



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DIVISAO DE AGRICULTURA

CURSO DE ENGENHARIA ZOOTÉCNICA

**INFLUÊNCIA DA ESSENCIALIDADE DE AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS NOS
ESTAGIOS DE CRESCIMENTO DE FRANGOS DE CORTE**

Trabalho apresentado e defendido para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia zootécnica

Autora: Isménia Lizi Inácio Siteo

Tutor: Eng^o António Manhique (MSc)

Lionde, Outubro de 2020



INFLUÊNCIA DA ESSENCIALIDADE DE AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS NOS ESTAGIOS DE CRESCIMENTO DE FRANGOS DE CORTE

Autora: Isménia Lizi Inácio Siteo

Tutor: Eng^o António Manhique (MSc)



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Isménia Lizi Inácio Siteo " Influência da essencialidade de aminoácidos essenciais nos estágios de crescimento de frangos de corte", apresentado ao Curso de Engenharia Zootécnica na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Zootécnica.

Monografia defendida e provada a 08 de Setembro de 2020.

Júri

Supervisor _____

(Eng. António Jaime Manhique, MSc)

Avaliador _____

(Eng. Mikosa Nkole, MSc)

Avaliador _____

(Eng. Kakese Kandolo Paty)

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente este trabalho a Deus, “Porque dele, e por ele, e para ele são todas as coisas; Gloria, pois, a ele eternamente. Romanos 11.36”.

Também aos meus Pais, por apostarem e investirem em mim, esta monografia é a prova de que todo seu investimento e dedicação valeram a pena.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro e especial a Deus por ter me dar o dom da vida e me brindar com sua graça e presença todos os dias da minha vida, por me manter com saúde e força durante a minha jornada acadêmica até hoje.

Sou muito grata também aos meus pais Inácio Siteo e Clotilde Ecinha, por dedicarem suas vidas para mim e meus irmãos, por com muito esforço investirem na minha educação acadêmica assim como pessoa, por sua presença e amor incondicional na minha vida sempre.

Agradeço ao meu supervisor Eng. Antonio Manhique, pela dedicação do seu escasso tempo ao meu trabalho, pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo.

A todo o corpo Docente do curso de Engenharia Zootécnica deixo um agradecimento especial, pela paciência e dedicação, que sempre transmitiram seu saber com muita dedicação e profissionalismo.

Aos meus irmãos Ruth e Ednésio, pelo seu apoio incondicional pela motivação.

A minha família no geral, por inspirarem e incentivaram a caminhar para frente e ultrapassar as dificuldades.

Aos amigos Falaida, Angelina, Manuel, Emerson sou grata por todos os momentos felizes e desafiadores que juntos passamos durante essa jornada.

A todos os meus colegas do curso e divisão, pela oportunidade do convívio e pela cooperação mútua durante estes anos, por compartilharem dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo.

A mesa de júri pelas contribuições para a melhora do trabalho.

Um agradecimento especial também a todos que não foram mencionados mas de uma forma directa ou indirecta fizeram parte dessa jornada.

Índice

Lista de abreviatura.....	8
I. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objectivos.....	2
1.1.1. Geral.....	2
1.1.2. Especifico.....	2
1.2. Problema e justificação.....	2
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Frangos de corte.....	4
2.1.1. Sistema digestivo dos frangos.....	4
2.1.2. Classificação Taxonómica de frangos de corte.....	4
2.2. Aminoácidos.....	5
2.3. Classificação dos aminoácidos.....	5
2.3.1. Aminoácidos Essenciais.....	6
2.3.2. Aminoácidos Não Essenciais.....	12
2.3.3. Aminoácido limitante.....	14
2.4. Aminoácidos Dieticamente Essenciais.....	15
2.5. Digestão e Absorção de Aminoácidos s em frangos de corte.....	15
2.6. Requerimentos nutricionais de frangos de corte.....	16
2.7. Deficiência de Aminoácidos em frangos de corte.....	17
III. METODOLOGIA.....	18
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1. Fase pré-inicial e inicial.....	19
4.1.1. Lisina.....	20
4.1.2. Glicina.....	22

4.1.3.	Isoleucina	24
4.1.4.	Prolina	26
4.1.5.	Triptofano	27
4.1.6.	Valina	28
4.1.7.	Fenilalanina	30
4.1.8.	Leucina	32
4.1.9.	Treonina	33
4.2.	Fase de crescimento e final	35
4.2.1.	Metionina	35
4.2.2.	Valina	36
4.2.3.	Histidina	38
4.2.4.	Treonina	39
4.3.	Desbalanço de aminoácidos nos frangos de corte	40
4.3.1.	Glutamina	40
4.3.2.	Leucina	41
4.3.3.	Metionina	42
4.3.4.	Fenilalanina	43
V.	CONCLUSÃO	44
VI.	RECOMENDAÇÕES	45
VII.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

Lista de tabelas

ÍNDICE.....	5
TABELA 1. CLASSIFICAÇÃO TAXONÓMICA DE FRANGOS DE CORTE.....	4
TABELA 2. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE FRANGOS DE CORTE, PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS	
TABELA 3. REQUERIMENTO DE AMINOÁCIDOS PARA FRANGOS DE CORTE.....	16
TABELA 5. DESEMPENHO DE FRANGOS DE 1 A 21 ALIMENTADOS DE 1 A 7 DIAS DE IDADE COM NÍVEIS CRESCENTES DE TREONINA DIGESTÍVEL NA RAÇÃO	28
TABELA 6. EFEITOS DA DEFICIÊNCIA DE VALINA EM FRANGOS DE 20 A 40 DIAS DE IDADE.....	33

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. SISTEMA DIGESTIVO DE FRANGOS DE CORTE.....	4
FIGURA 2. NECESSIDADE DE GLICINA NA DIETA PARA MAXIMIZAR O CONSUMO DE RAÇÃO POR GANHO MUSCULAR.....	21
FIGURA 3. NECESSIDADE DE GLICINA NA DIETA PARA MAXIMIZAR O GANHO DE PESO CORPORAL ..	21
FIGURA 4. REQUISITOS ESTIMADOS DE TREONINA PARA PINTOS JOVENS CRIADOS A 25 E 35 ° C	26
FIGURA 5. REQUISITOS ESTIMADOS DE TRP E COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO DE FRANGOS MACHOS E FÊMEAS	29
FIGURA 7. EFEITO DE DIFERENTES RELAÇÕES FENILALANINA + TIROSINA/ LISINA.....	36
FIGURA 8. EFEITO DE DIFERENTES RELAÇÕES LEUCINA/LISINA.....	38
FIGURA 9. DIRECIONAMENTO DA METIONINA NO ORGANISMO DO ANIMAL	40
FIGURA 10. RELAÇÃO HISTIDINA E LISINA NO GANHO DE PESO DE FRANGOS DE CORTE	42

Lista de abreviatura

AA - Aminoácido (*Amino acid*)

Ala - Alanina (*Alanine*)

Arg - Arginina (*Arginine*)

Asn - Asparagina (*Asparagine*)

Gln - Glutamina (*Glutamine*)

Glu - Ácidos Glutâmico (*Glutamic acid*)

Gly - Glicina (*Glycine*)

His - Histidina (*Histidine*)

Ile - Isoleucina (*Isoleucine*)

Leu - Leucina (*Leucine*)

Lys - Lisina (*Lysine*)

Met - Metionina (*Methionine*)

Phe - Fenilalanina (*Phenylalanine*)

Pro - Prolina (*Proline*)

Ser - Serina (*Serine*)

LRP - *Linear Response Plateau*

CP - *Crude protein*

PB - Proteína Bruta

Thr - Treonina (*Threonine*)

BCAA - Aminoácido de cadeia ramificada

VDD - Déficit de Valina

FI - Consumo de ração

BWG - Ganho de Massa peitoral

PC - *Crude Protein*

NEAAs - Aminoácidos não essenciais

CEAAs - AA condicionalmente essenciais

EAAAs - Aminoácidos essenciais

Val - Valina (*Valine*)

Tyr - Tirosina (*Tyrosine*)

Trp - Triptofano (*Tryptophan*)



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Declaração

Declaro por minha honra que esta Monografia de Trabalho de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientação do meu supervisor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para o propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, Outubro de 2020

(Isménia Lizi Inácio Siteo)

RESUMO

Os frangos de corte foram selecionados para ganho de peso rápido e utilização eficiente dos alimentos para rápido desenvolvimento e responder as exigências do mercado. O Estudo tem como objetivo, identificar a essencialidade dos aminoácidos essenciais no crescimento de frangos de corte e a sua fase de actuação, tendo em vista que existem discrepâncias entre os autores no referente à essencialidade dos aminoácidos no crescimento de frangos de corte. Foram consultadas publicações científicas relacionadas a influencia e utilização de aminoácidos nos frangos de corte, através da análise dos resultados de experimentos e estudos bibliográficos. A suplementação de aminoácidos essenciais nos frangos de corte teve na sua maioria resposta positiva no crescimento do frango, ou seja, respondeu as necessidades metabólicas do animal e por consequência um bom desempenho zootécnico. Variáveis como idade, temperatura, disposição de aminoácidos e composição da dieta tem impacto notável quanto ao metabolismo dos aminoácidos. A suplementação de aminoácidos considerados não essenciais e essenciais (glicina, lisina, prolina, isoleucina, triptofano, fenilalanina, leucina, metionina, valina, histidina e treonina) melhorou o desempenho dos frangos e o rendimento da carcaça em comparação com as aves alimentadas com dietas não suplementadas. Recomendo a elaboração de dietas apuradas para melhor resposta das necessidades dos frangos e mais pesquisas avaliando os aminoácidos tidos como não essenciais pela limitação da literatura concernente a estes aminoácidos, para que se possam fazer dietas que satisfaçam as necessidades nutricionais dos frangos sem défice e nem excesso.

Palavras-chave: Aminoácidos; Frangos de corte; Essencialidade

ABSTRAT

Broilers were selected for rapid weight gain and efficient use of food for rapid development and to meet market demands. The study aims to identify the essentiality of essential amino acids in the growth of broilers and their stage of action, considering that there are discrepancies between the authors regarding the essentiality of amino acids in the growth of broilers. Scientific publications related to the influence and use of amino acids in broilers were consulted, through the analysis of the results of experiments and bibliographic studies. The supplementation of essential amino acids in broilers had mostly positive response in the growth of the chicken, that is, it answered the metabolic needs of the animal and consequently a good zootechnical performance. Variables such as age, temperature, amino acid layout and diet composition have a notable impact on the metabolism of amino acids. Supplementation of amino acids considered non-essential and essential (glycine, lysine, proline, isoleucine, tryptophan, phenylalanine, leucine, methionine, valine, histidine and threonine) improved broiler performance and carcass yield compared to birds fed diets not supplemented. I recommend the elaboration of refined diets to better answer the needs of the chickens and more research evaluating the amino acids considered as non-essential due to the limitation of the literature concerning these amino acids, so that diets that satisfy the nutritional needs of the chickens without deficit or excess can be made.

Keywords: Amino acids; Broilers; Essentiality

I. INTRODUÇÃO

A avicultura de corte tem importância significativa na produção mundial de proteína animal contribuindo em cerca de 30% do total de proteína animal consumida no mundo. É graças ao uso de tecnologias modernas que incluem rações comerciais com maior eficiência produtiva ou seja, melhor conversão alimentar pela aplicação de nutrientes indispensáveis e essenciais à vida do frango reduzindo o tempo de abate (Fernandes *et al.*, 2014).

Moçambique é um dos países que também adotou a esta actividade agrária, pese embora considerada complementar, de sobrevivência, principalmente em regiões onde a agricultura é menos segura. A avicultura é a de maior contribuição à nutrição de famílias com baixa renda Nicolau *et al.* (2011) merecendo deste modo maior atenção a investigação científica para que aumente a sua produtividade.

Os frangos de corte foram selecionados para ganho de peso rápido e utilização eficiente dos alimentos e geralmente alimentados para garantir o rápido desenvolvimento em tamanho (ganho de peso) para responder as necessidades do mercado. Os frangos de corte são comercializados em uma ampla faixa de idades e pesos corporais, assim é difícil estabelecer um único conjunto de requisitos adequados a todos os tipos de produção de frangos de corte. Além disso, as necessidades nutricionais podem variar de acordo com o critério de adequação (NRC, 1994).

A proteína é um constituinte essencial de todos os tecidos do corpo animal e é composta por aminoácidos com grande efeito no desempenho de crescimento da ave. Uma melhor compreensão das exigências nutricionais dos aminoácidos permite uma nutrição mais precisa, oferecendo ao animal pelo menos os níveis mínimos de proteína bruta por aminoácidos essenciais (Farkhoy *et al.*, 2012). O crescimento de organismos depende da deposição de proteínas em seus tecidos. O uso de níveis de proteína bruta na formulação de rações tem sido controversa desde que deu se conta que a proteína é meramente a soma de aminoácidos nos ingredientes da ração, a qual pode ou não ser essencial (Wu, 2018).

Os aminoácidos servem para uma variedade de funções metabólicas e como precursores de muitos constituintes importantes do corpo não proteico. Como as proteínas do corpo estão em um estado dinâmico, com a síntese e a degradação ocorrendo continuamente, uma ingestão adequada de aminoácidos da dieta é necessária. Se a proteína da dieta (aminoácidos) é inadequada, há uma

redução ou cessação do crescimento ou da produtividade e uma retirada da proteína dos tecidos menos vitais do corpo para manter as funções dos tecidos mais vitais (NRC, 1994).

As controvérsias citadas por autores acima, torna-se indispensável análise minuciosa da essencialidade dos aminoácidos necessários nas dietas dos frangos para maior eficiência da produção, o que está em alusão nesta pesquisa por forma a evidência dos experimentos já feitos e tecer algumas recomendações à cadeia de produção de carne de frangos.

1.1. Objectivos

1.1.1. Geral

- Identificar a essencialidade dos aminoácidos essenciais no crescimento de frangos de corte e a sua fase de actuação.

1.1.2. Especifico

- Demonstrar os aminoácidos essenciais no crescimento de frangos de corte;
- Julgar a essencialidade de cada aminoácido durante o crescimento de pintos;
- Debater o desbalanço dos aminoácidos nos frangos de corte.

1.2. Problema e justificação

Filho *et al.* (2001), descreve o crescimento dos frangos de corte como resultado do teor de nutrientes na dieta e da ingestão de ração. Normalmente, as rações formuladas para aves buscam atender às exigências em proteína bruta, energia metabolizável, vitaminas e minerais (Ferreira, 2011).

Relações de aminoácidos ainda devem ser confirmadas para se ter certeza da correcta relação entre os aminoácidos. Ao se trabalhar com o correcto balanceamento dos aminoácidos, o animal não receberá a dieta com excesso e nem com deficiência de aminoácidos podendo reduzir o custo das rações e acelerar ainda o ganho de peso das aves. De acordo com Fernandes (2012), os aminoácidos com níveis acima dos recomendados são eliminados pelo organismo a um custo elevado de energia que poderia ser destinada a produção, além da libertação do nitrogênio pelo estérico o que pode comprometer o desempenho das actividades hepáticas e aumento da poluição ambiental. Em níveis abaixo dos recomendados, a deficiência de um aminoácido prejudica a absorção dos demais aminoácidos reduzindo os índices produtivos.

Muitos artigos científicos ilustram discrepâncias entre os autores no referente a essencialidade dos aminoácidos essenciais em diferentes estágios de desenvolvimento do frango. Diante disso, surgiu a necessidade da realização de pesquisas com o intuito de identificar quais são os aminoácidos essenciais no crescimento de frangos de corte e a sua fase de actuação, para que programas corretos de alimentação sejam adoptados, com o objectivo de se obter melhor desempenho e redução do custo de produção.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Frangos de corte

2.1.1. Sistema digestivo dos frangos

A figura abaixo ilustra a estrutura do sistema digestivo do frango, ele tem a função de deglutir, digerir, absorver e excretar as frações não digeridas (Fagundes, 2011).

