o peso (manutenção) e com o ganho diário de peso (deposição de proteína) tem-se a proteína ideal para essa idade (ROSTAGNO et al., 2002).

Além de o conceito de proteína ideal ser inovador e útil, existem alguns problemas metodológicos para aplicação prática dele. Leclercq (1998a) cita que como a lisina é utilizada como aminoácido de referência e as necessidades dos outros aminoácidos essenciais expressam-se como porcentagem da lisina, deveria ser de grande importância medir o que é inevitável para esses aminoácidos no mesmo experimento que se determina o de lisina. Muitos fatores podem influir nas necessidades de aminoácidos quando manifestam-se como concentrações na dieta como o nível energético e a temperatura

ambiente que podem modificar o consumo de ração e, portanto, o de aminoácidos. Misturar dados de experimentos pode conduzir a estimativas imprecisas em relação às necessidades de lisina e a do resto de aminoácidos no mesmo ensaio.

Quanto à digestibilidade dos aminoácidos, em muitos experimentos as necessidades expressam-se como concentrações de aminoácidos totais e, com frequência, as digestibilidades não são estimadas. Em muitos momentos, não é fácil recalculá-las as concentrações de aminoácidos digestíveis, utilizando valores tabulados de digestibilidade.

O critério utilizado para determinar as necessidades de aminoácidos é um problema relevante. Em muitos trabalhos, utiliza-se como único critério o ganho de peso, o que pode conduzir a uma subestimação das necessidades. Para um mesmo ganho de peso, alguns aminoácidos como a lisina podem reduzir a deposição de lipídios e aumentar a deposição de proteína. Esse fato foi claramente demonstrado por Grisoni (1991) e Leclercq (1998a).

Segundo Rostagno et al. (2009), podem-se ordenar as exigências dos aminoácidos em frangos de corte, de acordo com os parâmetros produtivos e condições de processamento: ganho de peso < rendimento de peito < conversão < gordura abdominal; desse modo, estudando as pesquisas de Barboza (1998) e Costa (2000), apresentadas por Euclides e Rostagno (2001), os níveis nutricionais de lisina e de proteína necessários para ótima conversão alimentícia foram maiores que para máximo peso corporal e rendimento de peito. De forma similar, Han e Baker (1993) e Leclercq (1998b) concluíram que para vários aminoácidos as necessidades para otimizar a conversão alimentar são mais elevadas do que para o ganho de peso. No entanto, os níveis dos nutrientes necessários nas rações de frangos de corte para minimizar a gordura abdominal parecem ser sempre maiores que para ótima conversão (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007). O nutricionista deve estar atento ao mercado, já que novos parâmetros podem ser prioritários, como níveis nutricionais para ótima uniformidade dos frangos. Segundo Rostagno et al. (2009), na atualidade, o parâmetro mais utilizado para calcular a exigência de um aminoácido é a conversão alimentar.

Os procedimentos para analisar os dados e as aproximações matemáticas utilizadas para definir as exigências são problemas também

encontrados nessa área. Os resultados (exigências) podem ser diferentes, segundo o critério de resposta ou os modelos de regressão usados. Os investigadores têm usado diferentes critérios para interpretar os experimentos de exigências nutricionais, o que tem levado a variações nos níveis recomendados.

Em relação aos aminoácidos não essenciais (NEAA), existe muito pouca informação acerca deles. Dos valores publicados, parece que as necessidades de NEAA representam 45% ou menos do total de aminoácidos (BEDFORD; SUMMERS, 1985; MORAN JUNIOR et al., 1996).

2.3. O conceito de aminoácido total e digestível aplicado à determinação de exigências nutricionais

Todos os compostos alimentícios como aminoácidos, vitaminas e minerais são importantes para a formulação de rações em frangos de corte. No entanto, a proteína (aminoácidos) tem merecido especial atenção porque representam aproximadamente 25% do custo total das dietas convencionais de frangos de corte (McNAB, 1994).

Antigamente, quando não se sabia que a proteína estava formada por cadeias de aminoácidos, a formulação de rações era com base somente na quantidade de proteína bruta (PB) *per se*. Com a revelação desse fato, o conceito começou a mudar para o conhecimento das quantidades específicas dos aminoácidos presentes na proteína da dieta, o que levou às exigências em relação aos animais e à composição dos ingredientes usados para as rações deles, pois começaram a ser expressos em termos de quantidade de aminoácidos totais.

Embora o conhecimento das quantidades de aminoácidos totais presentes nos ingredientes permitisse melhorar a precisão na formulação de rações, ainda era um sistema carente de aplicabilidade nutricional já que não tinha em conta a eficiência de utilização deles pelo animal.

A disponibilidade é definida como a proporção dos aminoácidos da dieta que está em forma adequada para a digestão, absorção e utilização e está presente em dois processos fisiológicos: digestão e metabolismo. Existem vários testes biológicos que são comumente usados para medir a

disponibilidade dos aminoácidos. O ensaio de digestibilidade tem sido a melhor técnica por causa de os valores serem obtidos diretamente na ave, podendo ser evidenciados todos os aminoácidos no mesmo ensaio (BORING et al., 2002). O valor potencial de um alimento para fornecer um nutriente em particular pode ser determinado por análise química; no entanto, o valor do alimento para o animal só pode ser obtido depois de quantificar as perdas que ocorrem durante a digestão, absorção e metabolismo (McDONALD et al., 1998).

Sibbald (1976), revisando sobre a estimativa da disponibilidade dos aminoácidos em diferentes ingredientes usados nas dietas de frangos de corte e suínos, indicou que a concentração dos aminoácidos varia amplamente entre os ingredientes, por causa de múltiplos fatores, como espécie, genótipo, fração da planta, estado de maturidade, lugar de crescimento, fertilidade de solo, temporada e ano de crescimento. Essa situação é mais complexa, tendo em conta que a digestibilidade dos aminoácidos, medida *in vitro* ou *in vivo* (com aves ou suínos) também varia entre as espécies de plantas.

Tendo em vista a importância da qualidade e do aproveitamento da proteína dos alimentos para os animais, a formulação de rações, com base em aminoácidos digestíveis permite diminuir o custo do alimento e a excreção de nitrogênio ao ambiente, além de otimizar o uso de matérias-primas de alto custo e possibilitar a inclusão de ingredientes alternativos.

2.4. Leucina, fenilalanina + tirosina e histidina

A leucina pertence ao grupo de aminoácidos de cadeia ramificada. Junto com a valina e isoleucina, a leucina é considerada um dos aminoácidos mais hidrofóbicos por causa da insubstituível cadeia ramificada alifática com um grupo álcali que dá caráter apolar à estrutura dela. É o aminoácido mais abundante nos músculos e age como o principal combustível nesse tecido (LENHINGER, 2006). A leucina está frequentemente localizada no núcleo das proteínas e tem papel crucial na determinação da estrutura globular das proteínas e na interação dos domínios das proteínas transmembrana com os fosfolipídios da bicamada lipídica; constituinte de tecidos e estruturas

protetoras como pele, penas, matriz óssea, ligamentos, bem como de tecidos brandos, incluindo órgãos e músculos (NRC, 1994).

A leucina juntamente com a lisina são os únicos aminoácidos que não agem como fonte de carbono para a síntese de glicose, sendo os únicos exclusivamente cetogênicos (D'MELLO, 2003). O esqueleto de carbono desse aminoácido é convertido a acetil- CoA e acetoacetato no tecido muscular, podendo ser usado como intermediário para a síntese de ácidos graxos (ERWAN et al., 2009).

A leucina age como regulador do *turn-over* proteico nas células musculares (BUSE; REID, 1975). Esse efeito ocorre mediante à estimulação da síntese de proteína e à inibição da proteólise nas células musculares. Acredita-se que a leucina é o principal combustível implicado nas reações anabólicas durante o jejum, o estresse, a infecção ou a recuperação de um trauma (ZANCHI et al., 2008). O corpo mobiliza leucina como fonte gliconeogênica (síntese de glicose em nível hepático), que ajuda nos processos curativos e de recuperação do tecido muscular. Recentemente, foi sugerido que a leucina pode ter efeitos terapêuticos e benéficos contra a perda de proteína muscular (ANDREA et al., 2006), ocorrendo durante o jejum, semijejum, trauma ou recuperação de cirurgia. A deficiência de insulina resulta em pior utilização da leucina.

Durante os eventos de esportes de resistência, a leucina é usada para atenuar o colapso das proteínas musculares, promovendo a regeneração do músculo esquelético e prevendo a fadiga muscular prematura (RENNIE et al., 2006; SHIMOMURA et al., 2006).

Segundo as características químicas, de essencialidade e de direção no catabolismo, a fenilalanina e a tirosina classificam-se como aminoácidos aromáticos de caráter hidrofóbico e com catabolismo tanto glicogênico como cetogênico. A fenilalanina e a tirosina são constituintes de tecidos e estruturas protetoras como pele, plumas, a matriz óssea, ligamentos, assim como de tecidos brandos, incluindo órgãos e músculos (NRC, 1994). Como uma função mais específica a tirosina sintetizada a partir da fenilalanina doa o anel aromático dela para a síntese dos hormônios tiroxina, adrenalina (epinefrina) e noradrenalina (norepinefrina), que exercem importante papel na adaptação do animal às mudanças ambientais (FERREIRA et al., 2007). Os hormônios

tireoideanos têm sido considerados os mais importantes no controle dos processos metabólicos dos animais, influenciando o crescimento das diferentes estruturas corporais, a eficiência alimentar, o consumo de oxigênio, a síntese e metabolismo de proteínas, carboidratos e lipídios, a termogênese e a composição corporal (ROSBROUGH, 1999).

A histidina é classificada como um aminoácido essencial, básico (carregado positivamente), de caráter hidrofílico e com catabolismo exclusivamente glicogênico (COX; NELSON, 2006). É constituinte de tecidos e estruturas protetoras, como pele, plumas, matriz óssea, ligamentos, bem como bem de tecidos brandos, incluindo órgãos e músculos (NRC, 1994). Esse aminoácido é reconhecido como precursor do hormônio histamina que tem como função principal o desencadeamento dos sintomas de alergia. A histamina é bem conhecida por seu papel na estimulação da resposta inflamatória da pele e das membranas mucosas, sendo uma ação essencial na proteção e como barreira durante uma infecção.

A histamina também estimula a secreção digestiva da gastrina, hormônio que ativa a produção de ácido clorídrico e pepsinogênio, indispensáveis para a digestão da proteína da dieta, e é requerida para regular o uso de microminerais como cobre, zinco, ferro, manganês e molibdênio (BERDANIER, 1998).

2.5. Leucina, histidina e fenilalanina + tirosina: recomendações para frangos de corte

Embora a leucina, histidina e fenilalanina + tirosina sejam classificadas como aminoácidos essenciais, a necessidade dessas não pode ser estimada facilmente por causa da presença delas nos alimentos utilizados nas rações de frangos de corte; como consequência, não é fácil induzir uma deficiência drástica desses aminoácidos na dieta para fazer estudos sobre exigências nutricionais (LECLERCQ, 1998a). A informação existente sobre as exigências desses em frangos de corte é muito limitada, com base em estudos bastante antigos.

As primeiras informações publicadas acerca das exigências nutricionais de leucina, histidina e fenilalanina + tirosina em frangos de corte foram

expressas em termos de aminoácidos totais, pois ainda não estavam desenvolvidas as técnicas *in vivo* para determinar digestibilidade de aminoácidos.

Segundo Woodham e Deans (1975), na primeira compilação oficial de valores de exigências de leucina, histidina e fenilalanina + tirosina, revelaram-se algumas inconsistências e assuntos pouco compreendidos referentes à interdependência desses aminoácidos em dietas convencionais, idade das aves, métodos de análise de aminoácidos e conteúdos energéticos e proteicos das dietas usadas. Nos estudos realizados por ARC (1963), National Academy of Sciences – NAS (1971) e Tomé (1967), os valores recomendados de leucina total foram de 1,5; 1,4; e 1,4%; de histidina total, 0,35; 0,40; e 0,30%; e de fenilalanina + tirosina total de 1,2; 1,3; e 1,6%. Esses dados foram obtidos com valores de lisina total de 1,0; 1,1; e 1,0. Com base nessas informações, as relações calculadas desses aminoácidos com a lisina total foram de 150, 127 e 140% para leucina; 35, 36 e 30% para histidina; e de 120, 118 e 160% para fenilalanina + tirosina.

Outra aproximação foram os dados publicados pela Universidade de Illinois. Dean e Scott (1965), Zimmerman e Scott (1965) e Sasse e Baker (1973), com base em estudos com dietas purificadas e frangos em diferentes fases de crescimento, revelaram valores de 1,2; 1,2; e 1% de leucina total; 0,30% para histidina total; e 1,31; 0,95; e 0,87% para fenilalanina + tirosina total. Esses estudos foram realizados com níveis de lisina total de 1,12; 0,83; e 0,91%. As relações calculadas dos aminoácidos com a lisina total foram de 107, 144 e 109% para leucina; de 26, 36 e 33% para a histidina; e de 116, 114 e 95% para fenilalanina + tirosina.

Outro grupo de pesquisadores, que usou a cromatografia de intercâmbio iônico para conhecer melhor a concentração de aminoácidos dos ingredientes proteicos nas dietas convencionais desses ensaios, publicou valores de 1,4; 1,21; 1,21; 0,91; e 0,98% de leucina total com valores de lisina total de 0,95; 1,0; 0,76; 0,90; e 0,94%. Com base nesses dados, as relações calculadas de leucina:lisina total foram de 147, 121, 159, 101 e 104% (CALET, 1967; GRIGOR'EV, 1967; HEWITT; LEWIS, 1972; PACKHAM; PAYNE, 1972; D'MELLO, 1974). Para a histidina total, foram encontrados 0,35; 0,34; 0,36; e 0,36%, usando valores de lisina total de 0,95; 1,0; 0,76; e 0,90%. As relações

calculadas foram de 37, 34, 47 e 40%. Para fenilalanina + tirosina total, foram publicados valores de 1,4; 1,25; 1,14; e 0,85%; obtidos com dietas com 0,95; 1,0; 0,76; e 0,90% de lisina total. Segundo essas informações, as relações calculadas de fenilalanina + tirosina: lisina total foram de 147, 125, 150, 94% (CALET, 1967; GRIGOR'EV, 1967; HEWITT; LEWIS, 1972; PACKHAM; PAYNE, 1972).

Com o desenvolvimento da técnica de coleta ileal para determinar a energia metabolizável verdadeira, que logo foi também aplicada para aminoácidos (SIBBALD, 1976), começaram aparecer informações de exigências e composição de ingredientes com base em aminoácidos digestíveis. Hurwitz et al. (1978), Scott et al. (1982), NRC (1984), Borrmann (1985), Baker e Han (1994), NRC (1994) e Rostagno et al. (2005), aplicando os conceitos de proteína ideal e digestibilidade de aminoácidos, recomendaram relações desses aminoácidos com a lisina digestível para frangos de corte na fase inicial de 124, 120, 113, 126, 109, 100 e 108%, para a leucina digestível; de 26, 40, 29, 40, 32, 29 e 36% para a histidina digestível; e de 108, 128, 112, 121, 105, 112 e 115%, para fenilalanina + tirosina digestível, utilizando dietas convencionais.

Com o constante avanço genético, bem como a nutrição aminoacídica, não deixa de ser importante a redefinição e atualização das exigências de leucina, histidina e fenilalanina + tirosina em frangos de corte. As informações apresentadas acerca das exigências desses aminoácidos em frangos de corte indicam que fatores como tipo de dieta, linha genética, nível de lisina da ração e condições experimentais têm impacto importante sobre as respostas às doses desses, o que explica as divergências entre os valores achados pelos diferentes autores e centros de pesquisas.

2.6. Desequilíbrios de aminoácidos

O termo “desequilíbrio” foi definido por Harper (1964) como a mudança no padrão de aminoácidos que deprime o consumo de ração e o crescimento; o que é totalmente aliviado com a suplementação do primeiro aminoácido limitante. Essa definição foi concebida como resultado de pesquisas com ratos, que posteriormente começou a ser aplicada em animais domésticos.

Segundo D'Mello (2003), existem dois tipos de desequilíbrios: os causados por adição de quantidades relativamente pequenas de um aminoácido indispensável a uma dieta de baixa proteína e os que usam de uma mistura incompleta de aminoácidos. Em experimentos empregando misturas incompletas de aminoácidos, Fisher et al. (1960) concluíram que as aves são igualmente sensíveis que os ratos ao desequilíbrio dos aminoácidos. A primeira manifestação foi a depressão do consumo de ração que conseqüentemente também diminuiu o consumo do aminoácido limitante, levando à redução no crescimento.