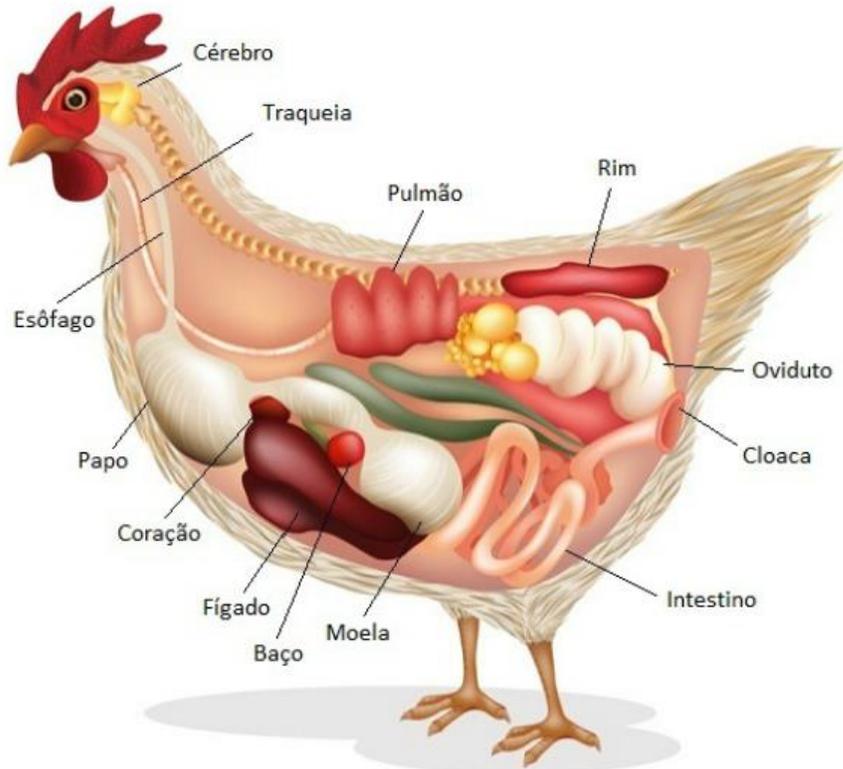


Figura 1. Sistema digestivo de frangos de corte (Fagundes, 2011).

2.1.2. Classificação Taxonômica de frangos de corte

Na tabela 2, esta patente a classificação taxonômica do frango de corte.

Tabela 1. Classificação taxonômica de frangos de corte

Reino	<i>Animalia</i>
-------	-----------------

Filo	<i>Chordata</i>
Subfilo	<i>Vertebrata</i>
Classe	<i>Aves</i>
Subclasse	<i>Neornithes</i>
Superordem	<i>Neognathe</i>
Ordem	<i>Galliforme</i>
Subordem	<i>Galli</i>
Família	<i>Phasianidae</i>
Gênero	<i>Gallus</i>
Espécie	<i>Gallus gallus</i>

Fonte: (Lana, 2000).

2.2. Aminoácidos

Aminoácidos são compostos orgânicos formados por um grupo amina ($-\text{NH}_2$) associado a um grupo carboxila ($-\text{COOH}$) e um grupo R orgânico (ou cadeia lateral) que é único para cada aminoácido. O termo aminoácido é a abreviatura de ácido α -amino (alfa-amino) carboxílico, cada molécula contém um átomo de carbono central (C), chamado de carbono α , ao qual tanto um grupo amina quanto um grupo carboxila estão ligados. As duas ligações restantes do átomo de carbono- α são geralmente satisfeitas por um átomo de hidrogênio (H) e o grupo R (Marchini *et al.*, 2016).

2.3. Classificação dos aminoácidos

NRC (1994), afirma que existem 22 aminoácidos nas proteínas do corpo e todos são fisiologicamente essenciais. Nutricionalmente, esses aminoácidos podem ser divididos em duas categorias, aqueles que as aves domésticas não conseguem sintetizar por completo ou rápido o suficiente para atender às exigências metabólicas (essenciais) e aquelas que podem ser sintetizadas a partir de outros aminoácidos (não essenciais). Os aminoácidos essenciais devem ser fornecidos pela dieta. Se os aminoácidos não essenciais não são fornecidos pela dieta, eles são sintetizados pelas aves. A presença de quantidades adequadas de aminoácidos não essenciais na dieta reduz a necessidade de sintetizá-los a partir de aminoácidos essenciais. Assim, declarar os requisitos dietéticos para proteínas e aminoácidos essenciais é uma maneira apropriada de assegurar que todos os aminoácidos necessários fisiologicamente sejam fornecidos.

Os aminoácidos são por Wu (2018), classificados como Aminoácidos Essenciais (EAAs), Aminoácidos Condicionalmente Essenciais (CEAAs) e Aminoácidos Não Essenciais (NEAAs). Os EAAs devem ser fornecidos aos animais para manter seu crescimento e equilíbrio de nitrogênio. CEAAs são aminoácidos que normalmente podem ser sintetizados em quantidades adequadas por animais, mas devem ser fornecidos na dieta para atender às necessidades ideais sob certas condições em que as taxas de utilização são maiores que as taxas de síntese (Fernandes 2012). Os semi-essenciais são sintetizados a partir de aminoácidos essenciais durante o processo metabólico dos animais, Tirosina (Tir) e Cistina (Cis). Os NEAAs foram considerados dispensáveis em dietas, são eles a Alanina (Ala), Ácido Aspártico (Asp), Ácido Glutâmico (Glu), Glicina (Gli), Serina (Ser) e Prolina (Pro) (Wu, 2018).

Marchinini *et al.* (2016) afirma que dependendo da capacidade do organismo sintetizar endogenamente a quantidade de aminoácidos suficiente para suprir as necessidades metabólicas, tem-se a sua classificação em aminoácidos essenciais e não essenciais.

2.3.1. Aminoácidos Essenciais

Os aminoácidos essenciais são aqueles que não são sintetizados no organismo em velocidade suficiente para atender as necessidades de máximo desempenho do animal. Considerando que alguns desses aminoácidos necessitam de muitos passos metabólicos para sua biossíntese, podem ser considerados como indispensáveis nas dietas, sendo que a sua ausência impediria o organismo animal de realizar síntese proteica, e conseqüentemente de crescer (Santos, 2010). É afirmado que os aminoácidos essenciais para as aves são a metionina, lisina, triptofano, valina, histidina, fenilalanina, leucina, isoleucina, treonina e arginina, sendo que os pintos necessitam do aminoácido glicina, serina e prolina na fase inicial de criação, além dos outros dez que foram citados. Por sua vez Ravidran e Bryden (1999), dizem que os Aminoácidos essenciais para as aves são a lisina, metionina, triptofano, treonina, arginina, isoleucina, leucina, histidina, fenilalanina e a valina e consideram a glicina um aminoácido condicionalmente essencial, desde que a taxa de síntese não suporte a máxima taxa de crescimento do frango de corte e a tirosina e cistina são por eles considerados como semi-essencial, desde que possam ser sintetizadas a partir da fenilalanina e da etionina, respetivamente.

2.3.1.1. Treonina

A treonina é um dos aminoácidos essenciais para os animais, é o terceiro aminoácido limitante para frangos de corte, e tem importante função como precursor de outros aminoácidos não essenciais (Oliveira, 2008). Segundo Peter *et al.* (2000), a exigência de treonina para manutenção é alta em relação aos demais aminoácidos em função de seu grande conteúdo nas secreções intestinais endógenas. Assim, a treonina apresenta maior importância em fases avançadas de desenvolvimento.

A treonina é um hidróxi-aminoácido que desempenha papel importante junto com a glicina e a serina no metabolismo da porfirina. Tem participação essencial na síntese de proteína corporal, é essencial na manutenção da saúde e da integridade intestinal. É também um componente importante no desenvolvimento das penas, participando em 4 a 5% de seu conteúdo de proteína bruta (Kidd, 2000).

A treonina é essencial para função intestinal, pois o revestimento mucoso do intestino, que possui elevado conteúdo deste aminoácido, o protege da ação de toxinas, bactérias, autodigestão e abrasão física, além de influenciar a absorção de nutrientes no lúmen (Law *et al.*, 2007). A treonina é o terceiro aminoácido limitante em aves alimentadas com dietas à base de milho e farelo de soja. Participa da síntese de proteínas e seu catabolismo gera outros metabólitos importantes no organismo, como a glicina (Kidd & Kerr, 1996).

As exigências de treonina dependem da idade da ave e do nível de proteína bruta da dieta (Berres, 2000). A treonina é essencial para função intestinal, pois o revestimento mucoso do intestino, que possui elevado conteúdo deste aminoácido, o protege da ação de toxinas, bactérias, autodigestão e abrasão física, além de influenciar a absorção de nutrientes no lúmen (Oliveira *et al.*, 2016).

Kidd (2004), afirma que as exigências de treonina dependem da idade da ave e do nível de proteína bruta da dieta, de modo que, a fase inicial é considerada a mais importante devido à expansão e o desenvolvimento das funções do intestino, influenciados pelo tipo da dieta, da presença de promotor de crescimento, assim como da microbiota intestinal (Ito *et al.*, 2014). Por sua vez III Jr e Kidd (2000), afirmam que a treonina é um aminoácido limitante para frangos de corte, principalmente no final, quando um ambiente quente diminui a ingestão de ração.

2.3.1.2. Fenilalanina

A fenilalanina contém um radical fenila ligado à um grupamento metileno. É um aminoácido essencial, sendo também um dos aminoácidos aromáticos que exibem propriedades de absorção de radiação ultravioleta, com um grande coeficiente de extinção. Esta característica é geralmente empregada como uma ferramenta analítica e serve para quantificar a quantidade de proteína em uma amostra. A fenilalanina possui papel chave na biossíntese de outros aminoácidos e de alguns neurotransmissores (FIB, 2014).

A fenilalanina é importante para a síntese de hormônios da tireóide que controlam os processos metabólicos, influenciando assim o crescimento de diferentes estruturas corporais, eficiência alimentar, consumo de oxigênio, síntese e metabolismo de proteínas, carboidratos e lipídios; termogênese e aclimatação às mudanças ambientais (Gropper e Smith, 2012).

2.3.1.3. Lisina

A lisina é um aminoácido que está diretamente envolvido no desenvolvimento de aves, está presente em grandes concentrações na proteína muscular (Costa *et al.*, 2001) e interfere na taxa de crescimento, conversão alimentar e quantidade e qualidade de carne na carcaça, melhorando os rendimentos de corte (Nascimento *et al.*, 2016). A determinação da real exigência de lisina é fator de grande importância para a avicultura, pois permite a aplicação do conceito de proteína ideal à formulação de dietas para frangos de corte (Berres, 2006).

Segundo Leclercq (1998), a lisina exerce efeitos específicos na composição corporal em níveis superiores aos exigidos para máximo ganho de peso, isto porque há uma hierarquização das exigências nutricionais da seguinte ordem, ganho de peso, deposição de músculo do peito, conversão alimentar e deposição de gordura abdominal. Um nível adequado de lisina para a fase inicial é necessário, pois níveis marginais podem proporcionar maior heterogeneidade do lote, comprometendo seu desenvolvimento.

Neto *et al.* (2010), afirmam que, dos aminoácidos que compõem a dieta para aves, a lisina é referência devido às suas propriedades no metabolismo, sendo o aminoácido mais exigido para deposição proteica, considerado aminoácido padrão. Na fase de crescimento, a lisina destina-se, preferencialmente, à deposição muscular, ou seja, a lisina é utilizada quase que exclusivamente para acréscimo da proteína corporal, não sendo desviada por diferentes vias metabólicas para

manutenção ou plumagem, e algumas partes do corpo respondem melhor ao aumento da ingestão do aminoácido (Pack, 1995).

2.3.1.4.Valina

Valina é um aminoácido alifático similar à leucina e a isoleucina em estrutura e função, pertencem ao grupo dos aminoácidos de cadeia ramificada (BCAA's) também possuem funções fisiológicas semelhantes, dentre elas encontra-se na regulação da tradução e início da síntese de proteína em vários tecidos (Ferreira, 2011).

2.3.1.5.Arginina

A arginina é um aminoácido complexo encontrado na porção activa (ou catalítica) de proteínas e enzimas, devido à sua cadeia lateral que contém aminas (FIB, 2014). A arginina é considerada um aminoácido essencial para aves, sobretudo na fase inicial, pelo fato do ciclo bioquímico da ureia não ser funcional em aves, não podendo sintetizar arginina e por isso são dependentes do fornecimento deste aminoácido nas dietas (Santos, 2013).

2.3.1.6.Histidina

A histidina é um dos aminoácidos essenciais básicos (em relação ao pH) devido à sua cadeia lateral aromática de nitrogênio heterocíclico. O radical da histidina consiste em um carbono e um núcleo imidazole, este último formado de três carbonos e dois azotos. As trocas de hidrogênio com o núcleo imidazole acontecem facilmente ao pH fisiológico e a histidina é um radical frequente nas partes catalíticas das enzimas (FIB, 2014).

His é um componente integral de um amplo conjunto de tecidos, incluindo pele, penas, ossos, ligamentos e músculos (NRC, 1994). Esse aminoácido também serve para estimular a secreção digestiva da gastrina, um hormônio que ativa a produção de ácido clorídrico e pepsinogênio, essenciais para a digestão das proteínas da dieta (Berdanier, 1998; D'Mello, 2003). Ele estimula a secreção digestiva da gastrina, um hormônio que ativa a produção de ácido clorídrico e pepsinogênio (Berdanier, 1998) pela via de produção de histamina, influenciando a utilização de nutrientes e o desempenho do crescimento.

A histidina é constituinte de tecidos e estruturas protectoras, como a pele, plumas, matriz óssea, ligamentos, órgãos e músculos, a histamina tem função na estimulação da resposta inflamatória da pele e das membranas mucosas, tendo acção essencial na protecção e como barreira durante uma

infecção, ela também estimula a secreção digestiva de gastrina, um hormônio que activa produção de ácido clorídrico e pepsinogénio, indispensáveis para a digestão da proteína da dieta e é requerida para o uso de micro minerais como o zinco, ferro, manganês e móbildênio (Franco, 2011).

2.3.1.7. Isoleucina

A isoleucina é um membro da família de aminoácidos de cadeia lateral alifática, composta por substâncias bioquímicas extremamente hidrofóbicas, que são encontradas primariamente no interior de proteínas e enzimas. O núcleo da isoleucina é o mais hidrófobo de todos os radicais dos aminoácidos das proteínas. Essa hidrofobia permite a formação de ligações fracas (chamadas de ligações hidrófobas) com outros aminoácidos que contribuem na estrutura terciária e quaternária das proteínas (FIB, 2014).

A isoleucina é um aminoácido essencial e membro da família alifática de aminoácidos hidrofóbicos que se encontram principalmente no interior de proteínas e enzimas (Duarte *et al.*, 2015). Santos (2013), diz que após a ingestão, a isoleucina é absorvida pelo intestino delgado e transportada pelo sangue até o fígado, onde parte será utilizada como substrato para síntese de proteínas e parte será catabolizada, na presença da vitamina B12, em derivados essenciais a produção de energia. A isoleucina geralmente ocupa a quinta e a sexta posição como aminoácido limitante para frangos de corte e suínos, respectivamente.

2.3.1.8. Metionina

A metionina, primeiramente, é um aminoácido essencial que deve ser suprido na dieta, sua função principal é participar da síntese protéica devido a sua essencialidade, a deficiência causa redução no desempenho animal. A metionina quando suplementada na ração de frangos de corte, promove um efeito positivo sobre a concentração da proteína tissular, ela melhora o rendimento da carcaça, rendimento do peito e reduz o teor de gordura abdominal (Rodrigueiro *et al.*, 2000).

A metionina, cujo nome é derivado de seu nome químico, ácido 2-amino-4- (metiltiol) butírico, é nutricionalmente essencial para todas as espécies animais (D’Mello, 2003). A metionina é considerada um aminoácido essencial para aves, porque não pode sintetizá-lo em quantidade suficiente e possui um alto requisito para apoiar adequadamente suas funções biológicas e seu rápido crescimento. A sua função principal é participar da síntese proteica. Devido a sua essencialidade, a deficiência causa redução no desempenho animal. Além disso, as fontes de proteína vegetal usadas em dietas típicas de frangos de corte têm baixos níveis de Met (Kim, 2019).

A metionina é uma fonte de enxofre que pode ser doado para a síntese de outros componentes químicos que apresenta o enxofre em sua composição (Wu, 2003). A metionina tem grande participação na síntese da cisteína que é também utilizada para a síntese da proteína corporal, formação da pele, penas e pêlos, sendo este aminoácido importante frente ao estresse e ao status inflamatório. A cistina participa na síntese da glutatona, um importante antioxidante celular para o corpo (Tesseraud *et al.*, 2008).

2.3.1.9. Cisteína

A cisteína, como a metionina, é incorporada às proteínas com base no código genético, no entanto, do ponto de vista nutricional, a cisteína é classificada como condicionalmente dispensável na maioria das espécies animais, incluindo os frangos (D'Mello, 2003). A cistina participa da síntese da glutatona, um importante antioxidante celular para o corpo (Tesseraud *et al.*, 2008).

A cisteína é instável em solução e é facilmente oxidada na forma mais dímero, a cistina. Assim, quando as proteínas são hidrolisadas, é produzida cistina, com o número de moles de cisteína sendo igual à metade do número de moles de cisteína na estrutura da proteína. Por esse motivo, a cistina é normalmente considerada em um contexto nutricional e o termo aminoácidos sulfurados geralmente significa metionina + cistina (D'Mello, 2003)

2.3.1.10. Triptofano

O triptofano está envolvido na síntese de niacina e serotonina, sendo portanto, imprescindível que esteja em níveis adequados nas rações, para que haja crescimento rápido e eficiente das aves (Castro *et al.*, 2000).

A deficiência dietética de triptofano induz a depressão do apetite, reduzindo o desempenho do crescimento. Os hydroxyl-indoles cerebrais, incluindo o neurotransmissor serotonina, estão intimamente relacionados ao suprimento alimentar de triptofano (Iwuji *et al.*, 2014).

2.3.1.11. Leucina

A leucina, assim como a isoleucina e a valina, é um aminoácido hidrofóbico encontrado como elemento estrutural no interior de proteínas e enzimas. Ela é considerada um dos aminoácidos mais hidrofóbicos por causa da insubstituível cadeia ramificada alifática com um grupo álcali que dá

caráter apolar a estrutura dela, é o aminoácido mais abundante nos músculos e age como o principal combustível nesse tecido (Franco, 2011).

Como aminoácido de cadeia ramificada, Leu tem um papel importante no metabolismo de outros aminoácidos. O excesso de Leu nas dietas de baixa proteína aumenta o catabolismo da valina (Val) e da isoleucina (Ile), levando a uma deficiência desses aminoácidos para o crescimento adequado. Além disso, foi provado que Leu exerce exclusivamente efeitos positivos na acumulação de tecido magro por meio do aumento do início de vias sintéticas de proteínas (Anthony *et al.*, 2000; Rajendram *et al.*, 2015).

A leucina prejudica a utilização de isoleucina e valina, aparentemente, devido a uma competição pelo local de absorção, sendo que durante a absorção de leucina ocorre uma diminuição da absorção da isoleucina e valina, portanto, o excesso de leucina na dieta determina uma diminuição nos níveis de isoleucina e valina no sangue e também determina um pequeno aumento no catabolismo desses aminoácidos, resultando em crescimento prolongado das aves (Santos, 2010).

2.3.2. Aminoácidos Não Essenciais

Aminoácidos que são sintetizados em células animais foram considerados previamente dispensáveis em dietas e, portanto, foram considerados AA nutricionalmente não essenciais (NEAA). Esta categoria de AA incluiu alanina, arginina, asparagina, aspartato, glutamato, glutamina, glicina, prolina, serina e taurina. Embora a medida do equilíbrio de Nitrogênio seja uma abordagem simples e relativamente barata para estimar os requisitos quantitativos e qualitativos de AA individual por animais, muitas evidências mostram que essa técnica clássica não é suficientemente sensível para avaliar as necessidades dietéticas ótimas de todos os AA e é cercada de limitações. (Wu *et al.*, 2014)

Aminoácidos não essenciais são aqueles que podem ser produzidos pelo organismo, não sendo necessário a sua presença na ração, eles podem ser sintetizados no organismo a partir de outros aminoácidos ou outros nutrientes presentes na ração. No entanto, quando os níveis de proteína dietética são muito baixos, pode ocorrer gasto de aminoácidos essenciais para a síntese dos aminoácidos não essenciais. Como exemplo pode ser citado a cisteína (não essencial) que pode ser substituída totalmente pela metionina. Entretanto, esta reação ocorre em um único sentido (metionina – cisteína). Nove aminoácidos não essenciais são formados a partir de intermediários anfibólicos e três (cisteína, tirosina e hidroxilisina) a partir de aminoácidos essenciais, portanto,

todos os aminoácidos, inclusive os não essenciais dieteticamente, são metabolicamente essenciais (Bertechini, 2004).

2.3.2.1.Serina

A cadeia lateral metil da serina contém um grupo hidroxila, caracterizando este aminoácido como um dos que são alcoóis. Pode ser considerada como um derivado hidroxilado da alanina. A serina é encontrada também na porção ativa de uma importante classe de enzimas chamada de “proteases de serina”, que incluem a tripsina e a quimotripsina. Estas enzimas catalisam a hidrólise das ligações peptídicas em polipeptídios e proteínas, uma das principais funções do processo digestivo (FIB, 2014).

2.3.2.2.Prolina

A prolina é um dos aminoácidos cíclicos alifáticos que são componentes primários da proteína colágeno, o tecido conectivo que liga e sustenta todos os outros tecidos. A prolina tem uma cadeia lateral alifática, mas difere dos outros AAs por sua cadeia lateral ser ligada tanto ao nitrogênio, quanto ao átomo de carbono α . A resultante estrutura cíclica influencia fortemente na arquitetura das proteínas. A prolina é sintetizada a partir do ácido glutâmico (FIB, 2014).

2.3.2.3.Alanina

A alanina é um aminoácido neutro, não essencial, cristalino, envolvido no metabolismo do triptofano e da vitamina piridoxina. Na alanina, o alfacarbono é substituído por um grupo levorotatório-metil, o que o torna um dos aminoácidos mais simples em estrutura molecular. Este aminoácido é um dos mais empregados na construção de proteínas (FIB, 2014).

2.3.2.4.Asparagina

A asparagina é considerada um aminoácido não essencial. Possui uma função importante na biossíntese de glicoproteínas e é, também, essencial na síntese de um grande número de outras proteínas (FIB, 2014).

2.3.2.5.Glutamina

A glutamina é um aminoácido não essencial sendo, o aminoácido livre mais abundante no sangue e no corpo. Ela representa cerca de 50% do total de aminoácidos livres no plasma sanguíneo e é quantitativamente o mais importante no transporte de nitrogênio entre órgãos (Ribeiro Jr *et al.*,2015)

A glutamina é aminoácido que possui um papel importante no metabolismo celular dos animais, ela pode ser sintetizada em muitas células e tecidos do corpo. O precursor imediato da glutamina é o glutamato e a enzima responsável pela síntese de glutamina é glutamina sintetase (Sakamoto *et al.*, 2011).

2.3.2.6. Glicina

A glicina é o aminoácido proteinogênico de baixo volume e tem o grupo R mais simples de apenas um átomo de hidrogênio. É único em que não tem formas isoméricas. A glicina pode ser convertida reversivelmente em serina, conforme ilustrado na Figura 1 (Dahiya *et al.*, 200).

A glicina participa na composição da molécula de ácido úrico, sendo considerada essencial para pintos de corte. Para excretar uma molécula de ácido úrico, é necessário eliminar uma molécula de glicina, sugerindo uma exigência superior de glicina em aves de rápido crescimento e em dietas com excesso de proteína ou desequilíbrio de aminoácidos (Oliveira, 2008).

Em aves, a glicina foi classificada como um aminoácido semi-essencial por alguns autores (Graber e Baker, 1973; NRC, 1994). Um aumento da demanda pelo suprimento de glicina nas aves está associado à síntese de ácido úrico como principal produto final do catabolismo proteico em espécies aviárias que podem consumir uma quantidade considerável de glicina, principalmente quando alimentadas com dietas ricas em proteínas (D'Mello, 2003).

A glicina participa do metabolismo dos AAs como a arginina, treonina, cisteína e metionina. Embora a Gly tenha sido classificado como um aminoácido não essencial em aves de corte, pode haver circunstâncias em que se torne limitante para o crescimento máximo de pintos (Dahiga *et al.*, 2005).

2.3.3. Aminoácido limitante

Quando o fornecimento de certo aminoácido não atende as demandas metabólicas do animal e o animal não tem capacidade de sintetizá-lo a partir de outro, esse se torna limitante. Uma vez limitante nas demandas do metabolismo, o efeito estará sobre o potencial de crescimento ou produtivo do animal, sua limitação deve ser suprida através da ração. Em desbalanço, a quantidade dos aminoácidos não limitantes e os considerados não essenciais não atenderão a demanda equilibrada do pool de aminoácidos para cumprir as atividades de síntese e reposição celular do organismo (Wu *et al.*, 2014).

A lisina é utilizada como aminoácido de referência pelos pesquisadores, embora seja o segundo aminoácido limitante depois da metionina em dietas de frangos. Essa aplicação é justificada por esse aminoácido possuir as seguintes características: ser utilizada principalmente na síntese de proteína corporal, apresentar disponibilidade na forma cristalina, além de ser facilmente analisada (Costa *et al.*, 2001).

2.4. Aminoácidos Dieticamente Essenciais

Os aminoácidos essenciais estão relacionados entre si devido à necessidade de apoiar a produção e a manutenção. A necessidade combinada de produção e manutenção representa a exigência dos frangos. A exigência de qualquer aminoácido essencial representa a necessidade combinada de manutenção mais produção. Cada aminoácido essencial é único em seu catabolismo, e uma inadequação de qualquer um deles (o primeiro limitador) geralmente requer algum catabolismo dos outros. A resposta da ave pode variar com o aminoácido essencial, com a extensão de sua inadequação e com as relações existentes entre os demais (NRC, 1994).

2.5. Digestão e Absorção de Aminoácidos em frangos de corte

A digestibilidade inclui os processos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes e pode ser descrita como o coeficiente de absorção de um nutriente, em geral expresso como percentagem do que foi retido em relação ao que foi ingerido. A digestibilidade dos aminoácidos é determinada em ensaios de crescimento, medindo se a fração de aminoácido da ração que desaparece no intestino delgado (Pires *et al.*, 2006).

Diversas técnicas podem ser utilizadas na determinação da digestibilidade dos aminoácidos, com base no local em que é realizada a coleta de material, podendo ser pelo método de coleta fecal ou ileal. A digestibilidade aparente é determinada pela diferença entre a quantidade de aminoácido na dieta e a quantidade nas fezes ou digesta ileal. Na digestibilidade verdadeira, além da diferença entre a quantidade de aminoácido na dieta e a quantidade nas fezes ou digesta ileal, também são consideradas as perdas endógenas dos aminoácidos (aqueles secretados no lúmen intestinal, como enzimas, hormônios, células epiteliais degradadas e aminoácidos livres), subtraídas da quantidade total de aminoácidos presentes nas fezes ou digesta ileal (Santos, 2010).

Os Aminoácidos absorvidos que não são degradados pelo intestino delgado entram na veia para sua utilização (incluindo a síntese proteica) pelos tecidos extra intestinais. A proteína dietética não tem valor nutritivo para os animais, a menos que seja digerida, assim os animais têm necessidades

dietéticas para aminoácidos, mas não proteína (Chiba, citado por Wu *et al.*, 2014). A digestibilidade e as proporções de aminoácidos na proteína da dieta são os determinantes da sua qualidade nutritiva (Wu, 2018).

2.6. Requerimentos nutricionais de frangos de corte

Pack (1995) afirmou que existem inúmeros factores que afectam as necessidades dietéticas de aminoácidos dos frangos de corte em crescimento, tais como: energia metabolizável, proteína bruta, idade da ave, sexo e genética; sendo, dessa forma muito difícil direccionar todas as possíveis combinações em toda a faixa de aminoácidos essenciais individualmente.

A expressão de um requisito para qualquer nutriente é relativa e muitos fatores devem ser considerados. Muitos nutrientes são interdependentes e é difícil expressar requisitos para um sem considerar a quantidade do outro. Exemplos incluem as relações existentes entre a lisina e a arginina e entre os níveis de cálcio, fósforo e vitamina D3 na dieta (NRC, 1994).

São necessárias concentrações relativamente altas de aminoácidos na dieta para apoiar o rápido crescimento de frangos de corte. O peso corporal dos frangos de corte aumentará 50 a 55 vezes em 6 semanas após a eclosão. Uma grande parte desse aumento de peso é um tecido com um conteúdo substancial de proteínas. Assim, uma nutrição adequada de aminoácidos é vital para o programa de alimentação bem-sucedido desse tipo de frango (NRC, 1994).

Tabela 3. **Requerimento de Aminoácidos para frangos de corte**

Nutriente	Unidade	0-3	3-6	6-8
		Semanas 3200 ^b	Semanas 3200 ^b	Semanas 3200 ^b
Proteína e Aminoácidos				
Proteína bruta	%	23.00	20.00	18.00
Arginina	%	1.25	1.10	1.00
Glicina + serina	%	1.25	1.14	0.97
Histidina	%	0.35	0.32	0.27
Isoleucina	%	0.80	0.73	0.62
Leucina	%	1.20	1.09	0.93
Lisina	%	1.10	1.00	0.85

Metionina	%	0.50	0.38	0.32
Metionina + cistina	%	0.90	0.72	0.60
Fenilalanina	%	0.72	0.65	0.56
Fenilalanina + tirosina	%	1.34	1.22	1.04
Prolina	%	0.60	0.55	0.46
Treonina	%	0.80	0.74	0.68
Triptofano	%	0.20	0.18	0.16
Valina	%	0.90	0.82	0.70

Fonte: (NRC, 1994)

2.7. Deficiência de Aminoácidos em frangos de corte

Leclercq (1998) demonstrou que 30% da proteína bruta ingerida pelo frango é excretada. Esse excesso de proteína (aminoácidos essenciais e não essenciais) é catabolizado e excretado na forma de ácido úrico. Partindo do princípio de que o custo metabólico para incorporar um aminoácido na cadeia proteica é estimado em 4,0 moles de adenosina trifosfato (ATP), e que o custo para excretar um aminoácido é estimado em torno de 6,0 a 18,0 moles de ATP, valores que podem variar em função da quantidade de nitrogênio presente no aminoácido, representam alto custo energético para o frango, dessa forma, a energia que poderia ser utilizada para deposição de tecidos é desviada para excreção de nitrogênio (Tanure, 2013).

A sequência única de aminoácidos nas proteínas exige que todos os aminoácidos, essenciais ou não essenciais, estejam presentes nos locais de síntese proteica. No evento de qualquer déficit, a utilização dos restantes aminoácidos será prejudicada e a síntese proteica e outros processos fisiológicos serão prejudicados. Assim, pode ser assumido que deficiências alimentares de aminoácidos essenciais individuais careceriam de características distintas. No entanto, a evidência publicada indica efeitos únicos de aminoácidos ácidos. Esta evidência foi derivada principalmente de estudos em que o aminoácido em questão foi omitido por completo. Além disso, investigações recentes sobre a determinação dos requisitos de manutenção produziram dados valiosos sobre os efeitos dos graus graduados de deficiência de aminoácidos essenciais específicos (D'Mello, 2003).

III. METODOLOGIA

O presente trabalho aborda a influência dos aminoácidos essenciais no crescimento de frangos de corte. Trata-se de uma investigação baseada em dados secundários (revisão bibliográfica) e com a pretensão de ser uma simplificada sistematização sensata de pensamentos consequentes de fontes consagradas acerca do assunto a ser abordado, ou seja, pesquisa de delimitação bibliográfica para o levantamento de obras na literatura. Esta metodologia possibilita a identificação de tendências, recorrências e lacunas no campo do conhecimento investigado a partir da literatura existente.