Os mecanismos bioquímicos que descrevem os efeitos anoréxicos do desequilíbrio dos aminoácidos foram descritos por Harper e Rogers (1965), com base em estudos com ratos. Foi sugerido que o excesso de aminoácidos que chega à circulação portal depois do consumo de uma dieta desequilibrada estimula a síntese ou suprime a ruptura da proteína no fígado, levando à grande retenção do aminoácido limitante relativo ao grupo de controle. O crescimento é reduzido como consequência da diminuição do apetite e ingestão de nutrientes. Outros estudos de Leung e Rogers (1969) sugeriram que o consumo de ração e o comportamento alimentar podem ser associados com mudanças na captação e metabolismo de aminoácidos críticos. Estabeleceu-se que a concentração do primeiro aminoácido limitante diminui mais rapidamente no tecido cerebral do que no plasma (PENG et al., 1972). Essa observação leva à proposta de que a queda nas concentrações do aminoácido limitante no cérebro inicia um sinal que causa mudanças no consumo de ração e seleção da dieta, mais os mecanismos precisos ainda são desconhecidos (LEUNG et al., 1985).

O desequilíbrio de aminoácidos pode também afetar o consumo e a seleção do alimento por modulação na síntese e no metabolismo de neurotransmissores no cérebro. Leung et al. (1985) encontraram que em ratos alimentados com dietas desequilibradas havia redução na produção de noradrenalina no córtex adrenal. No entanto, Harrison e D'Mello (1987) apresentaram que o desequilíbrio causado pela adição de uma mistura de aminoácidos sem tirosina e fenilalanina à dieta deficiente nesses aminoácidos reduzia o consumo de ração das aves, sem afetar os níveis cerebrais de dopamina ou noradrenalina.

O desequilíbrio é relação antagônica mais clássica e conhecida da lisina sob a arginina que, segundo Waldroup et al. (2002), é bem difícil de desenvolver em dietas convencionais com alta inclusão de milho e farelo de soja. Outra interação que tem recebido muito menos atenção é aquela que envolve os três aminoácidos de cadeia ramificada (leucina, valina e isoleucina). O antagonismo entre esses aminoácidos está bem documentado em frangos e perus. D'Mello e Lewis (1970a e 1970b), Edmonson e Baker (1987), Smith e Austic (1977) evidenciaram que excesso de leucina na dieta resultava em diminuição do crescimento e aumento da conversão alimentar em frangos de corte de diferentes idades. D'Mello e Lewis (1970a e 1970b) concluíram que o aumento nas concentrações de valina e isoleucina pode restaurar o crescimento de frangos afetados pelo excesso de leucina. Farran e Thomas (1989), trabalhando com frangos de corte na fase inicial, recomendou não exceder 1,16% de leucina total com níveis de isoleucina e valina total de 0,8 e 0,9%, respectivamente, com dieta contendo 3.200 kcal de EM/kg.

Uma explicação para a relação negativa entre os aminoácidos de cadeia ramificada é que esses utilizam vias enzimáticas comuns (FEATHERSTON; HORN, 1973; NONAMI et al., 1995; DENOYA et al., 1995). O excesso de leucina afeta extremamente a utilização de isoleucina e valina, especialmente quando esses dois são marginais ou limitantes (D'MELLO; LEWIS, 1970b; BOLDIZSAR et al., 1973; SMITH; AUSTIC, 1977).

Em razão de os ingredientes como o milho, a farinha do sangue e o glúten de milho apresentarem proteína com altas concentrações de leucina, em relação com a isoleucina e valina (NRC, 1994), parece ser muito mais provável em condições práticas uma interação negativa entre esses aminoácidos do que a interação entre a lisina e a arginina (WALDROUP et al., 2002). Os efeitos adversos do balanço entre a leucina, a isoleucina e valina podem piorar, tendo em conta o crescente uso de aminoácidos industriais, que geralmente resulta na redução da proporção de proteína derivada do farelo de soja e no incremento da proporção derivada do milho.

Com o crescente interesse em diminuir a concentração de proteína nas dietas de frangos, alguns autores têm encontrado que a suplementação com aminoácidos industriais em dietas baixas em proteína não equipara o desempenho dos frangos, quando comparada com dietas altas em proteína

contendo fontes de proteína intatas. Essa redução no desempenho poder ser, em parte, à possível diminuição do consumo de ração em razão de inadequado balanço nas quantidades dos aminoácidos de cadeia ramificada (WALDROUP et al., 2002).

CAPÍTULO 1

EFEITO DE DIFERENTES RELAÇÕES LEUCINA/LISINA DIGESTÍVEIS EM FRANGOS DE CORTE MACHOS, DURANTE A FASE INICIAL

1. INTRODUÇÃO

Embora a leucina seja um aminoácido-chave e essencial para os frangos e demais animais, atualmente essa não se encontra comercialmente disponível para uso em nutrição animal por causa dos ingredientes frequentemente usados nas rações, que têm quantidades abundantes desse aminoácido, não sendo necessária a suplementação individual dela. O uso desse aminoácido limita-se à indústria humana, em que é usado principalmente como suplemento nutricional, em infusões líquidas e para a síntese de componentes ativos na indústria farmacêutica (PATEK et al., 1994).

A leucina é abundante na maioria dos alimentos, sendo atendidas facilmente as exigências dos animais em relação aos níveis dessa proteína, normalmente usada nas rações; portanto, torna-se difícil criar situações de deficiência severa, propiciando pouco interesse por parte dos pesquisadores na estimativa dessas exigências. Em virtude disso, na atualidade a informação disponível sobre exigências nutricionais de leucina em frangos de corte é bastante limitada e a maioria dos pesquisadores da área de exigências nutricionais atualizam as recomendações de proteína ideal com base em

revisões de outros autores, que são geralmente muito antigas. As pesquisas mais recentes com leucina em frangos de corte têm focado em conhecer a relação antagônica dela com outros aminoácidos, avaliando seu efeito sobre a disponibilidade da valina e isoleucina e as consequências sobre o desempenho dos animais (EDMONSON; BAKER, 1987; SMITH; AUSTIC, 1977; FARRAN; TOMAS, 1989; D'MELLO; LEWIS, 1970a). Nesse contexto, e tendo em conta o constante avanço genético a nutrição aminoacídica, é importante a redefinição e atualização das exigências de leucina para frangos de corte. Revisões de literatura de diferentes autores (ARC, 1963; DEAN; SCOTT, 1965; ZIMMERMAN; SCOTT, 1965; TOMÉ, 1967; CALET, 1967; GRIGOR'EV, 1967; NAS, 1971; HEWITT; LEWIS, 1972; PACKHAM; PAYNE, 1972; SASSE; BAKER, 1973; D'MELLO, 1974; HURWITZ et al., 1978; SCOTT et al., 1982; NRC, 1984; BORRMAN, 1985; BAKER; HAN, 1994; NRC, 1994; ROSTAGNO et al., 2005), acerca das exigências de leucina para frangos de corte, indicam que fatores como tipo de dieta, linha genética, idade das aves, nível de lisina da ração e condições experimentais têm impacto importante sobre as respostas às doses de leucina, explicando as divergências entre os valores achados pelos diferentes autores e centros de pesquisas.

A partir dos primeiros valores recomendados de leucina e lisina totais, nos primeiros estudos para serem determinadas as exigências de leucina para frangos de corte de diferentes idades, ARC (1963), Dean e Scott (1965), Zimmerman e Scott (1965), Tomé (1967), Calet (1967), Grigor'ev (1967), NAS (1971), Hewitt e Lewis (1972), Packham e Payne (1972), Sasse e Baker (1973) e D'Mello (1974) calcularam relações leucina:lisina totais de 150, 107, 144, 140, 147, 121, 127, 159, 101, 109 e 104%, respectivamente. Posteriormente, outros autores, aplicando os conceitos de proteína ideal e digestibilidade de aminoácidos, recomendaram relações de leucina:lisina digestíveis para frangos de corte na fase inicial de 124, 120, 113, 126, 109, 100 e 108% (HURWITZ et al., 1978; SCOTT et al., 1982 ; NRC, 1984; BORRMAN, 1985; BAKER; HAN, 1994; NRC, 1994; ROSTAGNO et al., 2005).

Neste experimento, objetivou-se avaliar o desempenho de frangos de corte machos de 8 a 17 dias de idade, submetidos a cinco diferentes relações leucina: lisina digestível.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento, com duração de nove dias, foi conduzido no setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Por causa da limitada quantidade de L-leucina industrial que foi possível utilizar neste experimento, teve-se que trabalhar só com quatro aves por repetição, necessário assegurar a maior homogeneidade do peso inicial para minimizar a variação dos parâmetros finais. Foram utilizados 160 pintos machos da linhagem Cobb 500 de oito dias de idade, que se escolheram previamente de um grupo de 1.500. Aos oito dias foram pesados individualmente e escolhidos os 480 de maior peso, que logo foram divididos em três faixas de peso; posteriormente, escolhidos 160 pintos da faixa superior que foram distribuídos nos diferentes tratamentos. Para este experimento o peso médio aos oito dias foi de 193,2 g com um coeficiente de variação de 4,2%.

O experimento foi conduzido em um galpão de alvenaria dividido em 40 boxes (1 x 2,00 m), com pé direito de 3 m de altura, cobertura de telhas de amianto, piso cimentado, paredes laterais constituídas por muretas de 0,40 m e o restante com tela de arame, dotado de lanternim e de cortinas plásticas para o controle de temperatura e correntes de ar.

Os pintos permaneceram os primeiros oito dias nesse mesmo galpão, recebendo uma dieta pré-inicial comercial e água à vontade em bebedouros infantis e comedouros tipo bandeja. Para manter a temperatura dentro de condições ideais para os pintos, foram usadas lâmpadas infravermelhas em todos os boxes, que ficaram ligadas durante todo o período experimental.

Os pintos foram pesados individualmente ao início do experimento, alojados ao acaso nos boxes em número de quatro aves/boxe e receberam alimentação e água *ad libitum* durante todo o período experimental, utilizando comedouros tipo tubular e bebedouros de *nipple*. O programa de luz contínuo (24 horas de luz natural + artificial) foi adotado durante todo o período experimental.

A distribuição dos tratamentos no experimento e os níveis de leucina utilizados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição dos tratamentos no experimento de leucina e níveis de leucina digestível das dietas

Tratamento	Sexo	Relação leucina/lisina digestível (%)	Leucina/lisina digestível (%)	Repetições	Aves por repetição	Aves por tratamento
1	Machos	93.0	0,995 / 1,07	8	4	32
2	Machos	100.0	1,070 / 1,07	8	4	32
3	Machos	107.0	1,145 / 1,07	8	4	32
4	Machos	114.0	1,212 / 1,07	8	4	32
5	Machos	121.0	1,295 / 1,07	8	4	32

Conforme a Tabela 2, a dieta basal foi calculada para atender às exigências nutricionais preconizadas por Rostagno et al. (2005), exceto para os níveis de leucina digestível. As dietas experimentais foram obtidas substituindo o amido de milho por L-leucina (99%) da dieta basal (Tabela 3).

A dieta basal foi suplementada com L-Lisina HCl (99%) para atender os níveis desejados e com os aminoácidos industriais DL-metionina (99%), L-arginina (98.5%), L-treonina (98%), L-valina (99%), L-triptofano (98%), L-isoleucina (98,5%), L-fenilalanina (99%), L-tirosina (99%), histidina HCL (74%) e L-glicina, em quantidades necessárias para se obter o padrão de proteína ideal para aminoácidos digestíveis, em que a lisina equivale a 100%, metionina + cistina (73%), arginina (109%), treonina (68%), valina (77%), isoleucina (68%), triptofano (17%), histidina (36%) e fenilalanina + tirosina (115%) (ROSTAGNO et al., 2005).

Tabela 2 - Composições percentuais e valores nutricionais da dieta basal no experimento de leucina (8 a 17 dias de idade)

Ingredientes (%)		Composição nutricional	
Amido	35,80	Proteína bruta (%)	19,55
Arroz quirera	18,00	Energia metabolizável (kcal/kg)	3.188
Farelo de soja 45%	15,00	Cálcio (%)	0,91
Farinha de peixe 54%	7,00	Fósforo disponível (%)	0,47
Ácido glutâmico	7,00	Sódio (%)	0,219
Farinha de carne e ossos 51%	5,00	Potássio (%)	0,663
Material inerte	3,00	Cloro (%)	0,211
Óleo de soja	3,00	Lisina digestível (%)	1,070
Milho	2,00	Met. + Cis digestível (%)	0,784
Carbonato de potássio	0,400	Metionina digestível (%)	0,639
Bicarbonato de sódio	0,400	Treonina digestível (%)	0,715
L-Lisina HCL 99%	0,411	Triptofano digestível (%)	0,186
DL-metionina 99%	0,415	Arginina digestível (%)	1,172
L-treonina 98%	0,240	Valina digestível (%)	0,831
L-arginina 98,5%	0,220	Isoleucina digestível (%)	0,729
L-valina 99%	0,210	Fenilalanina + tirosina dig, (%)	1,230
L-isoleucina 98,5%	0,180	Leucina digestível (%)	0,995
L-fenilalanina 99%	0,137	Histidina digestível (%)	0,385
L-tirosina 99%	0,091		
Histidina HCL 74%	0,114		
L-glicina	0,400		
L-triptofano 98%	0,046		
Cloreto de colina 60%	0,100		
Vitaminas ¹	0,120		
Minerais ²	0,050		
BHT ³	0,010		
Promotor ⁴	0,010		
Coccidiostático ⁵	0,055		
Sal	0,244		

¹ Suplemento vitamínico comercial (níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A = 10.000.000 UI, vitamina D3 = 2.000.000 UI, vitamina E = 30.000 UI, vitamina B1 = 2,0 g, vitamina B6 = 4,0 g, ácido pantotênico = 12,0 g, biotina = 0,10 g, vitamina K3 = 3,0 g, ácido fólico = 1,0 g, ácido nicotínico = 50,0 g, vitamina B12 = 15.000 mcg, selênio = 0,25 g e veículo q.s.p. = 1.000 g).

² Suplemento mineral comercial (níveis de garantia por quilo de produto: manganês = 16,0 g, ferro = 100,0 g, zinco = 100,0 g, cobre = 20,0 g, cobalto = 2,0 g, iodo = 2,0 g e veículo q.s.p. = 1.000 g).

³ Hidroxibutiltolueno (antioxidante).

⁴ Avilamicina (10%).

⁵ Salinomicina (12%).

Tabela 3 - Quantidades de amido e L-leucina (99%) adicionadas à dieta basal para cada um dos tratamentos

Ingrediente	Relação leucina/lisina digestível				
	93%	100%	107%	114%	121%
Amido de milho	0,346	0,270	0,194	0,119	0,043
L-Leucina (99%)	0,000	0,077	0,152	0,228	0,304

2.1. Características avaliadas

As características avaliadas foram ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e rendimento de peito com e sem osso em gramas e como porcentagem do peso vivo.

Ao final do período experimental as sobras de ração foram pesadas, sendo posteriormente calculadas as médias de ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. As aves foram abatidas mediante deslocamento cervical para posteriormente obter o peito com osso, que foi desossado e novamente pesado a fim de se adquirir o rendimento de peito.

2.2. Temperatura interna no galpão

Na Tabela 4, observam-se as médias de temperatura mínima e máxima registradas no período experimental. A faixa de temperatura situou-se entre 13 e 25°C, com extremos registrados de 12 e 27°C.

Tabela 4 - Temperatura média durante o experimento (°C)

Fase	Mínima	Máxima
8-17 dias	13 (12) ¹	25 (27) ¹

¹ Temperatura mais baixa e mais alta registrada no experimento.

Foram usadas lâmpadas infravermelho de 250 w/boxe, com altura regulável, a fim de atingir temperatura desejável.

Os registros de temperatura interna do galpão foram obtidos com a instalação de quatro termômetros de máxima e mínima, distribuídos em diferentes partes do galpão à altura das aves. Os dados foram tomados uma vez por dia, às 9 horas e calculada a média dos quatro termômetros.

2.3. Análises estatísticas

Foram usados um desenho experimental inteiramente casualizado com cinco níveis de relação de leucina:lisina digestível (93, 100, 107, 114 e 121%), oito repetições e quatro aves/unidade experimental, totalizando 40 unidades experimentais e 160 aves.