Para a compilação de dados foram realizadas as seguintes fases:

1. Foram consultadas publicações científicas relacionadas a esta área de conhecimento, através da análise dos resultados de experimentos e estudos bibliográficos. Como critério de selecção buscou-se publicações e trabalhos, avaliados em meio académico de 1960-2020. Justifica-se este critério pela credibilidade das informações e pelo grau de exigência feita a estes estudos em agregar o maior número de bibliografias sobre o tema em questão.
2. Foram seleccionados artigos científicos publicados em revistas de renome (*Poultry Science*, *Revista Brasileira de Zootecnia*, *J Chromatogr*, *Asian - Australasian Journal of Animal Sciences*, *Acta Scientiarum*, *Animal Sciences*, *Veterinary Medicine International*, *Nutritime*, *Scientia Agraria Paranaensis*, *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, *Science Education Development Institute*, *Applied Poultry Science*, *Lohmann Information*, *Brazilian Journal of Poultry Science*, *Ciência e Agrotecnologia*, *Poultry Science Association*, *American Society of Animal Science*, *Options Mediterraneennes*, *CRC Press*, *Journal of Applied Poultry*, *National Academy of Sciences*, *RCPA*, *Canadian Journal of Animal Science*).
3. Para a copilação dos resultados foi feita uma leitura exaustiva e critica dos arquivos pesquisados. Tal procedimento contribuiu para a redacção final do trabalho, além de atender os objectivos da pesquisa.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudos feitos para avaliar o efeito dos aminoácidos no crescimento de frangos de corte, foram avaliados variando-se a razão entre a soma das concentrações de AA essencial e a soma das concentrações de AA não-essencial ou alterando a soma das concentrações de AA não-essencial. Quando adicionados a dietas com baixo teor de PB, misturas de ácido aspártico livre (Asp) e ácido glutâmico (Glu) (Bregendahl *et al.*, 2002; Leclercq *et al.*, 1994) e uma mistura de Asp, Glu e alanina (Ala) (Nieß *et al.*, 2003) não tiveram efeito no desempenho do crescimento. No entanto, misturas de Glu e Gly livres (Deschepper e deGroot, 1995; Namroud *et al.*, 2008; 2010) e de tirosina (Tyr) e Ser (Thornton *et al.*, 2006) aumentaram o desempenho, mas não conseguiram atingir o desempenho de crescimento.

Estudos com o objetivo de aumentar os AANE, adicionando Glu, falharam em impedir a depressão do crescimento causada por dietas com baixos níveis de PB (Hussein *et al.*, 2001; Kerr e Kidd, 1999; Pinchasov *et al.*, 1990). Corzo *et al.* (2005) e Dean *et al.* (2006) constataram que dietas com 18 e 16,2% de PB, respectivamente, suplementadas com Gly ao nível de 22% das dietas controle não causaram diferença no crescimento e na eficiência alimentar em comparação com a respectiva dieta controle. Em ambos os estudos, Asp, Glu, Ala e prolina (Pro) não conseguiram superar os efeitos negativos das dietas com baixos níveis de PB. Parr e Summers (1991) não relataram diferenças no crescimento entre uma dieta com 20% de PB suplementada com Gly e uma dieta com 23% de PB e adicionalmente refutaram efeitos semelhantes de Glu, Ala e Asp. Outros estudos mostraram um efeito promotor de crescimento de Gly adicionado a dietas com baixos níveis de PB (entre outros Corzo *et al.*, 2004; Jiang *et al.*, 2001; Schutte *et al.*, 1997), em que a extensão do efeito promotor de crescimento foi altamente variável.

4.1.Fase pré-inicial e inicial

Os pintos recém-nascidos precisam de energia e muita proteína de boa qualidade, cálcio, fósforo e vitaminas para garantir ossos, músculos e imunidade. Esta etapa é fundamental para garantir um início saudável e um crescimento constante.

As exigências de energia no estágio de inicial (11^o ao 21^o dia) tende a aumentam e, portanto, é essencial ajustar a alimentação para atender às necessidades de crescimento e desenvolvimento da ave.

4.1.1. Lisina

A lisina é um aminoácido essencial, de extrema importância principalmente na fase inicial e é indispensável em todas as fases. Como ela é exclusivamente destinada para a síntese proteica, interferindo diretamente na conversão alimentar, taxa de crescimento, qualidade e quantidade da carne na carcaça, a sua suplementação é indispensável e é um aminoácido limitante.

No perfil ideal de aminoácidos sugerido pelo ARC (1981), a lisina foi usada como referência para os outros aminoácidos. Algumas boas razões para usar a lisina como referência é que a lisina geralmente é o primeiro aminoácido limitante nas dietas, é o aminoácido mais investigado em relação aos requisitos, a exigência de lisina é juntamente com a leucina, maior que os outros aminoácidos e a lisina não contribui quantitativamente para outras funções específicas se não a síntese proteica (D'Mello, 2003)

O requerimento mínimo de Lisina digestível, determinado por análise de linhas quebradas usando a metodologia dos mínimos quadrados foi de 0,964% [$Y = 694,4 + 549,0 (X < 0,964)$; $r^2 = 0,885$]. Os dados das médias também foram ajustados a uma equação de regressão quadrática $Y = -300,2 + 1.746,8X - 760,4X^2$ ($r^2 = 0,899$). O nível de Lys digestível que maximizou a eficiência alimentar (isto é, assíntota superior) foi calculado em 1,149% da dieta, sendo 90% desse valor 1,034%. O primeiro valor de interceptação X da linha quebrada e a linha ajustada quadrática ocorreram em 1,040% de Lys verdadeiros (Baker 2002).

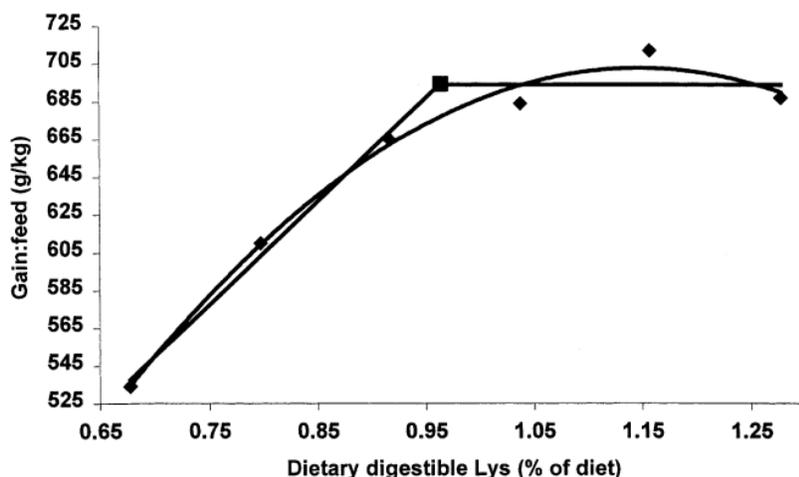


Figura 6. Gráfico de ganho de linhas quebradas e quadrático ajustado: alimentação em função da Lisina digestível (Baker 2002).

A análise de mínimos quadrados em linhas quebradas (modelo de inclinação única) previu um ponto de interrupção no ganho de peso e eficiência alimentar em 0,846 e 0,964% de Lys digestível, respectivamente. O gráfico de linhas quebradas da eficiência da alimentação é mostrado na Figura 6 ($r^2 = 0,885$). Uma equação quadrática também descreveu bem as respostas de ganho de peso e eficiência alimentar. A equação para a eficiência alimentar foi $Y [\text{ganho (g): alimento (kg)}] = -300,2 + 1.746,8X - 760,4X^2$ ($r^2 = 0,899$), sendo X o verdadeiro nível de Lys digestível (% da dieta). O valor de X necessário para atingir Y máximo foi obtido dividindo-se o derivado de Y pelo derivado de X. O nível de Lys digestível que maximizou o ganho de peso e a eficiência alimentar foi calculado em 1,08 e 1,15% da dieta, com 90% desses valores sendo 0,97 e 1,03%, respectivamente. O primeiro valor de interceptação X da linha tracejada e a linha ajustada quadrática para peso (Urdaneta-Rincon *et al.*, 2005).

O aumento da ingestão de lisina acima do nível necessário para o ganho máximo de peso vivo afeta a composição corporal, aumentando o rendimento muscular do peito e diminuindo o percentual de gordura abdominal. Segundo Leclercq (1998), esses efeitos podem ser adicionados a um efeito curvilíneo na taxa de crescimento, induzindo a um efeito benéfico na taxa de conversão alimentar. Isso leva ao aumento da necessidade de lisina de acordo com os critérios desejados: ganho < Músculo peitoral < Conversão alimentar < Gordura abdominal.

Os níveis alto e médio de lisina resultaram em melhor ganho de peso ($P < 0,05$) em comparação ao nível mais baixo estudado em frangos de 1 a 21 dias de idade. O consumo de ração por ave (g) foi influenciado ($P < 0,01$) pelos níveis de lisina estudados. Observou-se que os dois níveis mais altos provocaram um maior consumo de ração em relação ao nível mais baixo (Barbosa *et al.*, 2002).

Em estudo feito por Takeara *et al.* (2010) em frangos de 12 a 22 dias de idade o consumo de ração foi influenciado pela variação do teor de lisina na dieta ($P < 0,01$), de forma quadrática, à medida que variou a inclusão do aminoácido, segundo a equação: $\hat{Y} = 3476,37 - 4621,1663X + 2098,2580X^2$; $R^2 = 60,00$. Neste caso, o nível estimado como ótimo de lisina digestível seria 1,10%, correspondendo à ingestão média de 11 g de lisina total ou 10,25g de lisina digestível, estimada no período avaliado (Pastore *et al.*, 2016).

4.1.2. Glicina

A glicina mostrou-se um aminoácido essencial para frangos de corte na fase inicial, o frango na fase inicial não consegue metabolizar a glicina para satisfazer as exigências do seu organismo. Porém existe concordância geral de que Gli é necessária para sintetizar moléculas de ácido úrico para excretar o excesso de nitrogênio.

O potencial da Glicina para aumentar o crescimento é considerado já há décadas. Desde a publicação do estudo de Dean *et al.* (2006), é amplamente aceito que uma deficiência de Gli na dieta limita a possibilidade de reduzir a concentração de PB em dietas para frangos de corte e que Gly é o primeiro AA não essencial e limitante (Ospina-Rojas *et al.*, 2012). Waguespack *et al.* (2009), descreveram a Gli como sendo o quarto limitante de todos os AA proteogênicos após metionina (Met), Lys e Thr em uma dieta baseada em farelo de milho e soja para frangos de corte de 1 a 18 dias após a eclosão. Ospina-Rojas *et al.* (2014) descreve anvalina (Val) e Gly como igualmente limitantes após Met, Lys e Thr em uma dieta baseada em farelo de milho e soja para frangos de corte de 1 a 21 dias após a eclosão.

Relatam Xue *et al.* (2017), que a glicina é condicionalmente essencial para frangos de corte alimentados com dietas reduzidas de proteína bruta durante o período inicial.

Porem, Corzo *et al.* (2004), classifica a Glicina como um aminoácido não essencial em frangos de corte, mas diz também poder haver circunstâncias em que se torna limitante para o crescimento máximo de pintos. Dado que existem excessos de compostos relacionados a nitrogênio em uma dieta, parece haver concordância geral de que Gly é necessária para sintetizar moléculas de ácido úrico para excretar o excesso de nitrogênio. No entanto, dietas com baixos níveis de PB podem se tornar marginalmente deficientes em Gly e Ser. Esse cenário pode ser encontrado ao formular dietas totalmente vegetais com suplementação de Met, Lys e Thr (Corzo *et al.*, 2004).

Porem em um estudo feito por Corzo *et al.* (2004), para avaliar as necessidades alimentares de Gly em pintos de corte. Os pintos foram alimentados com uma dieta que continha quantidades progressivas de Gly na dieta, variando de 0,62 a 1,22%, entre 7 e 20 dias de idade. O nível de Gly na dieta necessário para suportar o crescimento máximo e a conversão alimentar do pinto de 7 a 20 dias de idade foi estimado em 0,98 (1,76% Gly + Ser) e 1,02% (1,80% Gly + Ser), respectivamente. Com base nos resultados deste estudo (como ilustram as figuras 2 e 3), que utilizou níveis de proteína bruta baixo e utilizou apenas ingredientes vegetais, as recomendações

atuais de 1,25% para Gly + Ser pelo NRC (1994) são muito baixas e dietas ricas em proteínas brutas (23%) podem potencialmente criar uma maior necessidade de Gly + Ser.

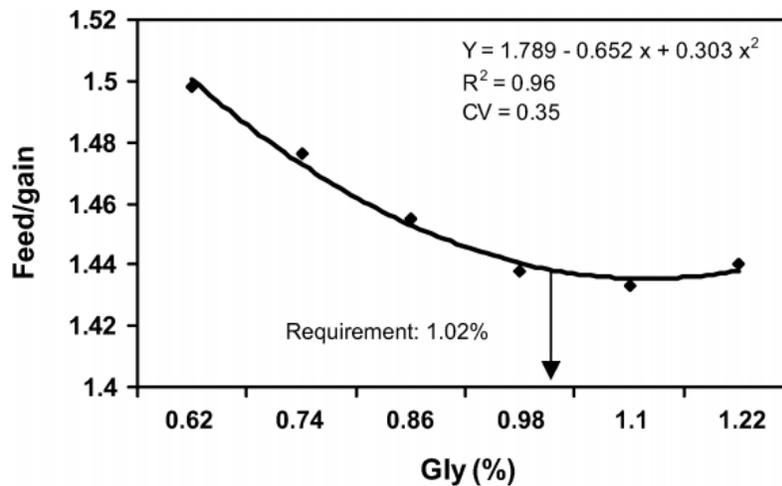


Figura 2. Necessidade de Glicina na dieta para maximizar o consumo de ração por ganho muscular (95% da resposta mínima) de pintos machos de 7 a 20 dias de idade (Gly + Ser = 1,80%) (Corzo *et al.*, 2004).

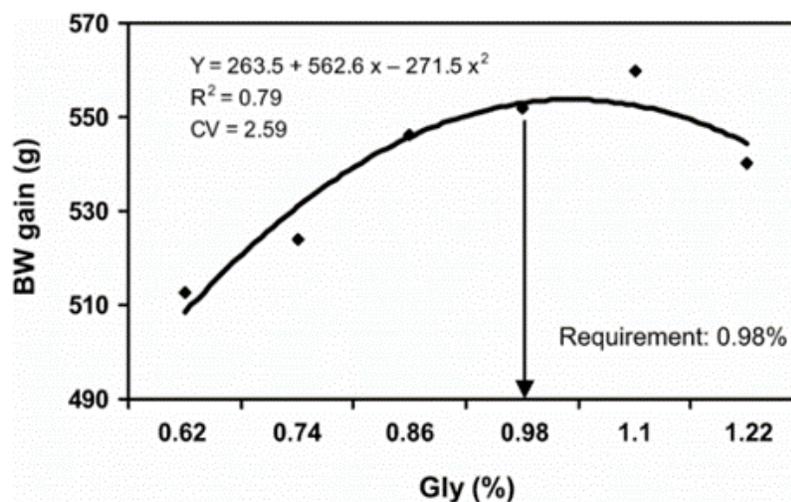


Figura 3. Necessidade de Glicina na dieta para maximizar o ganho de peso corporal (95% da resposta máxima) de pintos machos de 7 a 20 dias de idade (Gly + Ser = 1,76%).

Em estudo feito com o objectivo de avaliar dietas vegetais com diferentes relações treonina digestível: lisina digestível, suplementadas ou não com glicina sobre o desempenho de pintos de

corte no período de 8 a 21 dias de idade. As diferentes relações treonina: lisina digestíveis não proporcionaram diferença no consumo de glicina mais serina ($p > 0,05$). No entanto, as aves alimentadas com dietas suplementadas com glicina tiveram maior consumo ($p < 0,05$) de glicina+serina. As aves submetidas à dieta sem suplementação de glicina consumiram menos ($p < 0,05$) glicina+serina que as aves alimentadas com dietas que continham farinha de carne e ossos. As três diferentes relações treonina digestível: lisina digestível não influenciam de forma significativa o desempenho das aves.

Em estudo feito por Dean *et al.* (2006), foi feito um experimento com pintos de 1 a 17 dias de idade utilizados para avaliar o desempenho de frangos de corte alimentados com níveis graduados de glicina. Os pintos foram alimentados com uma dieta de proteína bruta com adições de 0, 0,15 e 0,30% de glicina e uma dieta de 16,21% de controle positivo e controle negativo formulada para conter 1,60, 1,72, 1,84, 1,94, 1,96, 2,08, 2,20 e 2,32% Gly + Ser. Não houve efeito da adição de glicina à dieta de controle positivo no peso final da ave, a adição de glicina à dieta controle negativo aumentou a relação de ganho e consumo linearmente ($P < 0,001$), mas não teve efeito no peso corporal final. Os pintos alimentados com dieta pobre em PB com 2,32% de Gly + Ser apresentaram desempenho de crescimento que não foi diferente do desempenho de pintos alimentados com controle positivo. Yuan *et al.* (2012), concluíram que a adição de glicina a uma dieta de 16% de PB suplementada com AA apoiará o crescimento e a eficiência alimentar iguais aos frangos de corte alimentados com uma dieta típica de 22% de PB. O requisito para glicina parece ser mais alto nas dietas com baixo controle positivo do que nas dietas com alto controle positivo. Esse requisito parece não ser inferior a 2,32% Gly + Ser para frangos de 0 a 17 dias após a incubação, com base nos valores por eles analisados (Franco *et al.*, 2017);(Corzo *et al.*, 2004);(Kriseldi *et al.*, 2017).

4.1.3. Isoleucina

A isoleucina é um aminoácido essencial e é o quarto aminoácido limitante em dietas de milho para o crescimento de pintos, mas é menos limitante do que a valina em dietas à base de milho e soja com baixa proteína de frangos de corte (Han *et al.* 1992; Fernandez *et al.*, 1994; Fernandez *et al.*, 1994). A isoleucina é potencialmente limitante em dietas de baixa proteína para frangos que foram suplementadas com lisina, metionina e triptofano (D'Mello, 2003).

Em estudo feito por Duarte *et al.* (2015), com base em dados ilustrados na tabela 4, concluíram que a isoleucina suplementada em proporções específicas afetou a ingestão de alimentos, a conversão alimentar e o índice de eficiência produtiva durante as fases de crescimento, mas não foram observados efeitos nos rendimentos dos componentes corporais. Ao determinar os requisitos de AA para diferentes medidas, os de crescimento máximo são os mais baixos, seguidos pelos de produção de carne e conversão alimentar, e são os mais altos para minimizar o percentual de gordura abdominal (Leclercq, 1998).

Tabela 4. Consumo alimentar (CA), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), viabilidade (V) e índice de eficiência produtiva (IEP) de frangos de corte, entre 22 e 42 dias e entre 1 e 42 dias, alimentados com dietas com diferentes níveis digestíveis de isoleucina.

Níveis de isoleucina digestível (g 100g ⁻¹)	Performance				
	Consumo de ração ¹ (kg)	Ganho de peso (kg)	Conversão alimentar	Viabilidade de (%)	Índice de produtividade efetiva 1-42 dias de idade
0.6118	3.481	1.818	1.915 ^a	99.112	348.954 ^a
0.6655	3.434	1.787	1.923 ^a	98.871	343.423 ^a
0.7192	3.493	1.749	1.999 ^b	97.838	325.896 ^b
0.7729	3.410	1.818	1.877 ^a	98.730	352.881 ^a
0.8265	3.422	1.802	1.900 ^a	98.004	345.287 ^a
0.8802	3.354	1.745	1.923 ^a	99.698	341.167 ^{ab}
Valor de P	0.046*	0.103 ^{NS}	0.004*	0.491 ^{NS}	0.024*
Valor de F	4.19	1.97	4.02	0.90	2.92
CV(%)	3.751	3.886	3.489	2.093	4.934

Fonte: (Duarte *et al.*, 2015).

Campos *et al.* (2012), com o objetivo de determinar a relação adequada de isoleucina:lisina digestível para frangos de corte nas fases inicial (7 a 21 dias) e de crescimento (28 a 40 dias de idade), tiveram como conclusão que o aumento dos aminoácidos isoleucina e valina em relação à lisina proporciona melhor desempenho de frangos de corte na fase de 7 a 21 dias de idade (Campos *et al.* 2012).

Entretanto, Baker *et al.* (2002), observaram efeito quadrático da relação isoleucina: lisina sobre os parâmetros avaliados em frangos de corte de 1 a 21 dias, sendo que a relação 61,4% (0,682% isoleucina digestível) proporcionou o melhor desempenho. Rostagno *et al.* (2005), concluíram que a melhor relação entre esses aminoácidos para fase inicial é 65%.

4.1.4. Prolina

Apesar das controvérsias dos resultados de estudos voltados à identificação de aminoácidos não essenciais necessários ao desempenho normal, a prolina mostrou-se um aminoácido essencial na fase inicial do frango de corte. A exigência de prolina foi demonstrada em pintos (1-18 dias) (Sugahara e Ariyoshi, 1967; Graber e Baker, 1973), mas em outras experiências nenhum efeito da prolina foi encontrado (Samuels *et al.*, 1989; Chung e Baker, 1993). Essa discrepância pode dever-se às diferenças nos níveis alimentares de aminoácidos metabolicamente relacionados.

No entanto, D'Mello, (2003), afirma que se a dieta contiver quantidades suficientes de arginina e glutamato, a falta de prolina não afetaria o crescimento. Ao contrário desse achado, os efeitos adversos da deficiência de prolina em pintos não foram eliminados, mesmo quando a dieta foi suplementada com glutamato (Bhargava *et al.*, 1971) ou arginina.

A Prolina foi considerada um AA limitante, porque o crescimento e a eficiência alimentar foram aumentados quando o L-Pro livre foi adicionado às dietas purificadas sem Prolina' (Wu *et al.*, 2011). Portanto, é provável que a concentração dietética de Pro se torne relevante quando a concentração de PB das dietas diminui ainda mais, mas não se pode afirmar se a Pro é o próximo AA essencial.

4.1.5. Triptofano

O triptofano é um aminoácido essencial em frangos de corte e é necessário para uma ampla variedade de atividades metabólicas. Como sua concentração nos organismos está entre os mais baixos de todos os aminoácidos, ele pode facilmente desempenhar um papel limitador de taxa na

síntese de proteínas (D’Mello, 2003). O triptofano está presente em alta concentração nas proteínas da membrana (Schiffer et al., 1992). Além de ser essencial para a síntese protéica, o Trp tem muitos papéis no metabolismo de frangos, como a conversão em niacina e o precursor da serotonina e melatonina (Baker et al., 1973). Foi também demonstrado que o Trp pode afetar os níveis lipídicos em frangos (Rogers e Pesti, 1990). O requisito de Trp para minimizar os níveis lipídicos é quase o dobro do que para maximizar o crescimento corporal de frangos de corte (Rogers e Pesti, 1990).

Foi demonstrado em estudo feito por Campos *et al.* (2012), que uma deficiência de Trp na dieta diminui o ganho de peso, a ingestão de alimentos e a conversão alimentar. No entanto, um excesso de Trp na dieta também resulta em menor ganho de peso para frangos de corte (Castro *et al.*, 2000).

Na pesquisa feita por Rosa *et al.* (2001), os requisitos de Trp dos machos e fêmeas para ganho corporal foram essencialmente os mesmos, $0,17 \pm 0,003\%$. Os requisitos de Trp para conversão alimentar foram de $0,16 \pm 0,003\%$ para machos e $0,17 \pm 0,001\%$ para fêmeas. Esses valores não diferiram significativamente ($P > 0,05$) (Figura 5).

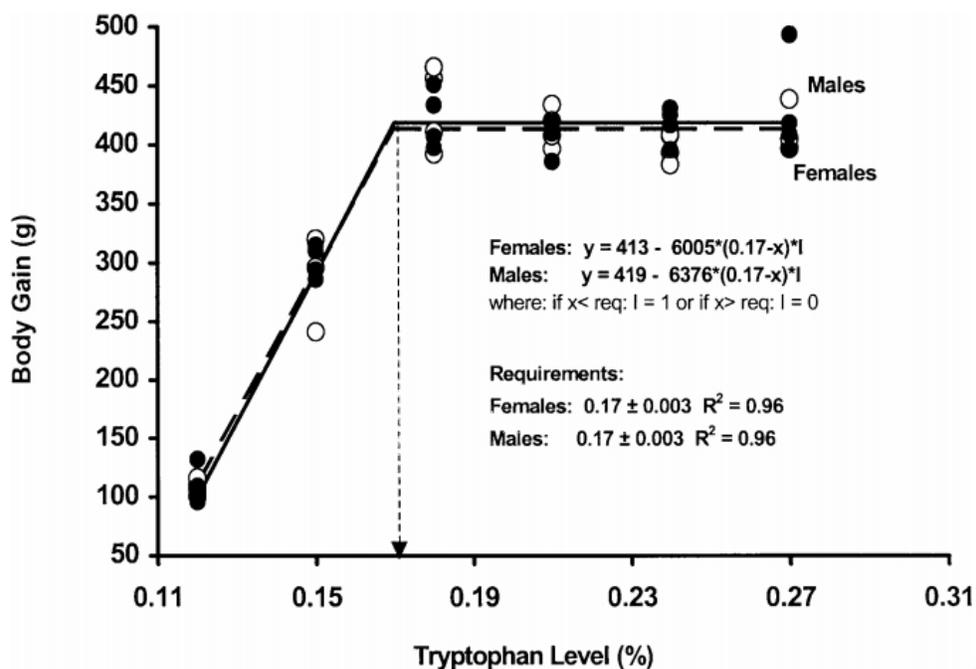


Figura5. Requisitos estimados de Trp e coeficientes de determinação de frangos machos e fêmeas para ganho de peso corporal (1 a 18 dias) ajustado pelo modelo linear de linhas quebradas (Rosa *et al.*, 2001).

O nível de Trp recomendado para frangos de corte pelo NRC (1994), de 0 a 3 semanas de idade, é 0,20% da dieta. Cole e Van Lunen (1994) e Larbier e Leclercq (1994) determinaram que o requisito de Trp, expresso em relação ao nível de Lys da dieta, é de 19,2% e 18,0%, respectivamente (Rosa *et al.*, 2001).

Baker *et al.* (2002), Determinaram a exigência de Trp para frangos de corte machos de 8 a 21 dias de idade. A dieta basal foi fortificada com incrementos de L-Trp para atingir verdadeiros níveis de Trp digestível de 0,0904, 0,1204, 0,1504, 0,1804, 0,2104 e 0,2404%. Esses níveis de Trp foram escolhidos para representar as regiões lineares e de platô da curva de crescimento. O ganho de peso e a eficiência alimentar responderam quadraticamente ($P < 0,01$) aos níveis graduados de Trp digestível (Castro *et al.*, 2000). A análise de mínimos quadrados em linhas quebradas previu um ponto de interrupção no ganho de peso em 0,159% e eficiência alimentar em 0,157% de Trp digestível. A equação quadrática para ganho de peso foi $Y = -423,7 + 6.971,4X - 16.403,8X^2$ ($r^2 = 0,922$), com X sendo o verdadeiro nível de Trp digestível (% da dieta) (Yuan *et al.*, 2012). Os valores de X necessários para atingir o Y máximo das equações quadráticas para ganho de peso e ganho: alimentação, respectivamente, foi calculadann em 0,21 e 0,20% da dieta, sendo 90% desses valores em 0,19 e 0,18%. O primeiro valor de interceptação X da linha tracejada (no platô) e a linha ajustada quadrática para ganho e ganho de peso: a alimentação ocorreu em 0,183 e 0,176% de Trp digestível verdadeiro, respectivamente (Baker *et al.* 2002).

4.1.6. Valina

A valina é um aminoácido essencial e mostrou-se limitante na fase inicial, os frangos alimentados com dieta com deficiência de valina (VDD) apresentaram os menores valores para todos os critérios medidos (conversão alimentar, ganho de peso, massa peitoral e gordura peitoral).

A valina é, limitante para o desempenho e deve ser controlado quando a PB da dieta é reduzida (Dean, Bidner and Southern, 2019). Leucina, His e Val são comumente referidos como aminoácidos de cadeia ramificada (BCAA). Quando esses aminoácidos são consumidos em níveis excessivos, um antagonismo nutricional entre eles é ocorrente em frangos. As características comuns do antagonismo em níveis super ótimos são: baixa taxa de crescimento e eficiência alimentar, alta conversão alimentar e anormalidades de penas associadas à toxicidade de Leu (Farran e Thomas, 1992).

Em pesquisa feita por Farran e Thomas (1992), a conversão alimentar resultou em valores inferiores aos da Dieta Suplementada com Valina, mas muito acima dos valores obtidos com o VDD ($P < 0,05$). O nível de Val digerível recomendado por Lellis *et al.* (2014) é de 0,607%, considerando 0,660% de Lys digerível.

Na fase inicial, as aves alimentadas com dieta baixa em PB com suplementação de Val apresentaram ganho médio diário significativamente maior em comparação com o tratamento com alta proteína bruta ($P < 0,05$) e maior consumo médio diário de ração em comparação com os outros tratamentos ($P < 0,05$). Em relação à conversão alimentar, as dietas com baixos níveis de PB melhoraram a FCR em comparação às dietas com alto teor de PB ($P < 0,05$).

A otimização da Val total da dieta foi alcançada em 1,00, 0,98 e 0,99% para ganho de peso corporal, consumo de ração e conversão alimentar, respectivamente, estreitando estreitamente as necessidades de Val da dieta para essa fase de 0 a 14 dias de alimentação (Corzo *et al.*, 2008). Os valores aqui obtidos foram superiores aos recomendados por Farran e Thomas (1990) e pelo NRC (1994) de Val dietético a 0,90% para os primeiros 21 dias de idade. As diferenças nas necessidades de Val da dieta entre as pesquisas podem ser devidas ao longo período de avaliação e às diferenças na taxa de crescimento e nas necessidades de nutrientes (Lellis *et al.*, 2014).

O ganho de peso e a conversão alimentar apresentaram resposta linear às relações valina:lisina digerível ($P < 0,05$), descritas pelas equações $Y = 444,554 + 2,398 \text{ valina}$ ($R^2 = 0,98$) e $Y = 1,96847 - 0,0064 \text{ valina}$ ($R^2 = 1,00$), respectivamente. Os resultados obtidos neste experimento demonstram que a relação valina:lisina digerível ideal para se obterem o maior ganho de peso e a melhor conversão alimentar de frangos de corte de 7 a 21 dias é maior que 80%, valor superior aos obtidos por Corzo *et al.* (2008), que em experimentos com frangos machos de diferentes idades, concluíram que a exigência de valina digerível para frangos Ross de 0 a 14 e 14 a 28 dias de idade foi de 0,91 e 0,86, respectivamente. Levando em consideração o conteúdo de lisina das dietas experimentais, esses valores correspondem a uma relação valina:lisina de 76 e 78%. Segundo Tavernari *et al.* (2009), a melhor relação valina:lisina digerível para a fase inicial (8 a 21 dias) de frangos de corte machos é 76,5%, este valor corresponde a 0,82% de valina na dieta (Campos *et al.* 2012).

Portanto, a suplementação com Val pode ter aumentado as concentrações séricas de ácido úrico, diminuindo os possíveis níveis tóxicos de amônia, levando a um melhor desempenho do frango (Ospina-Rojas *et al.*, 2017).

4.1.7. Fenilalanina

A fenilalanina é um aminoácido essencial, com maior requerimentos nas primeiras fases de vida do frango de corte, ela tem papel importante na biossíntese de outros aminoácidos principalmente da síntese de tirosina, estimula o consumo e conversão alimentar, sintetize e metabolismo de proteína, carboidratos e lípidos.