As variáveis estudadas foram analisadas estatisticamente, por meio do *software* SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa - UFV (2000). Realizou-se análise de regressão para as diferentes relações, analisando os resultados pelos modelos linear e quadrático, quando $P < 0,05$. Àquelas variáveis que apresentaram comportamento quadrático, calculou-se o ponto de inflexão, as melhores relações e os 95% do valor desses valores (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007). O modelo *Linear Response Plateau* (LRP) foi aplicado posteriormente àquelas variáveis com resposta quadrática significativa que foi também associado ao *plateau*, inserindo o *plateau* (y) na equação quadrática. A recomendação da melhor relação foi obtida tendo em conta a média das diferentes variáveis medidas em razão do bom ajuste dos dados a essas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, peso do peito com e sem osso e rendimento de peito com e sem osso, de frangos de corte alimentados com dietas que contêm diferentes relações leucina/lisina digestíveis na fase inicial (8 a 17 dias), são apresentadas na Tabela 5.

Segundo Si et al. (2001), frangos de corte alimentados com dietas marginais em aminoácidos consomem mais para alcançar as exigências para ganho de peso. Esse efeito foi observado neste experimento, já que houve efeitos linear e quadrático significativo ($P < 0,05$) no consumo de ração das aves alimentadas com as diferentes relações de leucina digestível. Também observaram-se efeitos linear e quadrático significativo ($P < 0,05$) da relação de leucina sobre o ganho de peso, peso de peito com e sem osso e rendimento de peito com e sem osso. Os frangos de corte alimentados com a dieta que contém a relação leucina/lisina digestível de 93% apresentaram pior ganho de peso e rendimento de peito com e sem osso, indicando que essa relação levou a maior deficiência nas aves.

Observou-se que para ganho de peso, conversão alimentar, peso de peito com e sem osso e rendimento de peito com e sem osso a melhor relação leucina/lisina digestível foi de 107%. Esse valor é similar aos recomendados por Baker e Johnson (1999) e Rostagno et al. (2005), de 109 e 108%, respectivamente.

Tabela 5 - Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), peso do peito com osso (PCO) e sem osso (PSO) e rendimento do peito com osso (RPCO) e sem osso (RPSO), de frangos de corte na fase inicial (8 a 17 dias)

Relação (%)		CR (g/ave)	GP (g/ave)	CA	PCO (g)	PSO (g)	RPCO (%)	RPSO (%)
93,0		0,429	0,324	1,323	0,090	0,067	17,4	13,0
100,0		0,497	0,378	1,313	0,112	0,085	19,7	14,9
107,0		0,498	0,385	1,295	0,116	0,089	20,0	15,5
114,0		0,500	0,383	1,306	0,113	0,086	19,6	14,9
121,0		0,498	0,377	1,323	0,110	0,084	19,3	14,7
ANOVA	L	0,001	0,001	ns ¹	0,001	0,001	0,001	0,001
	Q	0,001	0,001	ns ¹	0,001	0,001	0,001	0,001
CV(%)		4,62	4,47	2,75	4,74	6,03	4,12	5,25

¹ Não significativo.

Nas Tabelas 6 e 7, encontram-se as equações lineares e quadráticas para as variáveis estudadas. No ajuste linear, as variáveis tiveram coeficientes de regressão entre 30 e 52% e no ajuste quadrático estiveram entre 88 e 92%, indicando que o modelo quadrático explicou melhor a relação entre os níveis de leucina com as variáveis estudadas. Observou-se que para os parâmetros peso e rendimento de peito com e sem osso a relação ótima foi de 110%; para o ganho de peso, o melhor valor foi de 111%.

Aplicando-se o limite de confiança de 95% para a resposta da equação quadrática para as variáveis estudadas, encontrou-se que a melhor relação foi de 105%, para o ganho de peso e rendimento de peito com e sem osso. O valor encontrado com o limite de confiança de 95% é menor do que os recomendados por Baker e Johnson (1999) e Rostagno et al. (2005) de 109 e 108%, respectivamente.

Tabela 6 - Equações de regressão linear para consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), peso do peito com osso (PCO) e sem osso (PSO), rendimento do peito com osso (RPCO) e sem osso (RPSO), R² de frangos de corte na fase inicial (8 a 17 dias)

	Equação linear	R ²
CR	$y = 0,266989 + 0,00203036X$	0,52
GP	$y = 0,201577 + 0,00156786X$	0,46
PCO	$y = 0,0482844 + 0,000559375X$	0,37
PSO	$y = 0,0313750 + 0,000475X$	0,37
RPCO	$y = 0,138319 + 0,000500678X$	0,30
RPSO	$y = 0,0946948 + 0,000477465X$	0,32

Tabela 7 - Equações de regressão quadrática para consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), peso do peito com osso (PCO) e sem osso (PSO), rendimento do peito com osso (RPCO) e sem osso (RPSO), R², relação leucina/lisina digestível e 95% da equação quadrática de frangos de corte na fase inicial (8 a 17 dias)

	Equação quadrática	R ²	Relação leucina/lisina digestível (%)	95% da equação quadrática
CR	$y = -0,000203808X^2 + 0,0456453X - 2,04644$	0,88	112	106
GP	$y = -0,000190233X^2 + 0,0422778X - 1,95776$	0,92	111	105
PCO	$y = -0,0000821337X^2 + 0,0181360X - 0,884016$	0,91	110	105
PSO	$y = -0,0000703353X^2 + 0,0155267X - 0,767001$	0,92	110	105
RPCO	$y = -0,0000850362X^2 + 0,0186984X - 0,826927$	0,90	110	105
RPSO	$y = -0,0000792308X^2 + 0,01743294X - 0,804654$	0,91	110	105

No ajuste do modelo LRP – *Linear Response Plateau* (Tabela 8), os valores averiguados foram menores, quando comparados com os dados encontrados pelo modelo quadrático, o que concorda com a informação de Euclides e Rostagno (2001) e Baker et al. (2002). Para as variáveis consumo de ração, ganho de peso, peso de peito com e sem osso e rendimento de peito com e sem osso a melhor relação foi de 100.

Tabela 8 - Modelo LRP para consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), peso do peito com osso (PCO) e sem osso (PSO), rendimento do peito com osso (RPCO) e sem osso (RPSO) e relação leucina/lisina de frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias)

	Equação	Plateau	Relação leucina/lisina digestível (%)
CR	$y = 0,0097X - 0,4744$	0,499	100
GP	$y = 0,0077X - 0,3934$	0,381	100
PCO	$y = 0,0031X - 0,2023$	0,113	100
PSO	$y = 0,0026X - 0,1721$	0,086	100
RPCO	$y = 0,0033X - 0,1316$	0,196	100
RPSO	$y = 0,0027X - 0,1253$	0,150	100

Na Tabela 9, apresentam-se os valores encontrados pelo procedimento de associação da equação quadrática com o platô. As melhores relações encontradas por esse modelo foram de 104% para o ganho de peso; 105%, o consumo de ração; 103%, peso de peito com e sem osso e rendimento de peito sem osso; e 102%, rendimento de peito com osso.

Tabela 9 - Modelo quadrático com *Plateau* para consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), peso do peito com osso (PCO) e sem osso (PSO), rendimento do peito com osso (RPCO) e sem osso (RPSO) e relação leucina/lisina de frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias)

	Equação quadrática	<i>Plateau</i>	Relação leucina/lisina digestível (%)
CR	$y = -0,000203808X^2 + 0,0456453X - 2,04644$	0,498	105
GP	$y = -0,000190233X^2 + 0,0422778X - 1,95776$	0,381	104
PCO	$y = -0,0000821337X^2 + 0,0181360X - 0,884016$	0,113	103
PSO	$y = -0,0000703353X^2 + 0,0155267X - 0,767001$	0,086	103
RPCO	$y = -0,0000850362X^2 + 0,0186984X - 0,826927$	0,196	102
RPSO	$y = -0,0000792308X^2 + 0,01743294X - 0,804654$	0,150	103

Um resumo das relações ótimas de leucina/lisina digestível para cada variável estudada (ganho de peso, peso e rendimento de peito com e sem osso), que foram encontradas por cada um dos procedimentos é apresentado na Tabela 10 e observado graficamente nas Figuras 1 a 5.

Tabela 10 - Resumo das relações leucina/lisina digestível (%) obtidas na fase inicial (8 a 17 dias)

	GP	PCO	PSO	RPCO	RPSO
Equação quadrática	111	110	110	110	110
95% da equação quadrática	105	105	105	105	105
<i>Linear Response Plateau</i>	100	100	100	100	100
Quadrática com <i>Plateau</i>	104	103	103	102	103

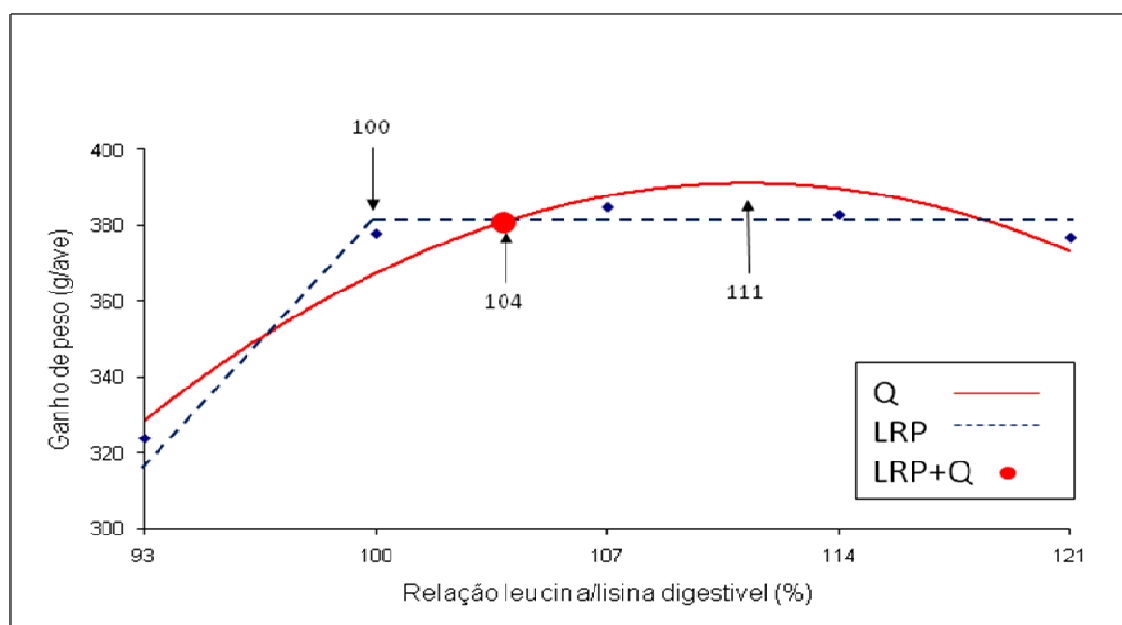


Figura 1 - Efeito de diferentes relações leucina/lisina digestível na dieta sobre o ganho de peso de frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias).

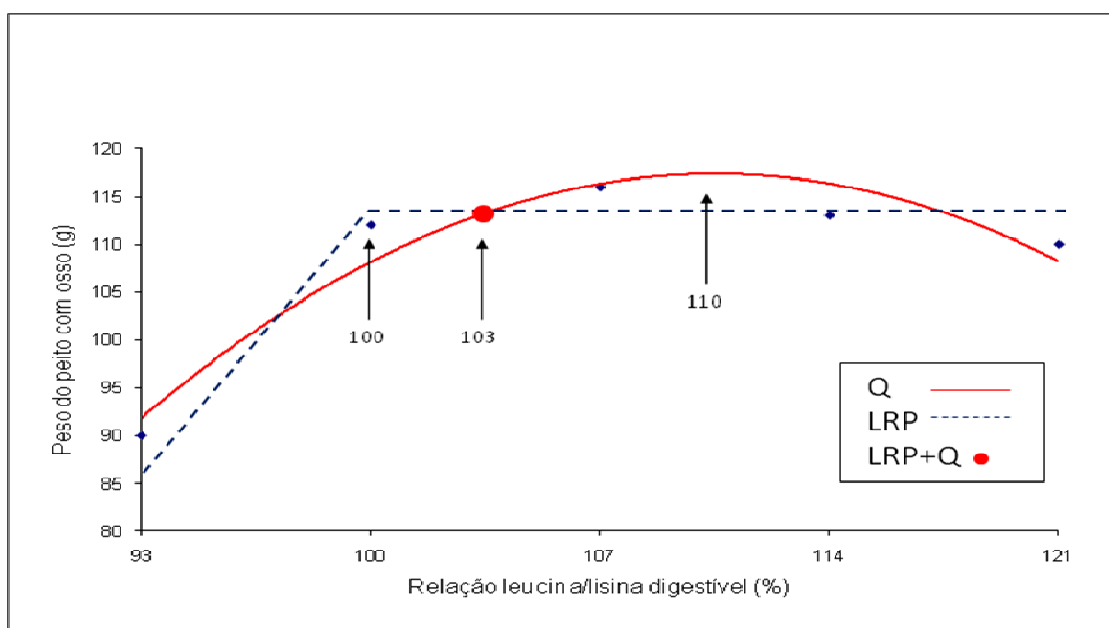


Figura 2 - Efeito de diferentes relações leucina/lisina digestível na dieta sobre o peso do peito com osso de frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias).

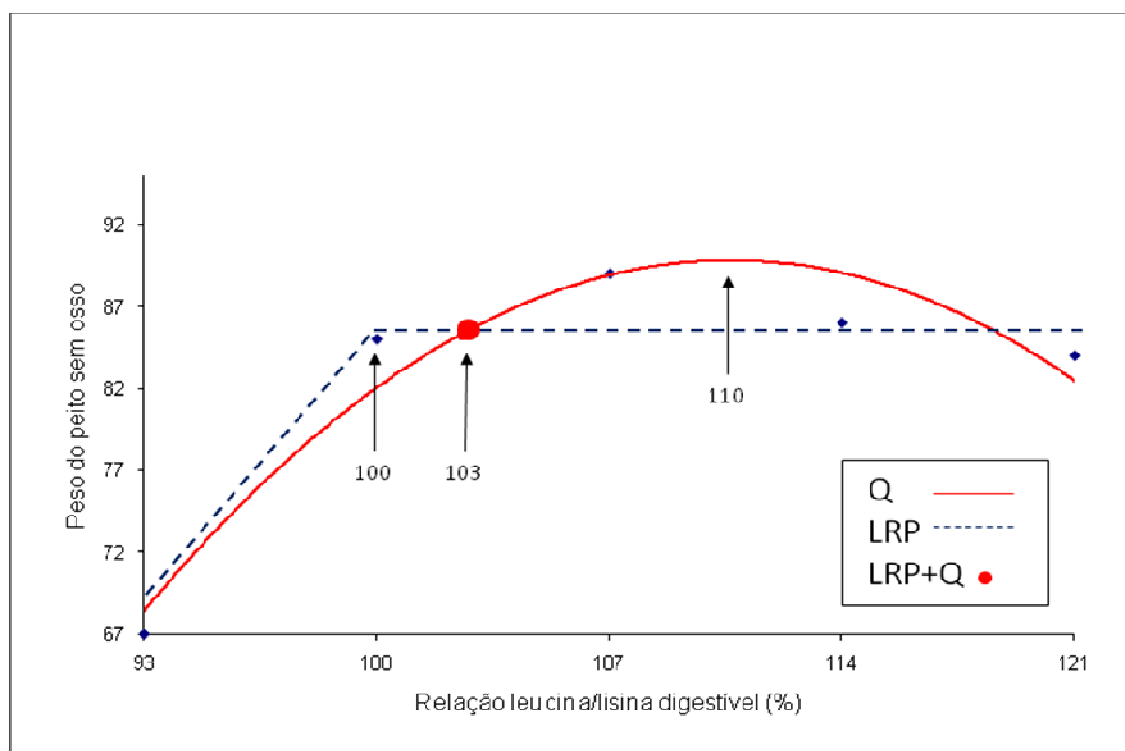


Figura 3 - Efeito de diferentes relações leucina/lisina digestível na dieta sobre o peso do peito sem osso de frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias).

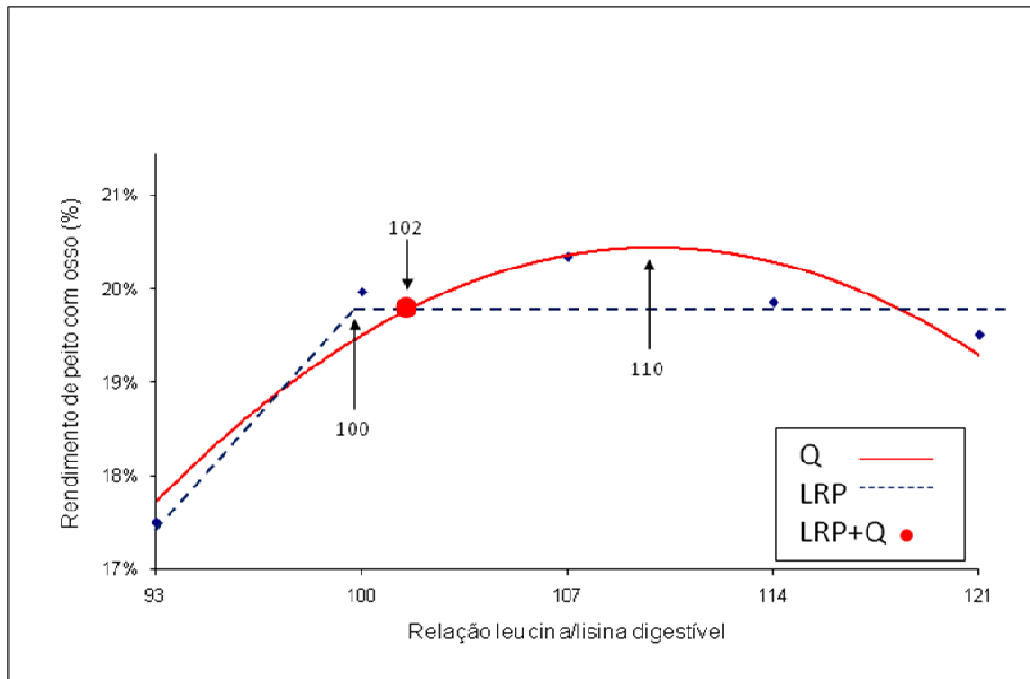


Figura 4 - Efeito de diferentes relações leucina/lisina digestível na dieta sobre o rendimento de peito com osso em frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias).

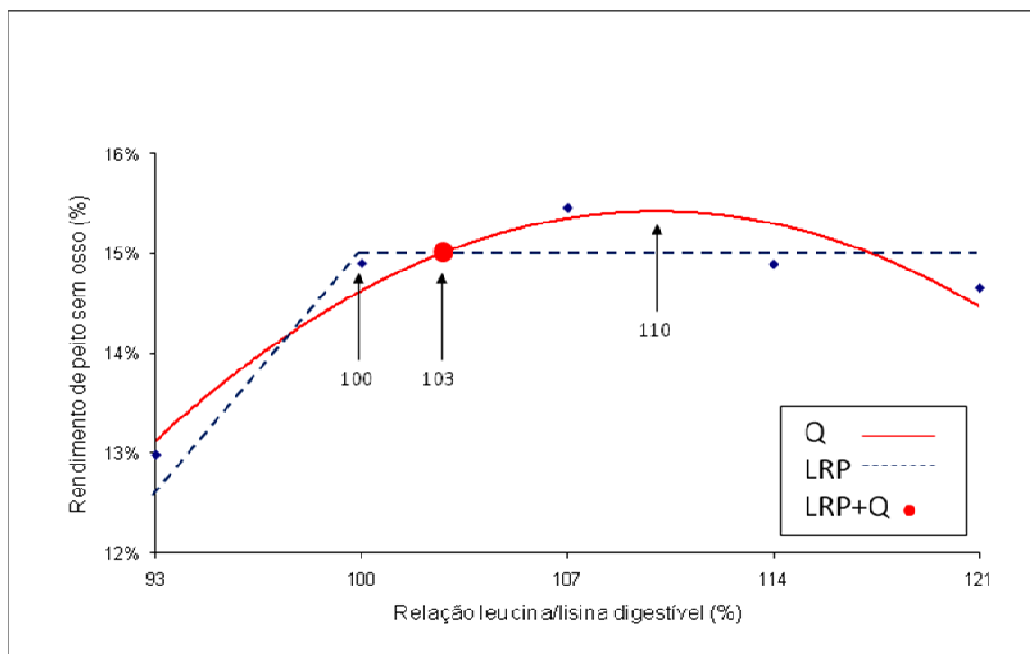


Figura 5 - Efeito de diferentes relações leucina/lisina digestível sobre o rendimento de peito sem osso em frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias).

É possível observar na literatura diferentes recomendações de relações leucina/lisina digestível para frangos de corte na fase inicial. Segundo Baker et al. (2002), a complexidade em estabelecer relações acuradas para aminoácidos está nas possibilidades das variáveis a serem utilizadas como ganho de peso e conversão alimentar e nas análises estatísticas que podem ser realizadas. Hurwitz et al. (1978), Scott et al. (1982), NRC (1984), Borrman (1985), Baker e Han (1994), NRC (1994) e Rostagno et al. (2005) reportaram relações leucina/lisina digestível de 124, 120, 113, 126, 109, 100 e 108%, respectivamente, indicando variabilidade muito alta e apresentando que as recomendações mais recentes tendem a serem menores. Os resultados obtidos nesta pesquisa evidenciaram que as relações variaram entre 100 e 111% e foram em geral inferiores às reportadas por Hurwitz et al. (1978), Scott et al. (1982), NRC (1984), Borrman (1985), mas similares às reportadas por Baker e Han (1994) e Rostagno et al. (2005).

4. CONCLUSÃO

Por meio dos resultados das diferentes variáveis estudadas neste trabalho, a recomendação para a relação leucina/lisina digestível que atende aos principais parâmetros produtivos para frangos de corte na fase inicial de 8 a 17 dias é de 107%.

CAPÍTULO 2

EFEITO DE DIFERENTES RELAÇÕES FENILALANINA + TIROSINA/LISINA DIGESTÍVEIS EM FRANGOS DE CORTE MACHOS, DURANTE A FASE INICIAL

1. INTRODUÇÃO

Embora os aminoácidos fenilalanina e tirosina sejam aminoácidos-chaves e essenciais para os frangos e demais animais, atualmente esses não se encontram comercialmente disponíveis para uso em nutrição animal, por causa de os ingredientes frequentemente usados nas rações dos animais terem quantidades abundantes desses, não sendo necessária sua suplementação individual. O uso de aminoácidos limita-se à indústria humana, em que são usados principalmente como suplemento nutricional em infusões líquidas e para a síntese de componentes ativos na indústria farmacêutica (WENDISCH, 2007).

Embora na literatura as exigências desses aminoácidos sejam apresentadas habitualmente como a somatória dos dois aminoácidos (fenilalanina + tirosina), só a fenilalanina é considerada como essencial, em razão da possibilidade de síntese de tirosina a partir da fenilalanina, reação que é catalisada pela enzima fenilalanina hidroxilase. Os animais podem sintetizar a tirosina demandada pelas suas reações metabólicas se a fenilalanina estiver presente em quantidades adequadas na dieta (D'MELLO, 2003). Lesson e

Summers (2001) consideram a tirosina como condicionalmente essencial em dietas em que a fenilalanina pode ser limitante.

Além da abundância nos alimentos e a fácil cobertura das exigências com os níveis de proteína normalmente usados, a dificuldade para criar situações de deficiência severa tem gerado pouco interesse por parte dos pesquisadores na estimação das exigências de fenilalanina + tirosina em frangos de corte. É por esse motivo que na atualidade a informação disponível sobre exigências nutricionais de fenilalanina + tirosina em frangos de corte é bastante limitada e a maioria dos pesquisadores da área de exigências nutricionais atualizam suas recomendações de proteína ideal com base em revisões de outros autores, que são geralmente muito antigas. Nesse contexto, tendo em conta o constante avanço genético e em termos da nutrição aminoacídica, é importante a redefinição e atualização das exigências de fenilalanina + tirosina para frangos de corte. Revisões de literatura de diferentes autores, acerca das exigências de fenilalanina + tirosina para frangos de corte, indicam que fatores como tipo de dieta, linha genética, nível de lisina da ração e condições experimentais têm impacto importante sobre as respostas às doses de fenilalanina + tirosina, explicando as divergências entre os valores achados pelos diferentes autores e centros de pesquisas (ARC, 1963; DEAN; SCOTT, 1965; ZIMMERMAN; SCOTT, 1965; TOMÉ, 1967; CALET, 1967; GRIGOR'EV, 1967; NAS, 1971; HEWITT; LEWIS, 1972; PACKHAM; PAYNE, 1972; SASSE; BAKER, 1973; D'MELLO, 1974; HURWITZ et al., 1978; SCOTT et al., 1982; NRC, 1984; BORRMAN, 1985; BAKER; HAN, 1994; NRC, 1994; ROSTAGNO et al., 2005).

A partir dos primeiros valores publicados sobre as recomendações de lisina e fenilalanina + tirosina totais, podem ser calculadas as relações fenilalanina + tirosina/lisina totais de 120, 116, 114, 160, 147, 125, 118, 150, 94 e 95% (ARC, 1963; DEAN; SCOTT, 1965; ZIMMERMAN; SCOTT, 1965; TOMÉ, 1967; CALET, 1967; GRIGOR'EV, 1967; NAS, 1971; HEWITT; LEWIS, 1972; PACKHAM; PAYNE, 1972; SASSE; BAKER, 1973). Mais recentemente, outros autores, aplicando os conceitos de proteína ideal e digestibilidade de aminoácidos, recomendaram relações de 108, 128, 112, 121, 105, 112 e 115% (HURWITZ et al., 1978; SCOTT et al., 1982; NRC, 1984; BORRMAN, 1985; BAKER; HAN, 1994; NRC, 1994; ROSTAGNO et al., 2005).

Neste trabalho, objetivou-se avaliar o desempenho de frangos de corte machos dos 8 a 17 dias de idade, submetidos a cinco diferentes relações fenilalanina + tirosina: lisina digestível.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e duração

O experimento, com duração de nove dias, foi conduzido no setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

2.2. Animais

Foram utilizados 160 pintos machos da linhagem Cobb 500 de oito dias de idade. Em razão da limitada quantidade de L-fenilalanina e L-tirosina industrial, que foi possível utilizar neste experimento, teve-se que trabalhar só com quatro aves por repetição, a fim de assegurar a maior homogeneidade no peso inicial, para minimizar a variação dos parâmetros finais. Para alcançar a maior homogeneidade possível, os 1.500 pintos que chegaram do incubatório foram pesados individualmente e escolhidos os 480 de maior peso, que logo foram divididos em três grupos ou faixas de peso. Posteriormente, escolheram-se 160 pintos da faixa média, que foram distribuídos aos diferentes tratamentos deste experimento, tendo um peso médio aos oito dias de 182,1 g com coeficiente de variação de 3,7%.

2.3. Instalações e manejo

Os pintos permaneceram em um galpão de alvenaria dividido em 40 boxes (1 x 2,00 m), com pé direito de 3 m de altura, cobertura de telhas de amianto, piso cimentado, paredes laterais constituídas por muretas de 0,40 m e o restante com tela de arame, dotado de lanternim e de cortinas plásticas para o controle de temperatura e correntes de ar. Os primeiros oito dias receberam uma dieta pré-inicial comercial e água à vontade em comedores tipo bandeja e

bebedouros infantis, respectivamente. Para manter a temperatura dentro de condições ideais para os pintos, foram usadas lâmpadas infravermelhas em todos os boxes, que ficaram ligadas durante todo o período experimental.

Os pintos foram pesados individualmente no início do experimento e distribuídos ao acaso nos boxes, em número de quatro aves/boxe, recebendo alimentação e água *ad libitum*, durante todo o período experimental; utilizaram-se comedouros tipo tubular e bebedouros de *nipple*. O programa de luz contínuo (24 horas de luz natural + artificial) foi adotado durante todo o período experimental.

A distribuição dos tratamentos no experimento e os níveis de fenilalanina + tirosina utilizados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição dos tratamentos no experimento de fenilalanina + tirosina e níveis de fenilalanina + tirosina digestível das dietas

Tratamento	Sexo	Relação fenilalanina+tirosina/lisina digestível (%)	Fenilalanina+tirosina/lisina digestível (%)	Repetições	Aves por repetição	Aves por tratamento
1	Machos	94.0	1.0058 / 1.07	8	4	32
2	Machos	100.0	1.070 / 1.07	8	4	32
3	Machos	106.0	1.134 / 1.07	8	4	32
4	Machos	112.0	1.198 / 1.07	8	4	32
5	Machos	118.0	1.262 / 1.07	8	4	32

2.4. Dietas experimentais

A dieta basal foi calculada para atender às exigências nutricionais preconizadas por Rostagno et al. (2005), exceto para os níveis de fenilalanina + tirosina digestível (Tabela 2). As dietas experimentais foram obtidas substituindo o amido de milho por L-fenilalanina (99%) e L-tirosina (99%) em uma proporção 60%/40%, respectivamente, e amido de milho na dieta basal (Tabela 3).

Tabela 2 - Composições percentuais e valores nutricionais da dieta basal no experimento de fenilalanina + tirosina (8 a 17 dias de idade)

Ingredientes (%)		Composição nutricional	
Amido	35,80	Proteína bruta (%)	19,55
Arroz quirera	18,00	Energia metabolizável (kcal/kg)	3188
Farelo de soja 45%	15,00	Cálcio (%)	0,91
Farinha de peixe 54%	7,00	Fósforo disponível (%)	0,47
Ácido glutâmico	7,00	Sódio (%)	0,219
Farinha de carne e ossos 51%	5,00	Potássio (%)	0,663
Material inerte	3,00	Cloro (%)	0,211
Óleo de soja	3,00	Lisina digestível (%)	1,070
Milho	2,00	Metionina + cistina digestível (%)	0,784
Carbonato de potássio	0,400	Metionina digestível (%)	0,639
Bicarbonato de sódio	0,400	Treonina digestível (%)	0,715
L-lisina HCL 99%	0,411	Triptofano digestível (%)	0,186
DL-metionina 99%	0,415	Arginina digestível (%)	1,172
L-treonina 98%	0,240	Valina digestível (%)	0,831
L-arginina 98,5%	0,220	Isoleucina digestível (%)	0,729
L-valina 99%	0,210	Fenilalanina + tirosina dig, (%)	1,0058
L-isoleucina 98,5%	0,180	Leucina digestível (%)	1,156
L-leucina 99%	0,161	Histidina digestível (%)	0,385
Histidina HCL 74%	0,114		
L-glicina	0,400		
L-tripfófano 98%	0,046		
Cloreto de colina 60%	0,100		
Vitaminas ¹	0,120		
Minerais ²	0,050		
BHT ³	0,010		
Promotor ⁴	0,010		
Coccidiostático ⁵	0,055		
Sal	0,244		

¹ Suplemento vitamínico comercial (níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A = 10.000.000 UI, vitamina D3 = 2.000.000 UI, vitamina E = 30.000 UI, vitamina B1 = 2,0 g, vitamina B6 = 4,0 g, ácido pantotênico = 12,0 g, biotina = 0,10 g, vitamina K3 = 3,0 g, ácido fólico = 1,0 g, ácido nicotínico = 50,0 g, vitamina B12 = 15.000 mcg, selênio = 0,25 g e veículo q.s.p. = 1.000 g.

² Suplemento mineral comercial (níveis de garantia por quilo de produto: manganês = 16,0 g, ferro = 100,0 g, zinco = 100,0 g, cobre = 20,0 g, cobalto = 2,0 g, lodo = 2,0 g e eículo q.s.p. = 1.000 g.

³ Hidroxibutiltolueno (antioxidante).

⁴ Avilamicina (10%).

⁵ Salinomicina (12%)

Tabela 3 - Quantidades de amido, L-fenilalanina (99%) e L-tirosina (99%) adicionadas à dieta basal para cada um dos tratamentos

Ingrediente	Relação fenilalanina + tirosina/lisina digestível				
	94%	100%	106%	112%	118%
Amido de milho	0,312	0,247	0,182	0,117	0,053
L-fenilalanina (99%)	0,000	0,039	0,078	0,117	0,156
L-tirosina (99%)	0,000	0,026	0,052	0,078	0,104

A dieta basal foi suplementada com L-lisina HCl (99%), para atender aos níveis desejados, e com os aminoácidos industriais DL-metionina (99%); L-arginina (98,5%); L-treonina (98%); L-valina (99%); L-triptofano (98%); L-isoleucina (98,5%); L-leucina (99%); histidina HCL (74%); e L-glicina, em quantidades necessárias para se obter o padrão de proteína ideal, para aminoácidos digestíveis, em que a lisina equivale a 100%; metionina + cistina, 73%; arginina, 109%; treonina, 68%; valina, 77%; isoleucina, 68%; triptofano, 17%; histidina, 36%; e leucina, 108% (ROSTAGNO et al., 2005).