A melhor relação fenilalanina + tirosina/lisina digestível para frangos de corte na fase inicial de 8 a 17 dias foi para Franco *et al.* (2013), de 118%. Porém, em razão do comportamento linear das variáveis estudadas, 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.

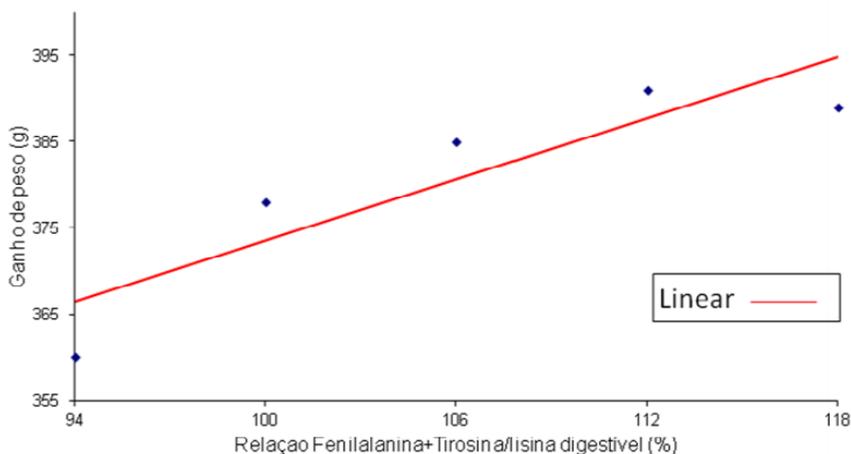


Figura 7. Efeito de diferentes relações fenilalanina + tirosina/ lisina digestível sobre o ganho de peso de frangos de corte, na fase inicial de (8 a 17 dias).

Em estudo conduzido por Elkin e Rogler (1982), para determinar os efeitos fisiológicos da alimentação de dietas contendo altos níveis de fenilalanina em pintos, reduções marcantes no

ganho de peso e conversão alimentar foram observadas em aves alimentadas com uma dieta contendo 2,52% de L-fenilalanina e 0,47% de L-tirosina.

Grau (1960) descobriu que os pintos alimentados com dietas de aminoácidos cristalizados purificados exigiam cerca de 0,6 a 0,8% da dieta como fenilalanina para atender aos requisitos de fenilalanina e uma quantidade igual de fenilalanina ou tirosina para atender à necessidade de tirosina. O fato de a fenilalanina ou a tirosina ser igualmente eficaz no atendimento à necessidade de tirosina sugeriu uma conversão eficiente de phe em tirosina. A exigência total de fenilalanina mais tirosina do frango em crescimento era de 0,69% da dieta e constatou que a exigência não foi alterada, seja fornecida como toda fenilalanina ou uma combinação de fenilalanina e tirosina (Sasse and Baker, 1972).

A taxa e a eficiência do ganho de peso (GP) melhoraram linearmente à medida que a concentração de fenilalanina na dieta aumentou para 0,90% (Tabela 7), e a análise dos mínimos quadrados dos dados de ganho indicou uma necessidade de fenilalanina de $0,95 \pm 0,04\%$ (Sasse e Baker, 1972).

Tabela 2. Desempenho de pintos (8- 14 dias) alimentados com níveis graduados de fenilalanina na ausência de tirosina na dieta

L- fenilalanina (%/ dieta)	Ganho/pinto/dia (g) ^b	Ganho/alimento
0.5	1.7	0.22
0.6	2.7	0.31
0.7	5.4	0.48
0.8	9.2	0.61
0.9	12.5	0.66
1	13.6	0.7
1.1	13.3	0.69

Fonte: Sasse Baker 1972

As equações de regressão múltipla foram derivadas usando o consumo de fenilalanina e tirosina (mg. ou mmole) como variáveis independentes e ganho de peso do pinto (g) como variável dependente. Independentemente de a ingestão ser expressa em termos de miligramas ou milimoles, a inclinação (isto é, coeficiente de regressão) do segmento de resposta da fenilalanina foi tão grande quanto a da tirosina, indicando que a fenilalanina era uma fonte tão boa de tirosina quanto

a própria tirosina (Stocland *et al.*, 1971). Isto implica necessariamente uma conversão eficiente de fenilalanina em tirosina no pinto. Se a eficácia molar da fenilalanina fosse igual à da tirosina, seguiria, à luz da diferença de peso molecular entre fenilalanina (165 g / mol) e tirosina (181 g / mol), que um grama de fenilalanina consumido provocaria uma resposta de ganho maior do que um grama de tirosina consumido (Stockland *et al.*, 1971).

4.1.8. Leucina

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. Baker e Han (1994), NRC (1994) e Rostagno *et al.* (2005) reportaram relações leucina/lisina digestível de 109, 100 e 108%, respectivamente, indicando variabilidade muito alta e apresentando que as recomendações mais recentes tendem a serem menores. Os resultados obtidos na pesquisa de Ospina-Rojas *et al.* (2017), evidenciaram que as relações variaram entre 100 e 111% e foram em geral inferiores às reportadas por NRC (1984), Borrman (1985), mas similares às reportadas por Baker e Han (1994) e Rostagno *et al.* (2005).

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 (Ospina-Rojas *et al.*, 2017).

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.

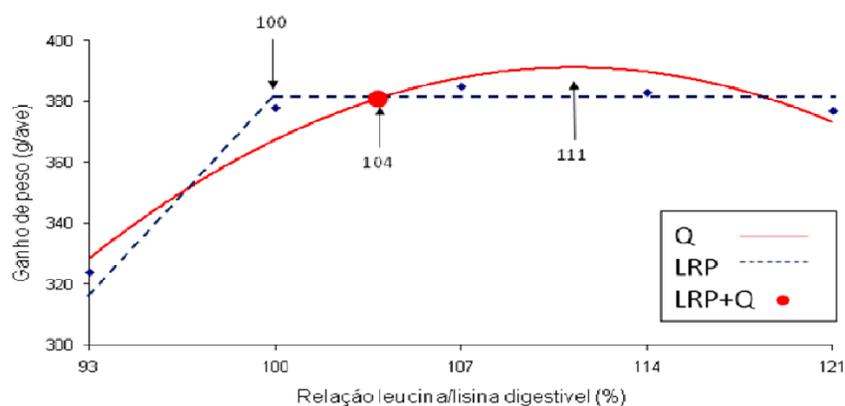


Figura 8. Efeito de diferentes relações leucina/lisina digestível na dieta sobre o ganho de peso de frangos de corte, na fase inicial (8 a 17 dias).

4.1.9. Treonina

A exigência de treonina para frangos jovens foi estudada extensivamente nas últimas décadas. E pode-se constatar que a treonina é um aminoácido que tem a sua essencialidade condicionada pela temperatura.

Os resultados de um estudo feito por Shan *et al.* (2003), para identificar a influência de um ambiente quente (35 ° C) nas exigências de treonina e triptofano de pintos jovens de 7 a 21 dias de idade mostraram que, os pintos criados a 35 ° C consumiram menos ração e ganharam menos peso corporal em comparação aos mantidos a 25 ° C, como vem apresentado na figura 4.

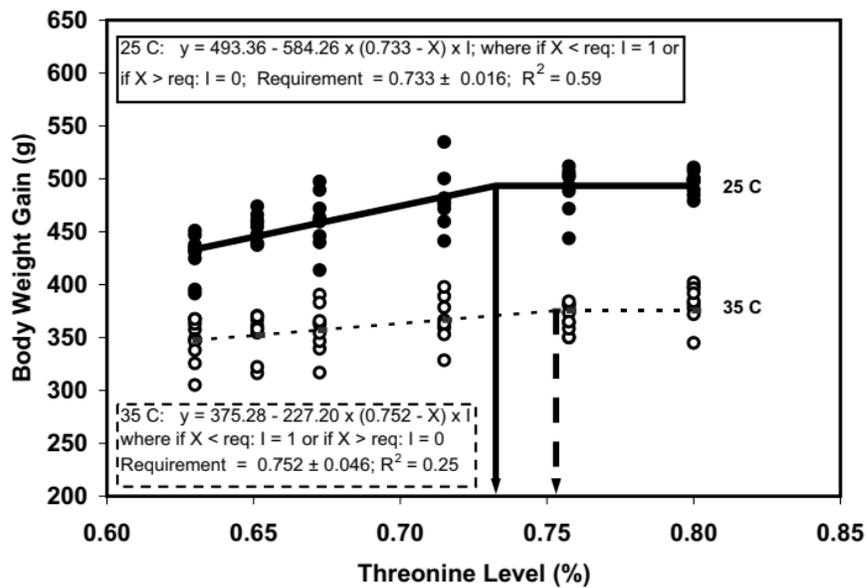


Figura 4. Requisitos estimados de treonina para pintos jovens criados a 25 e 35 ° C usando dados de ganho de peso corporal (7 a 18 dias de idade) ajustados pelo modelo linear em linha quebrada.

A proporção de ração- conversão alimentar de pintos mantidos a 35 ° C foi um pouco maior ($P < 0,05$) do que aqueles a 25 ° C (1,49 e 1,48). A suplementação dietética de treonina aumentou o ganho de peso corporal ($P < 0,01$) e o consumo de ração ($P < 0,01$) e melhorou a taxa de conversão alimentar ($P < 0,01$). A interação do nível de temperatura por treonina para ganho de peso corporal ($P < 0,05$) e consumo de ração ($P < 0,01$) foi significativa, indicando que o padrão de resposta dos pintos à treonina foi diferente em várias temperaturas ambientais. Houve apenas uma pequena resposta à treonina por pintos mantidos a 35 ° C, resultando em pouca variação e coeficientes de determinação relativamente baixos (valores de R^2). Em média, os requisitos de treonina dos pintos de corte mantidos a 35 ° C foram semelhantes aos mantidos a 25 ° C (0,739 vs. 0,737) (Oliveira *et al.*, 2016).

Oliveira *et al.* (2016), constataram que para o desempenho de frangos de 1 a 21 dias de idade (Tabela 5), não foi observado efeito dos níveis de treonina sobre as variáveis estudadas ($p > 0,05$), o que sugere que o menor nível de 0,852%, é semelhante ao proposto por Rostagno *et al.* (2011), para aves na fase pré-inicial de criação correspondendo a relação de 65% de Thr - Lys, como suficiente para atender às exigências de treonina digestível para o máximo desempenho dos pintos.

Tabela 5. Desempenho de frangos de 1 a 21 alimentados de 1 a 7 dias de idade com níveis crescentes de treonina digestível na ração

Variável	Treonina digestível (%)				CV%
	65	72,6	80,3	88	
Peso Final (g)	0,948	0,872	0,903	0,865	7,05
Ganho de Peso (g)	0,901	0,825	0,857	0,818	7,45
Consumo de ração (g)	1,309	1,244	1,232	1,235	7,45
Conversão Alimentar (g/kg)	1,378	1,430	1,363	1,429	4,28

Fonte: Oliveira *et al.*, 2016

4.2.Fase de crescimento e final

Na fase de crescimento do 21^o ao 27^o dia de vida, há uma mudança muito perceptível nas aves neste estágio. O seu peso e desenvolvimento muscular aumenta, elas ainda exigem um suprimento de proteínas (aminoácidos), cálcio, fósforo e vitaminas, mas as quantidades serão ligeiramente reduzidas. As necessidades de energia aumentaram agora para acompanhar o crescimento diário muito visível.

Na fase final (28^o dia ao abate, 35^o-45^o dia), ou seja, acabamento, ocorre um aumento muito acentuado do crescimento, plumagem, músculo e peso e redução do desenvolvimento ósseo. A ingestão diária de alimentos é substancial para atender a essas necessidades de desenvolvimento, as aves precisam de mais energia e menos proteína.

4.2.1. Metionina

A metionina é um aminoácido essencial, os frangos em crescimento e na fase final não conseguem metabolizar metionina suficiente para as suas funções metabólicas de síntese de proteína muscular e síntese de cisteína. Como a metionina é prontamente convertida em cistina, geralmente é assumido que todas as necessidades de aminoácidos sulfurados podem ser supridas pela metionina e não há necessidade de inclusão de cistina nas dietas. Embora essa questão não seja importante em dietas práticas por causa da abundância relativa de cistina, quando são formuladas dietas purificadas, é uma questão importante (D'Mello, 2003).

A metionina de forma semelhante ao aminoácido lisina, quando suplementada na ração de frangos de corte, promove um efeito positivo sobre a concentração da proteína tissular (Rodrigueiro *et al.* 2000), melhora o rendimento da carcaça, melhora o rendimento do peito e reduz o teor de gordura abdominal (Rodrigueiro *et al.* 2000 e Amarante Jr *et al.* 2005). Por outro lado, diferentemente da lisina, a metionina é um aminoácido que tem ampla interação com a exigência de manutenção. Segundo Sakomura (1996), a eficiência da metionina+cistina em depositar tecidos é menor quando comparado com a lisina. Na figura 9, pode-se observar o direcionamento da metionina no organismo do animal conforme o modelo fatorial de exigências nutricionais.

Como pode ser observado na demanda da metionina para manutenção e para a síntese de proteína das penas é tão importante quanto a necessidade de metionina para a síntese da proteína corporal. A recomendação na Figura 9 se baseia no teor de metionina+cistina, pois segundo Rostagno *et al.* (2005) o mínimo de 55% dos aminoácidos sulfurados na dieta das aves deve ser de metionina, uma vez que, a metionina se converte metabolicamente em cistina.

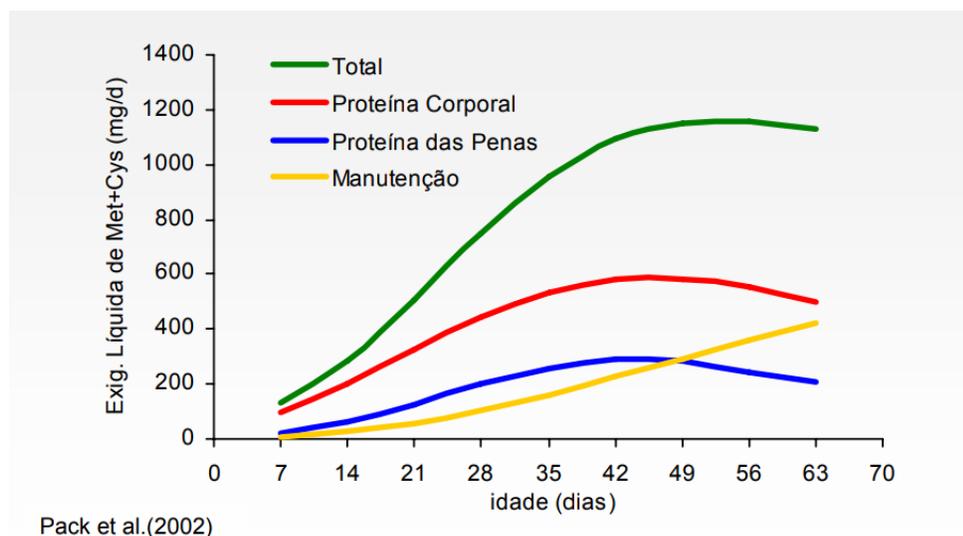


Figura9: Direcionamento da metionina no organismo do animal conforme o modelo fatorial de exigências nutricionais.

4.2.2. Valina

O aumento da taxa Val / Lys de 71 para 86% melhorou o ganho de peso a (8%) e a conversão alimentar (7%) dos frangos de corte finalizadores. Ambos os parâmetros tiveram respostas quadráticas e de PRL, e a relação Val / Lys ótima estimada foi a média dos valores estimados

usando cada método. A razão ótima para o GP estimada pela equação quadrática (95% da resposta máxima) e PRL foi de 75%. Para a CA, os valores ótimos foram 77 e 74% da exigência estimada usando a regressão quadrática e a PRL, respectivamente. A relação Val / Lys média foi de 76%. Considerando os critérios mencionados anteriormente e as respostas de frangos observados durante a fase de criação, encontramos a relação Val / Lys ideal para ganho de peso e conversão alimentar nos frangos Cobb x Cobb 500 com 30 a 43 dias de idade em 76%. Essa recomendação é um pouco menor que a de Han e Baker (1994), Mack *et al.* (1999), Baker *et al.* (2002) e Corzo *et al.* (2008), que sugeriram razões Val / Lys de 77, 81, 77,5, 77 e 78, respectivamente, para frangos de New Hampshire x Plymouth Rock colombiano, ISA 220 ou Ross x Ross 308 (Tavernari *et al.* 2013).