2.5. Características avaliadas

As características avaliadas foram ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e rendimento de peito com e sem osso em gramas e como porcentagem do peso vivo.

Ao final do período experimental, as sobras de ração foram pesadas, sendo posteriormente calculadas as médias de ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. As aves foram abatidas mediante deslocamento cervical para posteriormente obter o peito com osso, que foi desossado e novamente pesado, a fim de se conseguir o rendimento de peito.

2.6. Temperatura interna no galpão

Na Tabela 4, observam-se a média da temperatura mínima e a da máxima registradas no período experimental. A faixa de temperatura situou-se entre 16 e 27°C, com extremos registrados de 13 e 29°C.

Tabela 4 - Temperatura média durante o experimento (°C)

Fase	Mínima	Máxima
8-17 dias	16 (13) ¹	27 (29) ¹

¹ Temperatura mais baixa e mais alta registrada no experimento.

Foram usadas lâmpadas infravermelho de 250 w/boxe, com altura regulável, com o objetivo de atingir a temperatura desejável.

Os registros da temperatura interna do galpão foram obtidos com a instalação de quatro termômetros de máxima e mínima, distribuídos em diferentes partes do galpão à altura das aves. Os dados foram tomados uma vez por dia, às 9 horas, calculando-se a média dos quatro termômetros.

2.7. Análises estatísticas

Foi usado um desenho experimental inteiramente casualizado com cinco níveis de relação de fenilalanina + tirosina:lisina digestível (94, 100, 106, 112 e 118%), oito repetições e quatro aves/unidade experimental, totalizando 40 unidades experimentais e 160 aves.

Os dados experimentais foram analisados por análise de variância e submetidos à análise de regressão com as cinco relações de aminoácidos estabelecidas para cada experimento. Foram obtidas equações de regressão (linear e quadrática) para cada variável estudada e analisada pelo modelo LRP (*Linear Response Plateau*).

As variáveis estudadas foram analisadas estatisticamente por meio do *software* SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa - UFV (2000). Realizou-se análise de regressão para as diferentes relações, analisando os resultados pelos modelos linear e quadrático, quando $P < 0,05$. Àquelas variáveis que apresentaram comportamento quadrático, calcularam-se o ponto de inflexão, as melhores relações e os 95% do valor desses valores (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007). O modelo *Linear Response Plateau* (LRP) foi aplicado posteriormente àquelas variáveis com resposta quadrática significativa que foi também associado ao *plateau*, inserindo o *plateau* (y) na equação quadrática. A recomendação da melhor relação foi obtida, tendo em conta a média das diferentes variáveis medidas, em razão do bom ajuste dos dados a essas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, peso do peito com e sem osso e rendimento de peito com e sem osso, de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes relações de fenilalanina + tirosina/lisina digestíveis, na fase inicial (8 a 17 dias), são apresentadas na Tabela 5.

Não se observou efeito quadrático significativo para nenhuma das variáveis estudadas. Só o modelo linear apresentou significância para as variáveis ganho de peso e peso de peito com e sem osso (Figuras 1, 2 e 3).

Tabela 5 - Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), peso do peito com osso (PCO) e sem osso (PSO), rendimento do peito com osso (RPCO) e sem osso (RPSO) de frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias)

Relação (%)	CR (g/ave)	GP (g/ave)	CA	PCO (g)	PSO (g)	RPCO (%)	RPSO (%)	
94,0	0,474	0,360	1,316	0,101	0,078	18,6	14,4	
100,0	0,497	0,378	1,314	0,106	0,082	18,9	14,7	
106,0	0,503	0,385	1,306	0,108	0,083	19,0	14,7	
112,0	0,507	0,391	1,296	0,109	0,085	19,0	14,8	
118,0	0,503	0,389	1,290	0,110	0,085	19,2	14,9	
ANOVA	L	ns	0,009	ns	0,011	0,031	ns	ns
	Q	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	7,31	6,15	3,71	6,36	7,70	3,98	5,07	

¹ Não significativo.

Na Tabela 6, encontram-se as equações lineares para as variáveis ganho de peso e peso de peito com e sem osso. No ajuste linear, as variáveis tiveram coeficientes de regressão entre 79 e 85%. Por causa do comportamento linear das variáveis estudadas, a melhor relação de fenilalanina + tirosina/lisina digestível situou-se no maior valor que foi de 118%. O efeito linear só se ajustou às variáveis ganho de peso e peso do peito com e sem osso. O valor encontrado de 118% está acima dos valores publicados por NRC (1984 e 1994), Baker e Han (1994) e Rostagno et al. (2005), de 112, 105, 115%, respectivamente. O efeito linear e os valores encontrados para as diferentes variáveis nesta pesquisa, que foram mais altos do que os valores reportados por diferentes autores, deveram-se às condições ambientais durante o experimento. Pelo fato de o experimento ter sido realizado durante a época de inverno, alcançaram-se temperaturas abaixo do conforto térmico do pintinho, o que pode ter gerado maior produção do hormônio tiroxina a fim de se obter alta exigência metabólica para produção de calor corporal, aumentando a exigência para manutenção da tirosina, que é a precursora do hormônio tiroxina.

Tabela 6 - Equações de regressão linear para ganho de peso (GP), peso do peito com osso (PCO) e peso do peito sem osso (PSO), R² e relação fenilalanina + tirosina/lisina digestível de frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias)

	Equação linear	R ²	Relação (%)
GP	$y = 0,252668 + 0,00120885X$	0,79	118
PCO	$y = 0,0704521 + 0,000341667X$	0,85	118
PSO	$y = 0,0544281 + 0,000267188X$	0,83	118

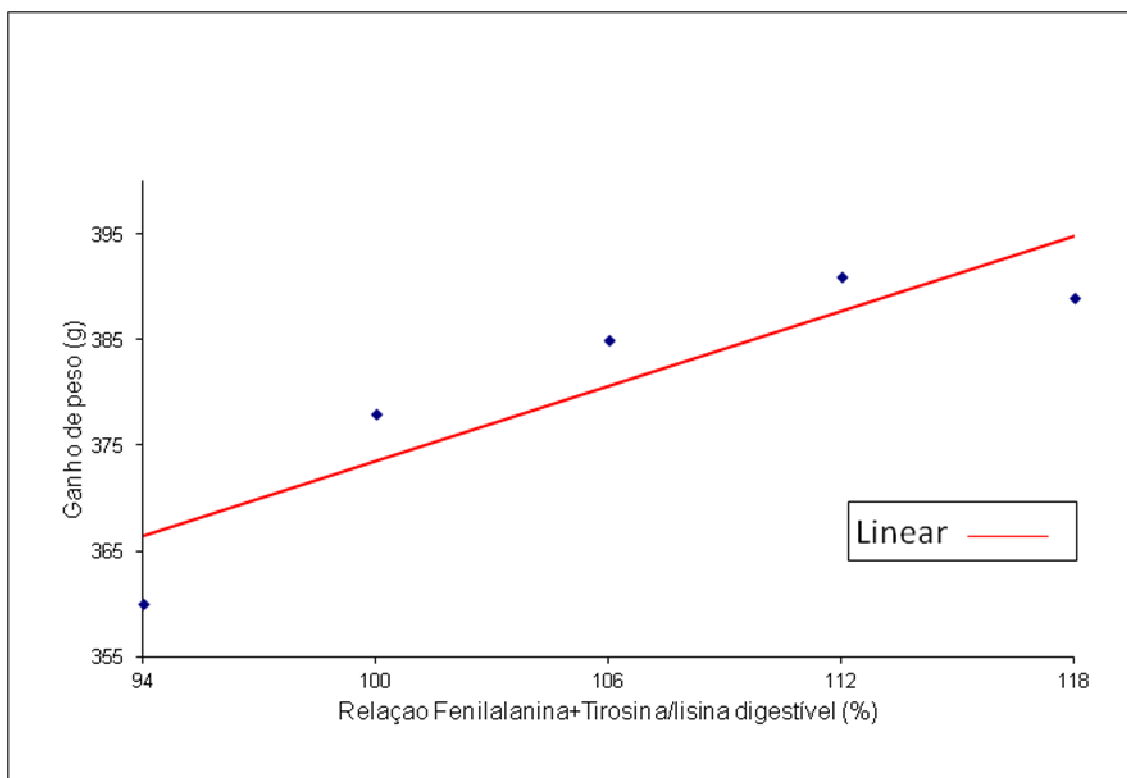


Figura 1 - Efeito de diferentes relações fenilalanina+tirosina/lisina digestível sobre o ganho de peso de frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias).

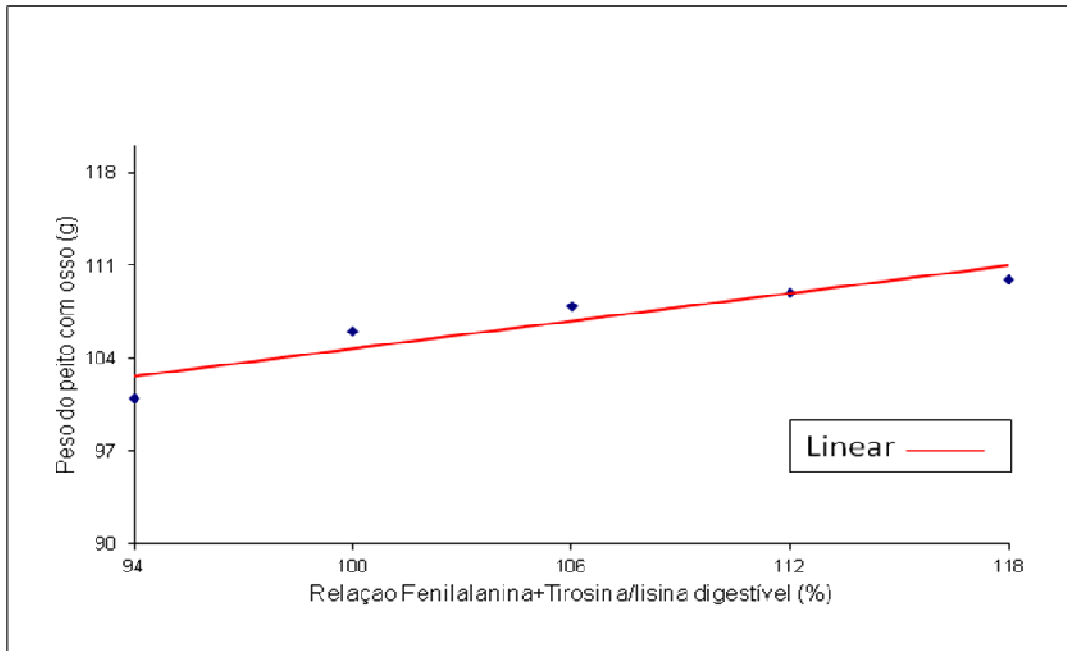


Figura 2 - Efeito de diferentes relações fenilalanina+tirosina/lisina digestível sobre o peso do peito com osso de frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias).

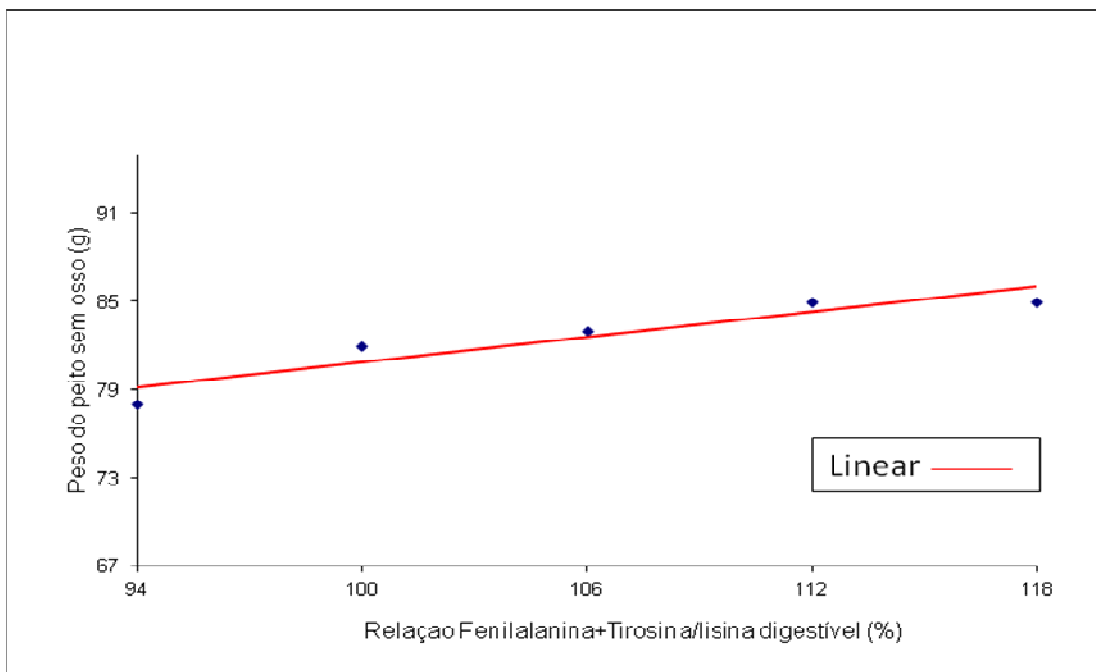


Figura 3 - Efeito de diferentes relações fenilalanina+tirosina/lisina digestível sobre o peso do peito sem osso de frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias).

4. CONCLUSÃO

A melhor relação fenilalanina + tirosina/lisina digestível para frangos de corte na fase inicial (8 a 17 dias) foi de 118%. No entanto, em razão do comportamento linear das variáveis, não se pode inferir sobre esse com relações acima de 118%, havendo necessidade de se trabalhar relações maiores de 118% para avaliar melhor os efeitos com a lisina digestível.

CAPÍTULO 3

EFEITO DE DIFERENTES RELAÇÕES HISTIDINA /LISINA DIGESTÍVEIS EM FRANGOS DE CORTE MACHOS, DURANTE A FASE INICIAL

1. INTRODUÇÃO

A histidina é considerada essencial para os frangos e demais animais. Geralmente, esse aminoácido encontra-se em quantidades suficientes nos ingredientes frequentemente usados na alimentação animal, situação que permite a fácil cobertura das exigências com os níveis de proteína normalmente usados. A dificuldade para criar situações de deficiência severa tem gerado pouco interesse por parte dos pesquisadores na estimativa de suas exigências, o que faz com que a informação disponível sobre exigências nutricionais histidina em frangos de corte ser bastante limitada e antiga, tornando-se necessária a redefinição e atualização das exigências de histidina para frangos de corte. Revisões de literatura de diferentes autores, acerca das exigências de histidina para frangos de corte, indicam que fatores como tipo de dieta, linha genética, nível de lisina da ração e condições experimentais têm impacto importante sobre as respostas às doses de histidina, o que explica as divergências entre os valores achados pelos diferentes autores e centros de pesquisas (ARC, 1963; DEAN; SCOTT, 1965; ZIMMERMAN; SCOTT, 1965; TOMÉ, 1967; CALET, 1967; GRIGOR'EV, 1967; NAS, 1971; HEWITT; LEWIS,

1972; PACKHAM; PAYNE, 1972; SASSE; BAKER, 1973; D'MELLO, 1974; HURWITZ et al., 1978; SCOTT et al., 1982; NRC, 1984; BORRMAN, 1985; BAKER; HAN, 1994; NRC, 1994; ROSTAGNO et al., 2005).

A partir das primeiras pesquisas para serem determinadas as exigências de lisina e histidina para frangos de corte de diferentes idades, podem ser calculadas relações de histidina:lisina totais de 35%, 26%, 36%, 30%, 37%, 34%, 36%, 47%, 40%, e 33% (ARC, 1963; DEAN; SCOTT, 1965; ZIMMERMAN; SCOTT, 1965; TOMÉ, 1967; CALET, 1967; GRIGOR'EV, 1967; NAS, 1971; HEWITT; LEWIS, 1972; PACKHAM; PAYNE, 1972; SASSE; BAKER, 1973).

Posteriormente, Hurwitz et al. (1978), Scott et al. (1982), NRC (1984), Borrman (1985), Baker e Han (1994), NRC (1994) e Rostagno et al. (2005), usando os conceitos de proteína ideal e digestibilidade de aminoácidos, publicaram as relações de histidina:lisina digestíveis para frangos de corte na fase inicial (0-21 dias) de 26%, 40%, 29%, 40%, 32%, 29% e 36%, respectivamente.

Neste experimento, objetivou-se avaliou-se o desempenho de frangos de corte machos dos 8 a 17 dias de idade, submetidos a cinco diferentes relações histidina: lisina digestível.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado para serem determinadas as relações histidina/lisina digestível para frangos de corte machos COBB 500 na fase de 8 a 17 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e oito repetições de quatro aves por unidade experimental. O peso inicial das aves foi de 175,3 g/ave com coeficiente de variação de 4,6%. O baixo número de aves por repetição foi em razão da limitada quantidade de histidina HCL industrial usada neste experimento, limitando a quantidade de alimento que foi possível fabricar. Foi necessário assegurar a maior homogeneidade no peso inicial para minimizar a variação dos parâmetros finais. O procedimento para a seleção dos pintos começou com a pesagem de 1.500 pintos; desses, foram escolhidos 480 de maior peso que foram divididos

em três grupos, de acordo com o peso. Posteriormente, 160 pintos da faixa inferior foram distribuídos nos diferentes tratamentos deste experimento.

Cinco diferentes relações histidina/lisina digestível (28, 31, 34, 37 e 40%) foram avaliadas. As dietas foram formuladas para atender às exigências, segundo Rostagno et al. (2005), exceto para a histidina.

As aves foram alojadas em galpão de alvenaria, subdividido em boxes de 1,0 x 2,0 m (providos de cama de cepilho, bebedouro tipo *nipple* e comedouro tubular), pé direito de 3 m de altura, cobertura de telhas de amianto, dotado de lanternim, piso cimentado, paredes laterais constituídas por mureta de 0,40 m e o restante telhado e cortinas plásticas para o controle de temperatura e correntes de ar. O manejo dos bebedouros, dos comedouros, das cortinas e das aves seguiu as recomendações do manual do manejo do frango de corte (VANTRES, 2003). As aves permaneceram os primeiros oito dias nesse mesmo galpão, recebendo uma dieta pré-inicial comercial e água à vontade em comedouros tipo bandeja e bebedouros infantis, respectivamente. Para manter a temperatura dentro de condições ideais para os pintos, foram usadas lâmpadas infravermelhas em todos os Box, que ficaram ligadas durante todo o período experimental. O programa de luz contínuo (24 horas de luz natural + artificial) foi adotado durante todo o período experimental. O aquecimento artificial dos pintos foi feito utilizando-se lâmpadas de infravermelho, ajustadas para proporcionar o maior conforto possível às aves. Os registros de temperatura interna do galpão foram obtidos com a instalação de três termômetros de máxima e mínima, colocados em diferentes partes da instalação à altura das aves. A temperatura média registrada foi de 21°C com mínima de 15°C e máxima de 26°C (Tabela 4).

As aves receberam alimentação e água *ad libitum*, durante todo o período experimental. As características avaliadas foram ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e rendimento de peito com e sem ossos em gramas e como porcentagem do peso vivo. Ao final do período experimental, as sobras de ração foram pesadas, sendo posteriormente calculadas as médias de ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar; as aves foram abatidas mediante deslocamento cervical para posteriormente obter o peito com osso, que foi desossado e novamente pesado, a fim de se conseguir o rendimento de peito.

A distribuição dos tratamentos no experimento e os níveis de histidina utilizados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição dos tratamentos no experimento de histidina e níveis de histidina digestível nas dietas

Treatamento	Sexo	Relação histidina/lisina digestível (%)	Histidina/lisina digestível (%)	Repetições	Aves por repetição	Aves por tratamento
1	Machos	28.0	0.300 / 1.07	8	4	32
2	Machos	31.0	0.332 / 1.07	8	4	32
3	Machos	34.0	0.364 / 1.07	8	4	32
4	Machos	37.0	0.396 / 1.07	8	4	32
5	Machos	40.0	0.428 / 1.07	8	4	32

Na Tabela 2, apresenta-se a dieta basal, que foi calculada para atender às exigências nutricionais preconizadas por Rostagno et al. (2005), exceto para os níveis de histidina digestível. As dietas experimentais foram obtidas substituindo o amido de milho por histidina HCL da dieta basal (Tabela 3).

A dieta basal foi suplementada com L-lisina HCl (99%), para atender aos níveis desejados, e com os aminoácidos industriais DL-metionina (99%); L-arginina (98,5%); L-treonina (98%); L-valina (99%); L-triptofano (99%); L-isoleucina (98,5%); L-fenilalanina (99%); L-leucina (99%); L-tirosina (99%); e L-glicina, em quantidades necessárias para se obter o padrão de proteína ideal para aminoácidos digestíveis, em que a lisina equivale a 100%; metionina + cistina, 73%; arginina, 109%; treonina, 68%; valina, 77%; isoleucina, 68%; triptofano, 17%; fenilalanina + tirosina, 115%; e leucina, 108% (ROSTAGNO et al., 2005).

Tabela 2 - Composições percentuais e valores nutricionais da dieta basal no experimento de histidina (8 a 17 dias de idade)

Ingredientes (%)		Composição nutricional	
Amido	35,80	Proteína bruta (%)	19,55
Arroz quirera	18,00	Energia metabolizável (kcal/kg)	3188
Farelo de soja	15,00	Cálcio (%)	0,91
Farinha de peixe 54%	7,00	Fósforo disponível (%)	0,47
Ácido glutâmico	7,00	Sódio (%)	0,219
Farinha de carne e ossos 51%	5,00	Potássio (%)	0,663
Material inerte	3,00	Cloro (%)	0,211
Óleo de soja	3,00	Lisina digestível (%)	1,070
Milho	2,00	Metionina + cistina digestível (%)	0,784
Carbonato de potássio	0,400	Metionina digestível (%)	0,639
Bicarbonato de sódio	0,400	Treonina digestível (%)	0,715
L-Lisina HCL 99%	0,411	Triptofano digestível (%)	0,186
DL-metionina 99%	0,415	Arginina digestível (%)	1,172
L-treonina 98%	0,240	Valina digestível (%)	0,831
L-arginina 98,5%	0,220	Isoleucina digestível (%)	0,729
L-valina 99%	0,210	Fenilalanina + tirosina dig. (%)	1,231
L-isoleucina 98,5%	0,180	Leucina digestível (%)	1,156
L-fenilalanina 99%	0,137	Histidina digestível (%)	0,300
L-tirosina 99%	0,091		
L-glicina	0,400		
L-triptófano 98%	0,046		
L-leucina 99%	0,161		
Cloreto de colina 60%	0,100		
Vitaminas ¹	0,120		
Minerais ²	0,050		
BHT ³	0,010		
Promotor ⁴	0,010		
Coccidiostático ⁵	0,055		
Sal	0,244		

¹ Suplemento vitamínico comercial (níveis de garantia por quilo do produto): vitamina A = 10.000.000 UI, vitamina D3 = 2.000.000 UI, vitamina E = 30.000 UI, vitamina B1 = 2,0 g = vitamina B6 = 4,0 g, ácido pantotênico = 12,0 g, biotina = 0,10 g, vitamina K3 = 3,0 g, ácido fólico = 1,0 g, ácido nicotínico = 50,0 g, vitamina B12 = 15.000 mcg, selênio = 0,25 g e veículo q.s.p. = 1.000 g.

² Suplemento mineral comercial (níveis de garantia por quilo de produto): manganês = 16,0 g; ferro = 100,0 g; zinco = 100,0 g; cobre = 20,0 g; cobalto = 2,0 g; iodo = 2,0 g; e veículo q.s.p. = 1.000 g.

³ Hidroxibutiltolueno (antioxidante).

⁴ Avilamicina (10%).

⁵ Salinomicina (12%).

Tabela 3 - Quantidades de amido e histidina HCL (74%) adicionadas na dieta basal para cada um dos tratamentos

Ingrediente	Relação histidina/lisina digestível				
	28%	31%	34%	37%	40%
Amido	0,197	0,155	0,112	0,069	0,025
Histidina HCL (74%)	0,000	0,042	0,085	0,128	0,172

Tabela 4 - Temperatura média durante o experimento (°C)

Fase	Mínima	Máxima
8-17 dias	15 (12) ¹	26 (29) ¹

¹ Temperatura mais baixa e mais alta registrada no experimento.

Foi usado um desenho experimental inteiramente casualizado com cinco níveis de relação de histidina:lisina digestível (28, 31, 34, 37 e 40%), oito repetições e quatro aves/unidade experimental, totalizando 40 unidades experimentais e 160 aves.

As análises estatísticas foram realizadas pelo *software* Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 2000). Realizou-se a análise de regressão para as diferentes relações e os resultados foram avaliados para linear, quadrática, cúbica, quártica e quártica; porém, só foram consideradas a linear e a quadrática, quando $P < 0,05$. Para as variáveis resposta que apresentaram comportamento quadrático, foram calculados o ponto de inflexão, como as melhores relações, e os 95% desses valores como limite de confiança (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007). O *Linear Response Plateau* (LRP) foi utilizado para as variáveis-resposta que apresentaram efeito quadrático significativo na análise de regressão. Os dados também foram ajustados pelo modelo quadrático associado ao *plateau* para as variáveis que apresentaram efeito quadrático significativo, inserindo o *plateau* (y) na equação

quadrática. As recomendações de melhor relação foram obtidas por meio da média alcançada das variáveis-resposta frente às diferentes análises, em razão do bom ajuste dos dados dessas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, peso do peito com e sem osso e rendimento de peito com e sem osso, de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes relações histidina/lisina digestível na fase inicial (8 a 17 dias), são apresentadas na Tabela 5.

Embora seja conhecido que diversos fatores podem afetar o consumo de ração, segundo Si et al. (2001), frangos alimentados com dietas marginais em aminoácidos consomem mais para alcançar as exigências para o ganho de peso deles. Contudo, esse efeito não foi observado nesta pesquisa, pois não houve aumento no consumo de ração em relação aos níveis mais baixos do aminoácido testado. Os frangos de corte alimentados com a dieta contendo 37% de relação histidina/lisina digestível apresentaram a melhor resposta numérica nas variáveis consumo de ração, ganho de peso, peso de peito com e sem osso e rendimento de peito com osso, indicando a possibilidade de atendimento da exigência de histidina/lisina digestível nesse valor. Para a conversão alimentar, a melhor relação foi de 34% e para o rendimento de peito sem osso, 40%.

Para análise de regressão, não houve diferença significativa ($P > 0,05$) no consumo de ração e ganho de peso; entretanto, observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para a conversão alimentar ($CA = 2,67476 - 0,0773895His + 0,00109384His^2$, $R^2 = 0,85$) (Figura 1), o peso de peito com osso ($PCO = -0,194596 + 0,0152701His - 0,000193039His^2$, $R^2 = 0,99$) (Figura 2), o peso de peito sem osso ($PSO = -0,185829 + 0,0133449His - 0,000165509His^2$, $R^2 = 0,99$) (Figura 3), o rendimento de peito com osso ($RPCO = -0,128398 + 0,0155412His - 0,000187035His^2$, $R^2 = 0,99$) (Figura 4) e o rendimento de peito sem osso ($RPSO = -0,176859 + 0,0155490His - 0,000184350His^2$, $R^2 = 0,99$) (Figura 5) com relações ótimas de 35, 39, 40, 41 e 42%, respectivamente. Aplicando-se o limite de confiança de 95% para a

resposta da equação quadrática para conversão alimentar, peso de peito com e sem osso e rendimento de peito com e sem osso, obtêm-se relações ótimas de 33, 37, 38, 39 e 40%, respectivamente. Na análise de LRP, para a conversão alimentar, obtiveram-se como melhor relação 31% com *plateau* de 1,3169 ($CA = 1,875 - 0,018His$) (Figura 1); para o peso de peito com e sem osso, 36% com *plateau* de 107,2 g e 82,7 g, respectivamente ($PCO = -0,0207 + 0,0037His$; $PSO = y = -0,0447 + 0,0037His$) (Figuras 2 e 3); e para o rendimento de peito com e sem osso, 37% com *plateau* de 193 g e 149,4 g, respectivamente ($RPCO = 0,0381 - 0,0044His$; $RPSO = -0,0233 + 0,0049His$) (Figuras 4 e 5). Aplicando-se a equação quadrática com o *plateau*, as melhores relações foram de 32% para a conversão alimentar; 38%, para o peso de peito com e sem osso; e 39%, para o rendimento de peito com e sem osso (Figuras 1 a 5).

Tabela 5 - Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), peso do peito com osso (PCO), peso do peito sem osso (PSO), rendimento do peito com osso (RPCO) e rendimento de peso sem osso (RPSO) de frangos de corte na fase inicial (oito a 17 dias)

Relação (%)		CR (g/ave)	GP (g/ave)	CA	PCO (g)	PSO (g)	RPCO (%)	RPSO (%)
28,0		0,436	0,318	1,371	0,082	0,058	16,0	11,4
31,0		0,477	0,353	1,351	0,093	0,069	17,4	12,9
34,0		0,491	0,377	1,302	0,101	0,075	18,2	13,7
37,0		0,505	0,382	1,322	0,108	0,083	19,3	14,8
40,0		0,499	0,377	1,323	0,107	0,083	19,3	14,9
ANOVA	L	0,002	0,001	ns ¹	0,001	0,000	0,001	0,001
	Q	ns ¹	ns ¹	0,026	0,006	0,007	0,012	0,004
CV(%)		8,50	8,73	3,36	6,40	7,36	3,71	4,17

¹ Não significativo.

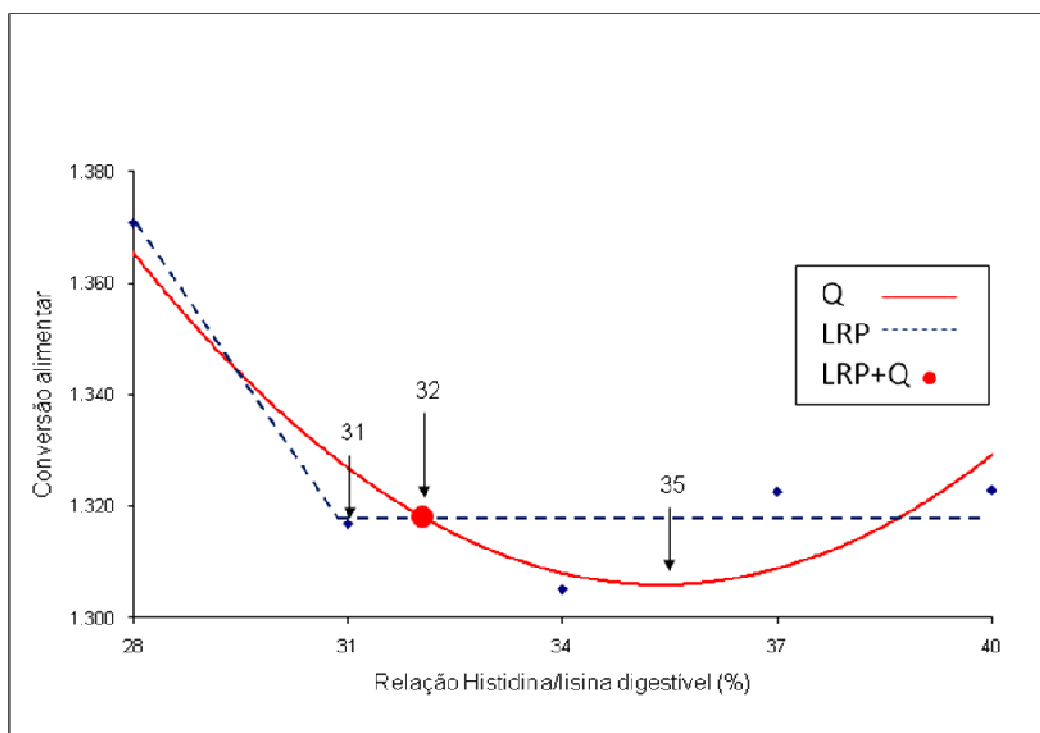


Figura 1 - Efeito de diferentes relações histidina/lisina digestível na dieta sobre a conversão alimentar de frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias).