A valina não exibe efeitos pronunciados ou uma hierarquia de requisitos, as relações de aminoácidos entre este aminoácido e lisina dependem da resposta desejada.

Tabela 6. Efeitos da deficiência de valina em frangos de 20 a 40 dias de idade

Total valina	Valina digestível	Ganho diário	Conversão alimentar	Musculo do peito	Gordura abdominal
	g/kg	g/d	g:g		g/kg
6.8	6.2	67.2 ^a	1.937 ^a	167.8	21.7
7.34	6.66	73.8 ^b	1.770 ^b	169.8	21.2
7.88	7.2	77.6 ^c	1.754 ^b	172.1	21.7
8.42	7.74	77.8 ^c	1.720 ^b	172.7	21.1
8.96	8.28	77.2 ^c	1.719 ^b	170.1	21.2
9.5	8.82	78.1 ^c	1.710 ^b	170.9	21.8

Fonte: Leclercq 1998

No período de finalização, foi demonstrada diferença entre a dieta alta e a baixa dieta sem suplementação de L-Val para o parâmetro ganho médio diário ($P < 0,10$). Nenhuma diferença significativa entre os tratamentos foi detectada para o consumo médio diário de ração. A dieta com alto CP melhorou a tendência conversão alimentar em comparação com a dieta com baixo CP sem suplementação com Val ($P < 0,1$) (Schedle *et al.* 2019).

4.2.3. Histidina

Níveis de Histidina produziram respostas lineares ($P < 0,05$) em consumo de ração e ganho (FI) de peso, respostas quadráticas em conversão alimentar, bem como pesos e rendimentos de peito e filé de peito (Abdaljaleel e Alsadwi 2018). Observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) das diferentes proporções His-Lys digestíveis avaliadas no consumo de ração, que aumentou linearmente, conforme determinado pela equação $FI = 307,61 + 5,1133x$ ($r^2 = 0,78$). O ganho de peso teve influência linear ($P < 0,05$), pela equação $WG = 218,98 + 4,25x$, $r^2 = 0,79$, que determinou uma relação His-Lys digestível de 40% para ganho máximo de peso (Han *et al.*, 2004).

A relação His-Lys digestível média, calculada a partir dos diferentes modelos estatísticos no estudo feito por (Waldroup *et al.* (2005), para a taxa de conversão alimentar foi superior aos 32% obtidos por Baker e Han (1994), que trabalharam com frangos de corte entre 8 e 22 dias de idade.

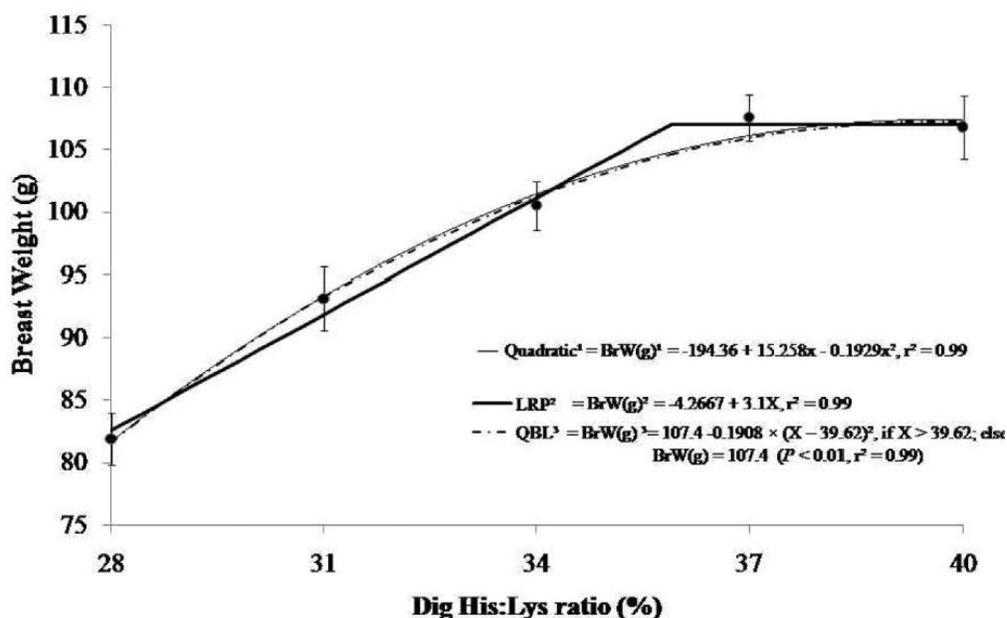


Figura 10. Relação Histidina e lisina no ganho de peso de frangos de corte

As relações digestivas His-Lys aplicadas tiveram efeito quadrático ($P < 0,05$) no peso corporal e peso corporal, demonstrado pela equação peso corporal (g) = $-194,36 + 15,258x - 0,1929x^2$ ($r^2 = 0,99$) e peso corporal (g) = $-185,41 + 13,319x - 0,165x^2$ ($r^2 = 0,99$). As razões ótimas encontradas foram de 39% e 41%, respectivamente, mas quando um coeficiente de 95% foi aplicado à equação quadrática, o requisito estimado era de 37% para o peso do peito e 39% para o filé de peito. A

regressão QBL foi ganho de peso (BrW (g) = 107,4 - 0,1908 × (X - 39,62) ², se X > 39,62; caso contrário, BrW (g) = 107,4 (P < 0,01, r² = 0,99). De acordo com a equação acima, a proporção de histidina digerível para lisina foi de 40%. Aplicando QBL no ganho de peso (BFW) foi encontrada uma razão digerível His-Lys de 40% (BFW (g) = 83,23 - 0,1651 × (X - 40) ², se X > 40,3; caso contrário, BFW (g) = 83,23 (P < 0,01, r² = 0,99) A melhor relação His-Lys digerível determinada para o modelo LRP foi de 36% com um platô a 107,3 g para o peso do peito (y = - 4,2667 + 3,1X) e a mesma proporção para o filé do peito (y = -21,3344 + 2,8667X) quando comparados os resultados da equação quadrática e do modelo de PRL, as melhores razões digeríveis de histidina para lisina para peso e filé de peito foram de 38% e 39%, respectivamente (Figura 10)(Franco *et al.*, 2017).

4.2.4. Treonina

Segundo Corzo *et al.* (2006), os níveis ótimos de treonina total e de treonina digerível em relação à lisina digerível encontrados foram, respectivamente, 0,74 e 66% para ganho de peso e 0,72 e 64% para conversão alimentar das aves criadas em cama nova e 0,77 e 69% para ganho de peso e 0,73 e 65% para conversão alimentar de frangos de corte criados em cama reutilizada na fase de 21 a 42 dias de idade.

Para Duarte *et al.* (2012), os níveis de treonina digerível da ração não influenciaram significativamente (P > 0,05) os rendimentos de carcaça e das partes. Não foi realizado ajuste adequado pelos modelos quadrático, exponencial e LRP aos dados de rendimento de carcaça das aves, uma vez que estes não foram significativos (P > 0,05) pela análise de variância da regressão. Embora não se tenha verificado efeito significativo dos níveis de treonina sobre as características de carcaça, numericamente, o nível de 0,6441% de treonina digerível indicou melhor rendimento de peito, coxa + sobrecoxa e asas em relação aos demais cortes. Esse valor difere numericamente da resposta encontrada por Soares *et al.* (1999), para machos. Baseando-se no modelo *Linear Response Plateau*, Duarte *et al.* (2012), concluíram que o nível de treonina digerível para melhor conversão alimentar de frangos de corte é de 0,7642%, que corresponde à relação treonina:lisina digeríveis de 71,19%.

Reginatto *et al.* (2000), concluíram que a suplementação de treonina não influencia a composição das carcaças. Da mesma forma, Kidd *et al.* (2002), não encontraram diferenças entre a concentração de treonina dietética sobre os parâmetros de carcaça mensurados.

Em estudo feito por Duarte *et al.* (2012), dizem não ter havido efeito significativo ($P>0,05$) dos níveis de treonina das dietas sobre os parâmetros avaliados, exceto a conversão alimentar. Não se observou efeito do nível de treonina da ração ($P>0,05$) sobre o ganho de peso, o consumo de ração e a viabilidade criatória. O nível de 0,6441% de treonina digestível, correspondente à relação treonina:lisina digestível de 60%, foi suficiente para atender à exigência (para máximo desempenho) de machos alimentados com dietas contendo 17,76% de proteína bruta. Esses resultados diferem dos encontrados por Soares *et al.* (1999), que indicam valor de treonina digestível inferior (0,57%) ao encontrado neste experimento na fase de 22 a 42 dias de idade. Leclercq (1998) propõe valores de 0,61% de treonina digestível para ganho de peso e Webel *et al.* (1996) indicam 0,61% de treonina total para ganho de peso. Mack *et al.* (1999), recomendaram uma relação treonina:lisina de 63% na fase de 20 a 40 dias.

4.3.Desbalanço de aminoácidos nos frangos de corte

4.3.1. Glutamina

A glutamina é um aminoácido não essencial sendo o AA livre mais abundante no sangue e no corpo. Ela representa cerca de 50% do total de AAS livres no plasma sanguíneo e é quantitativamente o mais importante no transporte de nitrogênio entre órgãos. A glutamina pode ser sintetizada em muitas células e tecidos do corpo. O precursor imediato da glutamina é o glutamato e a enzima responsável pela síntese de glutamina é glutamina sintetase (Junior *et al.*, 2015).

O estoque de glutamina livre no músculo esquelético é estimado em cerca de 20 mmol/L de água intracelular. Um dos principais sítios de síntese e liberação para corrente sanguínea de glutamina é o tecido muscular - 40 a 60 % do *pool* de aminoácidos livres, garantindo o aporte desse aminoácido para outros tecidos e órgãos (Fontana *et al.*, 2003).

Em estudo feito por (Kerr and Kidd, 1999), com o objetivo de alimentar frangos de corte com redução de PB, dietas suplementadas com aminoácidos e avaliar o impacto da suplementação de aminoácidos dispensáveis e indispensáveis, sobre o desempenho das aves e as características da carcaça. A suplementação com 1% de Glutamina não exerceu efeitos positivos no desempenho das aves ou nas características da carcaça e pareceu reduzir a ingestão de ração, resultando em ganhos de peso reduzidos.

Investigando o efeito da glutamina (Gln) no desempenho de crescimento de frangos com 22 a 35 dias de idade, Bai *et al.* (2019), tiveram como resultado que frangos expostos ao ambiente de alta temperatura apresentaram peso, peso corporal e peso significativamente mais baixos, mas FGR maior ($P < 0,05$). O suplemento de 1,0 e 1,5% de Gln aumentou significativamente ($P < 0,05$) PC, BWG e FI, enquanto o suplemento de 1,5% de Gln diminuiu significativamente ($P < 0,05$) o FGR em comparação com o grupo de controle de tratamento térmico (Bai *et al.* 2019).

No estudo de Dean *et al.* (2006), a adição de Glu e Ala a uma mistura baixa de PB elevou a eficiência alimentar ao nível de uma dieta com 22,2% de PB, mas o ganho médio diário permaneceu abaixo do nível da dieta controle. Tanto o ganho médio diário, quanto a eficiência alimentar dos tratamentos com Asp e Pro adicionados à mistura com baixo teor de PB estavam abaixo do nível da dieta controle positiva.

4.3.2. Leucina

O excesso de nitrogênio é excretado na forma de ácido úrico nas aves; no entanto, as concentrações deste composto orgânico não foram afetadas ($P > 0,05$) pelos altos níveis de SID Leu. Por outro lado, os níveis de SID Val ($P < 0,05$) aumentaram as concentrações séricas de ácido úrico ($SUA = -0,715 + 13,325 * Val - 7,534 * Val^2$; $R^2 = 0,86$) no nível estimado de 0,84% (Ospina-Rojas *et al.*, 2017).

A suplementação com Leu na dieta aumenta a formação de α -cetoisocaproato, um α -cetoácido de Leu que é formado a partir da primeira reação do catabolismo desse AA, em um processo catalisado pela enzima aminotransferase de cadeia ramificada (Brosnan e Brosnan, 2006). Portanto, níveis elevados de Leu podem estimular o catabolismo de Val.

Não houve interação ($P > 0,05$) entre as folhas de Leu e Val nos diâmetros das fibras do músculo peitoral maior. Observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de Leu nos diâmetros das fibras do músculo peitoral maior aos 42 d ($DF = 24,128 + 36,38 * Leu - 13,929 * Leu^2$; $R^2 = 0,71$), com o maior diâmetro estimado no nível de 1,24% Leu. No entanto, os níveis de SID Val não influenciaram ($P > 0,05$) os diâmetros das fibras musculares do peito (fibras brancas) (Franco *et al.*, 2017). Esse resultado pode ser correlacionado com os obtidos para o rendimento de peças, uma vez que a suplementação de Leu influenciou ($P < 0,05$) o rendimento peitoral, enquanto Val não teve efeito ($P > 0,05$) nessa variável. Possivelmente, os níveis de Val podem ter maior influência no diâmetro das fibras musculares vermelhas (Poten *et al.*, 2015), resultando em efeitos positivos

no rendimento da coxa, porque a proporção desse tipo de fibra é maior nos músculos das pernas do que nos outros tecidos musculares (Barnard *et al.*, 1982). Resultados positivos da suplementação de Val no rendimento da coxa também foram descritos por Corzo *et al.* (2008) e Poten *et al.* (2015).

4.3.3. Metionina

Manter os pintos em temperaturas quentes influenciou seus requisitos de Met. Os pintos Ross × Ross criados a 35 ° C exigiram menos Met, mas isso só ocorreu quando os pintos foram alimentados com dietas contendo 2,52% Arg. Balnave e Oliva (1991) relataram que a exigência de frangos de corte para Met era menor em temperaturas mais altas que noutras, com variações entre altas e constantes temperaturas de ciclo. São necessários mais estudos para quantificar exatamente como a temperatura altera os requisitos atendidos. Devido a todos os fatores que influenciam a resposta dos pintos à temperatura (cobertura de penas, atividade, movimento do ar, umidade), não está claro se uma das temperaturas usadas nessas experiências pode ser considerada ótima; eles foram usados apenas para demonstrar diferenças em resposta à suplementação de aminoácidos em diferentes temperaturas (Chamruspollert *et al.*, 2004).

Os requisitos de Met podem se tornar muito importantes quando as rações relativamente altas em Arg são substituídas pelo farelo de milho e soja nas dietas de frangos de corte. Os ingredientes com maiores relações Arg: Met do que o farelo de soja, incluem gelatina, farinha de amendoim, farinha de penas extraído diretamente com solvente de farelo de algodão, 41% de proteína e concentrado de proteína de soja, mais de 70% de proteína, com base na tabela de composição de ingredientes (NRC, 1994). Com base nos resultados da pesquisa feita por Lima *et al.* (2008), dietas ricas em Arg e com ingredientes alternativos provavelmente alteraram o requisito de Met também alteraram o requisito de Lys devido à inter-relação entre Arg, Lys e Met.

Castro e Kim (2019), concluíram que o DL-Met pode ser parcialmente substituído pelo H-Met sem afetar negativamente o desempenho do crescimento, o metabolismo da gordura e a bioquímica sérica de frangos de corte.

A substituição parcial de DL-Met por HMet, em comparação com DL-Met e L-Met, foi suficiente para manter o desempenho do crescimento sem aumentar a acumulação de gordura e alterar as características bioquímicas séricas em frangos de corte (Chamruspollert *et al.*, 2004). Com base neste estudo, os fito-aditivos mostraram um grande potencial como substituto de fontes sintéticas

de Met na produção orgânica. No entanto, pesquisas adicionais precisam ser realizadas para investigar diferentes taxas de inclusão de metionina à base de plantas na dieta.