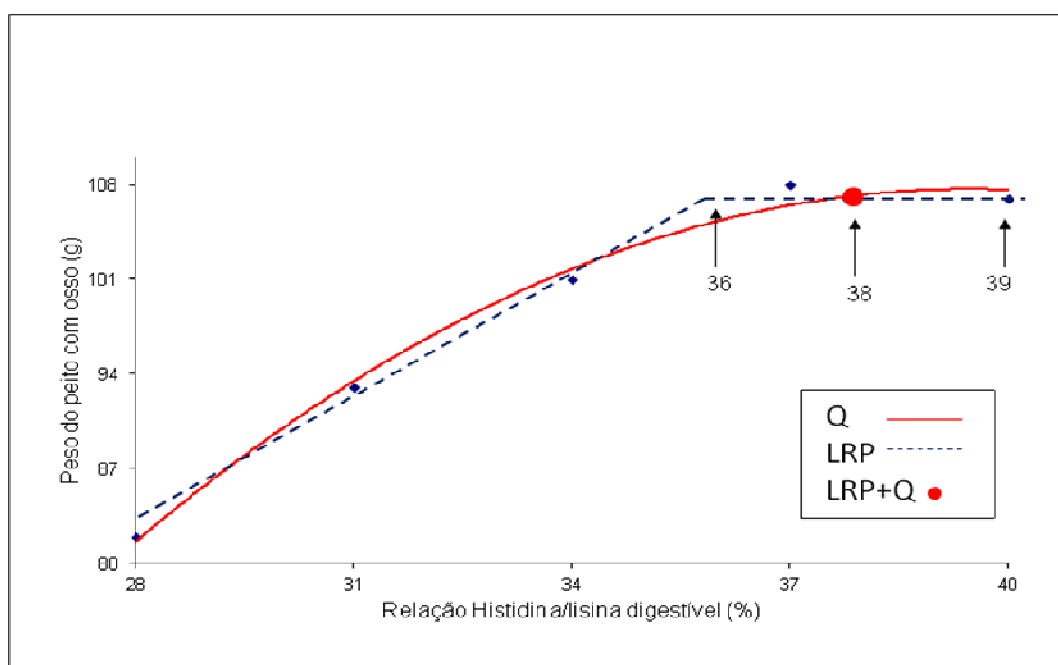


Figura 2 - Efeito de diferentes relações histidina/lisina digestível na dieta sobre o peso do peito com osso de frangos de corte na fase inicial (8 a 17 dias).

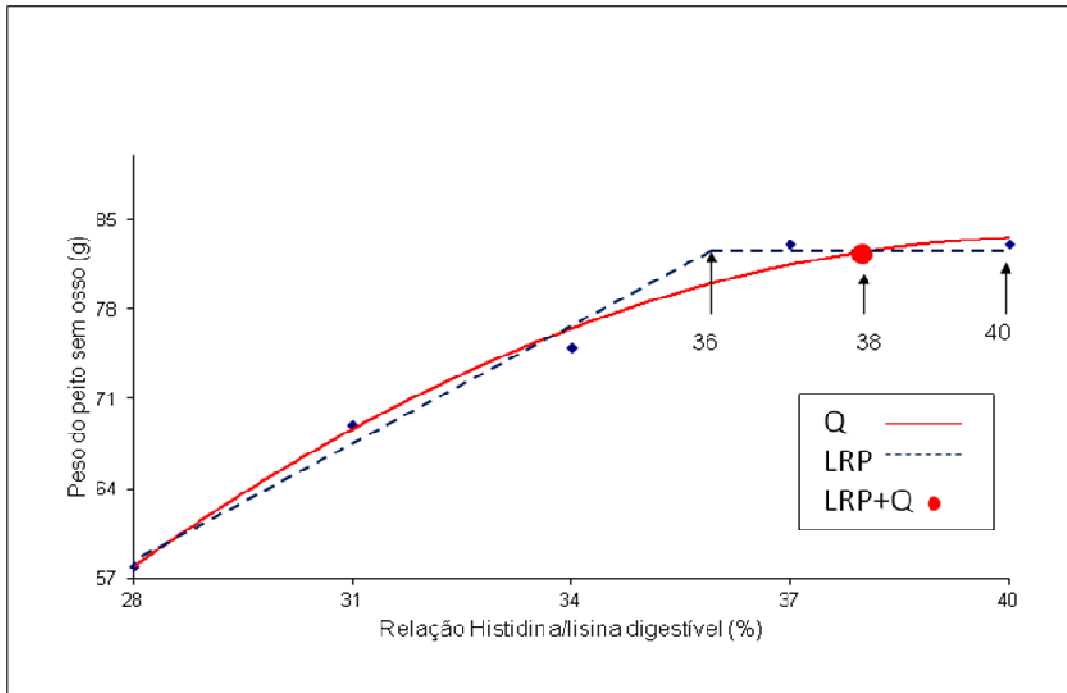


Figura 3 - Efeito de diferentes relações histidina/lisina digestível na dieta sobre o peso do peito sem osso de frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias).

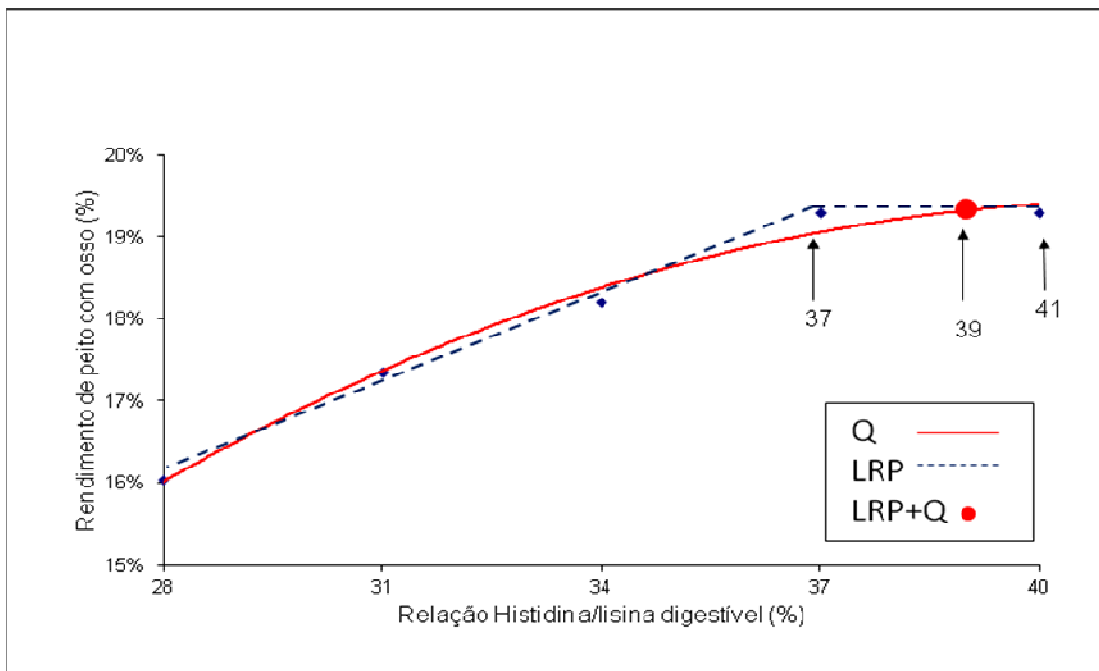


Figura 4 - Efeito de diferentes relações histidina/lisina digestível na dieta sobre o rendimento de peito com osso de frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias).

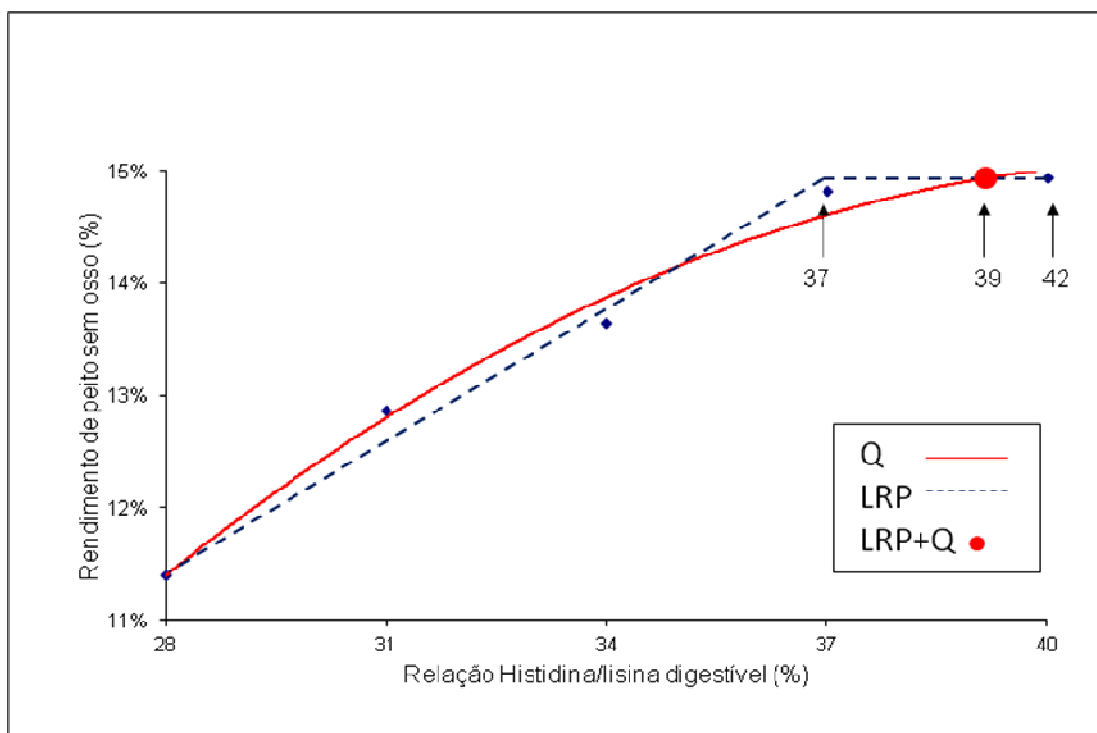


Figura 5 - Efeito de diferentes relações histidina/lisina digestível sobre o rendimento de peito sem osso de frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias).

Apresenta-se, na Tabela 6, um resumo das relações ótimas de histidina/lisina digestível para cada variável estudada (ganho de peso, conversão alimentar, peso de peito com e sem osso e rendimento de peso com e sem osso), encontradas por cada um dos modelos.

Tabela 6 - Resumo das relações histidina/lisina digestível (%) obtidas na fase inicial (8 a 17 dias)

	GP	CA	PCO	PSO	RPCO	RPSO
Equação linear	40					
Equação quadrática		35	39	40	41	42
95% da equação quadrática		33	37	38	39	40
Linear Response Plateau		31	36	36	37	37
Quadrática com Plateau		32	38	38	39	39

É possível observar na literatura diferentes recomendações de relações histidina/lisina digestível para frangos de corte na fase inicial. Hurwitz et al. (1978), Scott et al. (1982), NRC (1984 e 1994), Borrman (1985), Baker e Han (1994) e Rostagno et al. (2005) reportaram relações histidina/lisina digestível de 26, 40, 29, 40, 32, 29 e 36%, respectivamente. Os resultados desta pesquisa apresentaram tendência a relações maiores, comparado com as recomendações de Hurwitz et al. (1978), NRC (1984 e 1994) e Baker e Han (1994), menores, quando comparadas com os dados de Scott et al. (1982) e Borrman (1985), e similares aos valores de Rostagno et al. (2005).

Os dados obtidos nesta pesquisa para a ótima conversão alimentar foram consistentemente menores do que para os demais parâmetros.

4. CONCLUSÃO

Por meio dos resultados das diferentes variáveis estudadas neste trabalho, a recomendação para a relação histidina/lisina digestível, que atende aos principais parâmetros produtivos para frangos de corte na fase de 8 a 17 dias, é de 37%.

REFERÊNCIAS

- AFTAB, U.; ASHRAF, M.; JIANG, Z. Low protein diets for broilers. **Word's Poultry Science Journal**, v. 62, p. 688-701, 2006.
- ALETOR, V.A.; HAMID, I.I.; NIESS, E.; PFEFFER, E. Low-protein amino acid-supplemented diets in broiler chicken: effect on performance, carcass characteristics, whole body composition and efficiencies nutrient utilization. **Journal Science of Food Agriculture**, v. 80, p. 547-554, 2000.
- ALMQUIST, H.J.; GRAU, C.E. The amino acid requirements of the chick. **Journal of Nutrition**, v. 28, n. 5, p. 325, 1944.
- BAKER, D.H. Ideal amino acids profiles for swine and poultry and their applications in feed formulation. **Biokyowa Technical Review**, v. 9, p. 1-24, 1997.
- BAKER, D.H.; HAN, Y. Ideal amino acid profile for chickens during the first three weeks posthatching. **Poultry Science**, v. 73, n. 9, p. 1441-1447, 1994.
- BAKER, D.H.; JOHNSON, R.W. Disease stress, cytokines and amino acid needs of pigs. **Pig News and information**, v. 20, p. 123N-124N, 1999.
- BAKER, D.H.; BATAL, A.B.; PARR, T.M.; AUGSPURGER, N.R.; PARSONS, C.M. Ideal ratio (relative to lysine) of tryptofan, threonine, isoleucine and valine for chicks during the second and third week of life. **Poultry Science**, v. 81, p. 485-494, 2002.
- BARBOZA, W.A. **Exigências nutricionais de lisina para duas marcas comerciais de frangos de corte**. 1998. 110 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BEDFORD, M.R.; SUMMERS, J.D. Influence of the ratio of essential to non essential amino acids on performance and carcass composition of the broiler chick. **British Poultry Science**, v. 65, n. 3, p. 717-723, 1985.

BERCOVICI, D. Más información nutricional = más flexibilidad en la formulación de alimentos para broilers = optimización de la producción. **Avicultura Profesional**, v. 16, n. 5, p. 27-28, 1998.

BERDANIER, C.D. **Advanced nutrition micronutrients**. Boca Raton: CRS Press, 1998.

BOLDIZSAR, H.K.; BOORMAN, K.N.; BUTTERY, P.J. The effect of excess leucine on valine catabolism in chick. **British Journal of Nutrition**, v. 30, p. 501-510, 1973.

BORING, K.; OGLE, B.; LINDBERG, J.K. Methods and techniques for the determination of amino acid digestibility: a review. **Livestock Research for Rural Development**, v. 14, n. 6, p. 2002.

BREGENDAHL, K.; SELL, J.L.; ZIMMERMAN, D.R. Effect of low-protein diets on growth performance and body composition of broiler chicks. **Poultry Science**, v. 81, p. 1156-1167, 2002.

BRITISH AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. **The nutrient requirements of farm livestock**. London: Her Majesty's Stationary Office, 1963.

BRITISH AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. **The nutrient requirements of pigs**. Farnham Royal, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1981.

BUSE, M.G.; REID, S.S. Leucine: a possible regulator of protein turnover in muscle. **J. Clin. Invest.**, v. 56, p. 1250-1261, 1975.

CALET, C. Report of committee on nutrient requirements for poultry. **Wilds Poultry Science**, v. 23, p. 46-49, 1967.

CAUWENBERGHE, S.V.; BURNHAM, D. New developments in amino acids and protein nutrition of poultry, as related to optimal performance and reduced nitrogen excretion. In: EUROPEAN SYMPOSIUM POULTRY NUTRITION, 13, 2001, Blankenberg, Belgium. **Proceedings...**, Blankenberg, Belgium, 2001.

CHUNG, T.K.; BAKER, D.H. Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3102-3111, 1992.

COLE, D.J.A. The amino acid requirements of pigs: the concept an ideal protein. **Pigs News and Information**, v. 1, p. 201-205, 1980.

COSTA, F.G.P. **Níveis dietéticos de lisina e proteína bruta para frangos de corte**. 2000. 131 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

COX, M.M.; NELSON, D.L. **Lehninger principles of biochemistry**. 4.ed. Omega, 2006.

D'MELLO, J.P.F. Plasma concentration and dietary requirements of leucine, isoleucine and valine: studies with the young chick. **F. Sci. Fd. Agric.**, v. 25, p. 187-196, 1974.

D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in animal nutrition**. Cambridge: CAB International Publishing, 2003.

D'MELLO, J.P.F.; LEWIS, D. Amino acid interactions in chick nutrition: the interrelationship between lysine and arginine. **British Poultry Science**, v. 11, p. 299-311, 1970a.

D'MELLO, J.P.F.; LEWIS, D. Amino acid interactions in chick nutrition: the interrelationship between leucine, isoleucine and valine. **British Poultry Science**, v. 11, p. 313-323, 1970b.

DEAN, W.F.; SCOTT, H.M. The development of an amino acid reference diet for the early growth of chicks. **Poultry Science**, v. 44, p. 803-808, 1965.

DENOYA, C.D.; DEDECHKO, R.W.; HAFNER, E.W. et al. A second branched-chain alpha-keto dehydrogenase gene cluster (bkdFGH) from *Streptomyces avermitilis*: its relationship to avermectin biosynthesis and the construction of a bkdF mutant suitable for the production of novel antiparasitic avermectins. **J. Bact.**, v. 177, p. 3504-3511, 1995.

DESCHEPPER, K.; DE GROOTE, G. Effect of dietary protein, essential and non essential amino acids on the performance and carcass composition of male broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 36, p. 229-245, 1995.

EDMONDS, M.S.; PARSONS, C.M.; BAKER, D.H. Limiting amino acids in low-protein corn-soybean meal diets fed to growing chicks. **Poultry Science**, v. 64, p. 1519-1526, 1985.

EDMONSON, M.S.; BAKER, D.H. Failure of excess dietary lysine to antagonize arginine in young pigs. **Journal of Nutrition**, v. 117, p. 1396-1401, 1987.

EMMERT, J.L.; BAKER, D.H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. **Journal of Poultry Research**, v. 6, n. 4, p. 462-470, 1997.

ERWAN, E.; ALIMON, A.R.; SAZILI, A.Q. et al. Effects of varying levels of L-leucine and metabolizable energy in finisher diet on carcass composition and meat sensory characteristics of broiler chickens. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 8, n. 6, p. 792-796, 2009.

EUCLYDES, R.F.; ROSTAGNO, H.S. Estimativas dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho. In: WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São Paulo, 2001. p. 77-88.

FANCHER, B.I.; JENSEN, L.S. Dietary protein level and essential amino acids content: influence upon female broiler performance during the grower period. **Poultry Science**, v. 68, p. 897-908, 1989a.

FANCHER, B.I.; JENSEN, L.S. Male broiler performance during the starting and growing periods as affected by dietary protein, essential amino acids, and potassium levels. **Poultry Science**, v. 68, p. 1385-1395, 1989b.

FARRAN, M.T.; THOMAS, O.P. Dietary requirements of leucine, isoleucine, and valine in male broilers during the starter period. **Poultry Science**, v. 69, p. 757-762, 1989.

FATUFE, A.A.; RODEHUTSCORD, M. Growth, body composition, and marginal efficiency of methionine utilization are affected by nonessential amino acid nitrogen supplementation in male broiler chicken. **Poultry Science**, v. 84, p. 1584-1592, 2005.

FEATHERSTON, W.R.; HORN G.W. Dietary influences on the activities of enzymes involved in branched-chain amino acid catabolism in the chick. **Journal Nutrition**, v. 103, p. 757-765, 1973.

FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA R.F.M.; DONZELE J.L. et al. Redução da proteína bruta e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg mantidos em ambiente de alta Temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 818-824, 2007.

FISHER, H.; GRIMINGER, P.; LEVEILLE, G.A.; SHAPIRO, R. Quantitative aspects of lysine deficiency and amino acid imbalance. **Journal of Nutrition**, v. 71, p. 213-220, 1960.

FULLER, M.F. Amino acids requirements for maintenance, body protein accretion and reproduction in pigs. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.). **Amino acids in farm animal nutrition**. Wallingford, UK: CAB International, 1994. p. 155-184.

GRIGOR'EV, N.G. Opredeleine amino-kislotnoj potrebnosti brojlerov. **Zivotnovodstvo**, v. 7, p. 55-60, 1967.

GRISONI, M.L. **Role des acides aminés alimentaires dans la lipogenese du poulet de chair.** 1991. Thesis (Ph.D.) – University of Aix-Marseille, France.

HAN, Y.; BAKER, D.H. Lysine requirements of fast- and slow-growing broilers chicks. **Poultry Science**, v. 70, p. 2108-2114, 1991.

HAN, Y.; BAKER, D.H. Effects of sex, heat stress, body weight, and genetic strain on the dietary lysine requirement of broiler chicks. **Poultry Science**, v. 72, p. 701-708, 1993.

HARPER, A.E. Amino acid toxicities and imbalances. In: MUNRO, H.N.; ALLISON, J.B. (Eds.). **Mammalian protein metabolism.** New York: Academic Press, 1964. v. 2, p. 87-134.

HARPER, A.E.; ROGERS, Q.R. Amino acid imbalance. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 24, p. 173-190, 1965.

HARRISON, L.M.; D'MELLO, J.P.F. Large neutral amino acids in the diet and neurotransmitter concentrations in the chick brain. **Proceeding in the Nutrition Society**, v. 45, p. 72A, 1987.

HEWITT, D.; LEWIS, D. The amino acid requirements of the growing chick: growth and body composition of chicks fed on diets in which the proportions on amino acids are well balanced. **British Poultry Science**, v. 13, p. 465-474, 1972.

HOLSHEIMER, J.P.; JANSSEN, W.M.A. Limiting amino acids in low protein maize soybean meal diets fed to broiler chicks from 3 to 7 weeks of age. **British Poultry Science**, v. 32, p. 151-158, 1991.

HURWITZ, S.; SKLAN, D.; BARTOV, I. New formal approaches to the determination of energy and amino acid requirements of chicks. **Poultry Science**, v. 57, p. 197, 1978.

JENSEN, L.S. Broiler performance as affected by intact protein versus synthetic amino acids. In: GEORGIA NUTRITION CONFERENCE, 1991. **Proceedings...** 1991. p. 83-89.

JEROCH, H.; PACK, M. Effects of dietary sulfur aminoacids and crude protein on the performance of finisher broilers. **Archiv für Tierernahrung**, v. 48, p. 109-118, 1995.

JIANG, Q.; WALDROUP, P.W.; FRITTS, C.A. improving utilization of diets low in crude protein for broiler chicken: evaluation of specific aminoacid supplementation to diets low in crude protein. **International Journal Poultry Science**, v. 4, n. 3, p. 115-122, 2005.

KIDD, M.T.; ZUMWALT, C.D.; CHAMBLEE, D.W.; CARDEN, M.L.; BURNHAM, D.J. Broiler growth and carcass responses to diets containing l-threonine versus diets containing threonine from intact protein sources. **Journal Applied Poultry Research**, v. 11, p. 83-89, 2002.

KLASSING, K.C.; JARRELL, V.L. Regulation of protein degradation in chick muscle by several hormones and metabolites. **Poultry Science**, v. 64, n. 4, p. 694-699, 1985.

LECLERCQ, B. El concepto de proteína ideal y el uso de aminoácidos sintéticos: estudio comparativo entre pollos y cerdos. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN, NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL, 14, 1998. **Anais...** Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA), 1998a. p. 191-202.

LECLERCQ, B. Lysine: specific effects of lysine on broiler production: comparison with threonine and valine. **Poultry Science**, v. 77, p. 118-123, 1998b.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chicken**. 4.ed. Ontario, Canada: Univ. Books, 2001. 283 p.

LEUNG, P.M.B.; ROGERS, Q.R. Food intake: regulation by plasma amino acid pattern. **Life Sciences**, v. 8, p. 1-9, 1969.

LEUNG, P.M.B.; GIETZEN, D.W.; ROGERS, Q.R. Alteration in the amino acid profile of prepiryform cortex from rats fed amino acid imbalanced diets. **Federation Proceedings**, v. 44, p. 1523, 1985.

LIPSTEIN, B.; BORNSTEIN, S.; BARTOV, I. The replacement of some of the soybean meal by the first limiting amino acids in practical broiler diets: effects of protein concentration and amino acid supplementation in broiler finisher diets on fat deposition on the carcass. **British Poultry Science**, v. 16, p. 627-635, 1975.

MACK, S.; BERCOVICI, D.; DE GROOTE, G. et al. Ideal amino acid profile and dietary lysine specification for broiler chickens of 20-40 days of age. **British Poultry Science**, v. 40, p. 257-265, 1999.

MacLEOD, M.G.; McNEILL, L.; KNOX, A.I.; BERNARD, K. Comparison of body weight responses to dietary lysine concentration in broilers of two commercial lines and a 'relaxed-selection' line. Br. **Poultry Science**, v. 39, p. S34-S35, 1998.

McDONALD, P.; EDWARD, R.A.; GREENHALGH, J.F.D.; MORGAN, C.A. **Animal nutrition**. 5.ed. 1998. p. 221-229. (Chapter 10 - Evaluation of foods (A) Digestibility).

McNAB, J.M. Amino acid digestibility and availability studies with poultry. In: D'MELLO, J.P.F. **Farm animal nutrition**. CAB International, 1994. p. 185-203.

MITCHELL, H.H. **Comparative nutrition of man and domestic animals**. New York: Academic Press, 1964.

MORAN JUNIOR, E.T.; BUSHONG, R.D.; BILGILI, S.F. Reducing dietary crude protein for broilers while satisfying amino acid requirements by least-cost formulation: live performance, litter composition, and yield of fast-food carcass cuts at six weeks. **Poultry Science**, v. 71, p. 1687-1694, 1992.

MORAN JUNIOR, E.T.; STILBORN, H.L. Effect of glutamic acid on broilers given submarginal crude protein with adequate essential amino acids using feeds high and low in potassium. **Poultry Science**, v. 75, p. 120-129, 1996.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES – NAS. **Nutrients requirements of domestic animals**: nutrients requirements of poultry. 6.ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1971.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirements of swine**. 10.ed. Washington, D.C, 1994.

NONAMI, T.; TANIGUCHI, K.; KUROKAWA, T. et al. Low activity of branched-chain alpha-keto acid dehydrogenase complex in human liver. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 62, p. 1023, 1995.

PACK, M. Proteína ideal para frango de corte: conceitos e posição atual. In: CONFERÊNCIA APINCO DE TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1995, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FACTA, 1995. p. 95-110.

PACKHAM, R.G.; PAYNE, C.G. Amino acids requirements of broiler chicken. **Proc Australas. Poult. Sci. Conv.**, p. 109-113, 1972.

PARR, J.F.; SUMMERS, J.D. The effect of minimizing amino acid excesses in broiler diets. **Poultry Science**, v. 70, p. 1540-1549, 1991.

PATEK, M.; KRUMBACH, K.; EGGELING, L.; SAHM, H. Leucine synthesis in *Corynebacterium glutamicum*: enzyme activities, structure of leuA, and effect of leuA inactivation on lysine synthesis. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 60, p. 133-140, 1994.

PENG, Y.; TEWS, J.K.; HARPER, A.E. Amino acid imbalance, protein intake and changes in rat brain and plasma amino acids. **American Journal of Physiology**, v. 222, p. 314-321, 1972.

PENZ JUNIOR, A.M. O uso do conceito de proteína ideal para monogástricos In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 1996, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: FARSUL/SENAR, 1996. p. 71-85.

PESTI, G.M. Proteína (aminoácidos) para frangos de corte. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1999. p. 97-110.

PESTI, G.M. Impact of dietary amino acid and crude protein levels in broiler feeds on biological performance. **Journal Applied Poultry Research**, v. 18, p. 477-486, 2009.

PINCHASOV, Y.; MENDONÇA, C.X.; JENSEN, L.S. Broiler chick response to low protein diets supplemented with synthetic amino acids. **Poultry Science**, v. 69, p. 1950-1955, 1990.

RENNIE, M.J.; BOHE, J.; SMITH, K. et al. Branched-chain amino acids as fuels and anabolic signals in human muscle. **Journal of Nutrition**, v. 136, p. 264S-268S, 2006.

ROSTAGNO, H.S.; PAEZ, L.E.; TOLEDO, R.S.; ALBINO, L.F.T. Actualización de la nutrición de aminoácidos y proteína en pollos de engorde. In: SEMINARIO LATINOAMERICANO DE AVICULTURA, 17, 2002, Habana, Cuba. **Memorias...** Habana, Cuba, 2002. p.16.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELES, J.L. et.al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2005.

ROSTAGNO, H.S.; CAMPOS, A.; TEIXEIRA, L.F.; SALGUERO, S. Aminoácidos en la producción de pollos de engorde: proteína ideal. In: CONGRESO DEL COLEGIO LATINOAMERICANO DE NUTRICIÓN ANIMAL, 3, 2009, Cancún. **Anais...** Cancún, Mexico, 2009.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007.

SASSE, C.E.; BAKER, D.H. Modification of the Illinois reference standard amino acid mixture. **Poultry Science**, v. 52, p. 1970-1972, 1973.

SCHUTTE, J.B. Utilization of synthetic amino acids in poultry. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON POULTRY NUTRITION, 6, 1987, Koningslutter, Germany. **Proceedings...** Koningslutter, Germany, 1987. p. 11-12.

SCOTT, M.L.; NESHEIM, M.C.; YOUNG, R.J. **Nutrition of the chicken**. 3.ed. Ithaca, N.Y.: M. L. Scott, 1982.

SHIMOMURA, Y.; YAMAMOTO, Y.; BAJOTTO, G. et al. Nutraceutical effects of branched-chain amino acids on skeletal muscle. **Journal of Nutrition**, v. 136, p. 529S-532S, 2006.

SI, J.; FRITTS, C.A.; BURNHAM, D.J.; WALDROUP, P.W. Relationship of dietary lysine level to the concentration of all essential amino acids in broiler diets. **Poultry Science**, v. 80, p. 1472-1479, 2001.

SI, J.; FRITTS, C.A.; BURNHAM, D.J.; WALDROUP, P.W. Extent to which crude protein may be reduced in corn-soybean meal broiler diets through amino acid supplementation. **International Journal Poultry Science**, v. 3, n. 1, p. 46-50, 2004.

SIBBALD, I.R. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs, **Poultry Science**, v. 55, n. 1, p. 303-308, 1976.

SMITH, T.K.; AUSTIC, R.E. The branched-chain amino acid antagonism in chicks. **Journal of Nutrition**, v. 108, p. 1180-1191, 1977.

STERLING, K.G.; VEDENOV, D.V.; PESTI, G.M.; BAKALLI, R.I. Economically optimal dietary crude protein and lysine levels for starting broiler chicken. **Poultry Science**, v. 3, n. 1, p. 46-50, 2005.

TOMÉ, M.F. **Norms and tables for animal nutrition**. D. Beograd: Stosic, 1967.

WALDROUP, P.W.; KERSEY, J.H.; FRITTS, C.A. Influence of branched-chain amino acid balanced in broiler diets. **International Journal Poultry Science**, v. 1, p. 136-144, 2002.

WENDISCH, V.F. **Amino acid biosynthesis and metabolic engineering**. Springer, 2007. p. 149-155.

WOODHAM, A.A.; DEANS, P.S. Amino acid requirements of growing chicken. **British Poultry Science**, v. 16, p. 269-287, 1975.

YAMAZAKI, M.; MURAKAMI, H.; YAMAZAKI, M.; TAKEMASA, M. Reduction of nitrogen excreted from broiler chicks by feeding low-protein, amino acid-supplemented diets. **Japan Poultry Science**, v. 33, p. 249-255, 1996.

YAMAZAKI, M.; MURAKAMI, H.; TAKEMASA, M. Effects of ratios of essential amino acids to non-essential amino acids in low protein diet on excretion and fat deposition of broiler chicks. **Japan Poultry Science**, v. 35, p. 19-26, 1998.

ZANCHI, N.E.; NICASTRO, A.; LANCHI, A.H. Potential antiproteolytic effects of L-leucine: observations of *in vitro* and *in vivo* studies. **Nutrition & Metabolism**, v. 5, n. 20, doi:10.1186/1743-7075-5-20, 2008.

ZAVIEZO, D. Concepto de proteína ideal, requerimientos de aminoácidos de pollos y gallinas. **Avicultura Profesional**, v. 18, n. 7, 2000.

ZIMMERMAN, R.A.; SCOTT, H.M. Inter-relationship of plasma amino acid levels and weight gain in the chicks as influenced by suboptimal and superoptimal dietary concentrations of single amino acids. **Journal of Nutrition**, v. 87, p. 13-18, 1965.