4.3.4. Fenilalanina

O excesso de fenilalanina na dieta causou elevações de fenilalanina e tirosina no soro e no cérebro, enquanto as concentrações cerebrais de isoleucina livre, leucina e valina foram geralmente diminuídas (Lartey e Austic, 2009). Quantidades supra-ótimas de glicina, arginina e triptofano foram alimentadas na tentativa de aliviar os sintomas tóxicos observados em aves alimentadas com dietas com alta fenilalanina. Apenas a suplementação de triptofano mostrou-se bem-sucedida em aliviar parcialmente os efeitos depressivos do crescimento da toxicidade da fenilalanina (Elkin e Rogler 1982).

Estudo feito por Lartey e Austic (2009), os pintos (8 a 17 dias) alimentados com uma dieta desequilibrada ganharam significativamente menos peso do que aqueles alimentados com as dietas basal e corrigida pelo desequilíbrio. Os pintos alimentados com o desequilíbrio e as dietas com correção de desequilíbrio consumiram significativamente menos ração em comparação com o grupo basal. A eficiência alimentar dos pintos que receberam dieta desequilibrada não foi significativamente diferente daquela dos pintos que receberam dieta basal, mas a eficiência alimentar dos pintos alimentados com dieta corrigida por desequilíbrio foi significativamente maior que a dos pintos alimentados com dieta basal (Peter *et al.*, 2000).

O ganho de peso dos pintos que receberam excesso de dieta foram significativamente menores do que aqueles alimentados com dieta basal ($P < 0,001$), mas a ingestão de ração não diferiu entre os dois grupos. Os pintos alimentados com a dieta corrigida em excesso consumiram significativamente menos ração do que os pintos que foram alimentados com a dieta basal. A eficiência alimentar dos pintos alimentados com o excesso de dieta foi menor do que a dos pintos alimentados com a dieta corrigida, mas nenhuma diferença na eficiência alimentar entre os grupos basal e corrigido foi detectada (Franco *et al.*, 2017).

V. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou a identificação da essencialidade dos aminoácidos essenciais nos frangos de corte, podendo-se concluir que:

- Todos aminoácidos são essenciais no crescimento de frangos de corte, tendo a sua essencialidade condicionada pela dieta a que o frango é submetido, disposição dos aminoácidos na dieta, idade do animal e o ambiente em que é criado.
- A metionina condiciona as exigências da cisteína, sendo que se a dieta tiver qualidades ótimas de metionina torna se dispensável a suplantação de glicina. Os aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e Isoleucina) são interdependentes, tendo a sua essencialidade dependente da quantidade existe uma da outra na dieta. A fenilalanina se aplicada em quantidades ótimas pode satisfaz as exigências de tirosina.
- A glicina, lisina, prolina, isoleucina, triptofano, fenilalanina, leucina, valina e treonina são aminoácidos essenciais nas primeiras fases de vida dos frangos (1- 21 dia). Para as fases de crescimento e finalização (21-45 dia), destacaram-se os aminoácidos metionina, valina, histidina e treonina.
- O desbalanço dos aminoácidos está directamente associada a redução do ganho de peso, conversão alimentar, antagonismo dos aminoácidos, problemas de plumagem e manifestações neurológicas.

VI. RECOMENDAÇÕES

Dietas elaboradas que respondam as exigências de aminoácidos considerando e respeitando a disposição dos aminoácidos na dieta, a idade e o ambiente e são criados, precisam ser elaboradas e aplicadas.

Elaboração de pesquisas que indiquem os níveis de inclusão ideais de aminoácidos interdependentes para estabelecer dietas ótimas, respeitando as exigências da ave e evitar antagonismo entre eles.

Recomendo a elaboração de mais pesquisas avaliando os aminoácidos alanina, arginina, aspartato, glutamato, taurina, tirosina, ácido aspártico e glutâmico visto que existe muita limitação de estudos abordando estes aminoácidos. Para que se possam estabelecer dietas que satisfaçam as necessidades nutricionais dos frangos sem déficit e nem excesso.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bartell, S M and Batal, A B 2007, “The Effect of Supplemental Glutamine on Growth Performance, Development of the Gastrointestinal Tract, and Humoral Immune Response of Broilers”, *Poultry Science*, 86, pp.1940-1947.
2. Bernardino, V Albino, L Rostagno, H Oliveira, M Mendes F Perreira, C Ferreira, I e Maia, R 2011, “Efeito de diferentes relações treonina:lisina digestíveis, suplementadas ou não com glicina, sobre a atividade enzimática em pintos de corte”, *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 40, nº12
3. Costa, F Rostagno, H Albino, L Gomes, P Toledo, R e Vargas, J 2001, “Níveis Dietéticos de Proteína Bruta para Frangos de Corte de 1 a 21 e 22 a 42 Dias de Idade”, *Revista Brasileira de Zootecnia*
4. Dahiya, J Hoehler, D Wilkie, D Kessel, A e Drew, M 2005, “Dietary Glycine Concentration Affects Intestinal *Clostridium perfringens* and Lactobacilli Populations in Broiler Chickens”, *Poultry Science*
5. Dai, Z Wu, Z Jia, S e Wu, G 2014, “Analysis of amino acid composition in proteins of animal tissues and foods as pre-column o-phthaldialdehyde derivatives by HPLC with fluorescence detection”, *J Chromatogr.*
6. Dong, X Yang, C Tang, S 2010, “Effect and mechanism of glutamine on productive performance and egg quality of laying hens”, *Asian - Australasian Journal of Animal Sciences*, v.23, n.8, p.1049-1056
7. Duarte, K Junqueira, O Filardi, R Laurentinz, A Domingues, C e Rodrigues, E 2015, “Digestible isoleucine requirements for 22- and 42-day-old broilers”, *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, vol. 24, nº 01
8. Farkhoy, M Modirsanei, M Ghavidel, Sadegh, M e Jafarnejad, S 2012, “Evaluation of Protein Concentration and Limiting Amino Acids Including Lysine and Met + Cys in Prestarter Diet on Performance of Broilers”, *Veterinary Medicine International*.
9. Maruyama, K Sunde, M L and Harper, A E 1976, “Is L-glutamic acid nutritionally a dispensable amino acid for the young chick?” *Poultry Science*, 55, pp.45–60

10. Graber, G and Baker, D H 1973, “The essential nature of glycine and proline for growing chicken” *Poultry Science*, 52, pp.892–896
11. Fernandes, M 2012, “Aminoácidos digestíveis na nutrição de frangos de corte”, *Nutritime*, vol. 9, no. 6
12. Ferreira, N 2011, “Exigências de valina para frangos de corte”, Tese de mestrado em nutrição animal, universidade de são Paulo- faculdade de medicina veterinária e zootécnica, Pirassununga
13. Figueiredo, J Costa, F Nascimento, G e Santana, M 2014, “Aspectos sobre a utilização de aminoácidos totais e digestíveis nas rações para poedeiras”, *Scientia Agraria Paranaensis*, vol. 13, nº 03
14. Fontana, K E Valdes, H Baldissera, V 2003, “Glutamina como suplemento ergogênico” *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 11 (3), pp.91-96
15. Iwuji, T Akinmutini, A Ogbuewe, I Etuk, I e Odoemmelam, V 2014, “Roles of tryptophan in monogastric nutrition”, *Science Education Development Institute*, vol. 4
16. Kerr, B e Kidd, M 1999, “Amino Acid supplementation of Low Protein Broilerdiets: Glutamic Acid and Indispensable Amino Acid supplementation”, *Applied Poultry Science*
17. Kidd, M Kerr, B e Anthony, N 1997, “Dietary Interactions Between Lysine and Threonine in Broilers”, *Poultry Science*
18. Lemme, A 2009, “Amino Acid Recommendations for laying hens”, *Lohmann Information*, vol. 44
19. Mendes, A Api, I Silva, L Silva, R Sausen, L Menezes, L Morello, G e Carvalho, E 2014, “Effects of Dietary Lysine on Broiler Performance and Carcass Yield – Meta-Analysis”, *Brazilian Journal of Poultry Science*.
20. Morais, P 2019, “Sistema digestivo das aves, mundo educação”, acesso no dia 1 de abril, disponível em <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/sistema-digestorio-das-aves.htm>
21. Murakami, A E Sakamoto, M I Natali, M R M Souza, L M G Franco, J R G 2007,

- “Supplementation of Glutamine and Vitamin E on the Morphometry of the Intestinal Mucosa in Broiler Chickens” *Poultry Science*, 86, pp.488-495
22. Nascimento, L Lima, C Brasil, R Machado, N Sousa, F e Correia, G 2016, “Digestible lysine for broiler chickens with lower genetic potential grown on free-range system”, *Ciência e Agrotecnologia*
23. Neto, A e Oliveira, W 2009, “aminoácidos na nutrição de frangos de corte”, *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol 38, p.205-208
24. Oliveira, G 2008, “Atualidades na nutrição de frango de corte”, Tese de Monografia do Curso de Zootecnia, Instituto de Ciências Agrárias – Faculdade Integrada de Mineiros, Brazil
25. Oliveira, H Silva, V Leite, P Breiner, M e Barbosa, L 2018, “Relação treonina: lisina em dietas para frangos de corte na fase inicial”, *Nutritime Revista Eletrônica*, vol. 15, nº 01
26. Oppewal, J Cruz, A e Nhabinde, V 2016, “Estudo Sectorial: Cadeia de Valor do Frango em Moçambique”, *Ministério da Indústria e Finanças*, Maputo
27. Pack, M and Schutte, J B 1995, “Sulfur amino acid requirements of broiler chicks from fourteen to thirty eight days of age. 2. Economic evaluation” *Poultry Science.*, Champaign, 74, pp.488-493
28. Pesti, G 2009, “Impact of dietary amino acid and crude protein levels in broiler feeds on biological performance”, *Poultry Science Association*, Athenas, Acesso no dia 03 de Maio de 2019, disponível em <https://academic.oup.com/japr/article-abstract/18/3/477/879474>
29. Peter, C Han, Y Boling-Frankenbach, S e Baker, C 2000, “Limiting order of amino acids and the effects of phytase on protein quality in corn gluten meal fed to young chicks”, *American Society of Animal Science*
30. Rodrigueiro, R Albino, L Rostagno, H Gomes, P Pozza, P e Neme 2000, “Exigência de metionina+cistina para frangos de corte na fase de crescimento e acabamento” *Revista Brasileira. De Zootecnia*, vol 29, nº 2
31. Sakamoto, M I Murakami, A E Silveira, T G V 2006, “Influence of Glutamine and Vitamin

- E on the Performance and the Immune Responses of Broiler Chickens” *Brazilian Journal of Poultry Science*, 8, pp.243-249.
32. Schutte, J e Jong, J 1999, “Ideal amino acid profile for poultry”, *CIHEAM- Options Mediterraneennes*, n° 37
33. Tesseraund, S Belloir, P Lessire, M Berri, C Lambert, W e Corrent, E, 2015 “Revisiting Amino Acid Nutrition”, *20th European Symposium on Poultry Nutrition*, Prague, Czech Republic, August
34. Tesseraund, S Belloir, P Lessire, M Berri, C Lambert, W e Corrent, E, 2015 “Revisiting Amino Acid Nutrition”, *20th European Symposium on Poultry Nutrition*, Prague, Czech Republic, August
35. Wu, G 2013, “Amino Acids: Biochemistry and Nutrition”, *CRC Press*, Boca Raton, Florida. (Leeson and Summers, 2005)
36. Wu, G 2018, *Principles of animal nutrition*, CRC Press, New York
37. Wu, G Bazer, Z Dai, D Wang, Z e Wu, Z 2014, “Amino acid nutrition in animals: Protein synthesis and beyond”, *Annual Review of Animal Biosciences*.
38. Abdaljaleel, R. A. and Alsadwi, A. M. (2018) ‘Evaluating the effect of yeast cell wall supplementation on ideal threonine to lysine ratios in broilers as measured by performance , intestinal mucin secretion , morphology , and goblet cell number’, *The Journal of Applied Poultry Research*. 2018 Poultry Science Association Inc., 28(1), pp. 153–163. doi: 10.3382/japr/pfy058.
39. Campos, A. M. *et al.* (2012) ‘Atualização da proteína ideal para frangos de corte : arginina , isoleucina , valina e triptofano’, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(2), pp. 326–332.
40. Castro, A. J. De *et al.* (2000) ‘Exigência de Triptofano para Frangos de Corte de 1 A 21 Dias de Idade’, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(6), pp. 1743–1749.
41. Chamruspollert, M., Pesti, G. M. and Bakalli, R. I. (2004) ‘Influence of Temperature on the Arginine and Methionine Requirements of Young Broiler Chicks’, *Poultry Science*. Poultry Science Association Inc., 13(4), pp. 628–638. doi: 10.1093/japr/13.4.628.
42. Corzo, A. *et al.* (2004) ‘Dietary Glycine Needs of Broiler Chicks’, *Poultry Science*, 83, pp.

1382–1384.

43. D’Mello, J. P. F. (2003) *Amino Acids in Animal Nutrition*. 2nd edn. Edited by J. P. F. D’Mello. Edinburgh: CABI Publishing.
44. Dean, D. W., Bidner, T. D. and Southern, L. L. (2006) ‘Glycine Supplementation to Low Protein , Amino Acid-Supplemented Diets Supports Optimal Performance of Broiler Chicks 1’, *Poultry Science*. Poultry Science Association, Inc., 85(2), pp. 288–296. doi: 10.1093/ps/85.2.288.
45. Dean, D. W., Bidner, T. D. and Southern, L. L. (2019) ‘Glycine Supplementation to Low Protein , Amino Acid-Supplemented Diets Supports Optimal Performance of Broiler Chicks 1’, *Poultry Science*. Poultry Science Association, Inc., 85(2), pp. 288–296. doi: 10.1093/ps/85.2.288.
46. Duarte, K. F. *et al.* (2012) ‘Threonine requirements of 22 to 42-day-old broilers’, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(1), pp. 72–79.
47. Elkin, R. G. and Rogler, J. C. (1982) ‘Partial Alleviation of Phenylalanine Toxicity in the Chick by Supplemental Dietary Tryptophan 1’, *Poultry Science*. Poultry Science Association Inc., 62(4), pp. 647–658. doi: 10.3382/ps.0620647.
48. Farran, M. T. and Thomas, O. P. (1992) ‘Valine Deficiency.’, *Poultry Science*. Poultry Science Association Inc., 71(11), pp. 1879–1884. doi: 10.3382/ps.0711879.
49. Franco, S. M. *et al.* (2017) ‘Estimation of optimal ratios of digestible phenylalanine + tyrosine , histidine , and leucine to digestible lysine for performance and breast yield in broilers’, *Poultry Science*. The Author 2016. Published by Oxford University Press on behalf of Poultry Science Association., 96(4), pp. 829–837. doi: 10.3382/ps/pew305.
50. Han, Y., Suzuki, H. and Baker, D. H. (2004) ‘Histidine and Tryptophan Requirement of Growing Chicks’, *Poultry Science*, 70, pp. 2148–2153. doi: 10.3382/ps.0702148.
51. Iii, D. W. A., Jr, M. E. T. and Kidd, M. T. (2000) ‘T HREONINE R EQUIREMENT OF B ROILER M ALES FROM 42 TO 56 D AYS IN A S UMMER E NVIRONMENT’, *Journal of Applied Poultry Research*. Poultry Science Association, Inc., 9(4), pp. 496–500. doi: 10.1093/japr/9.4.496.
52. Junior, V. R. *et al.* (2015) ‘Metabolismo e suplementação dietética de glutamina em dietas de aves’, *Nutritime Revista Eletronica*, 12(5), pp. 4320–4332.
53. Kerr, B. J. and Kidd, M. T. (1999) ‘ACID SUPPLEMENTATION OF LOW - PROTEIN

- BROILER DIETS: GLUTAMIC ACID AND INDISPENSABLE AMINO ACID SUPPLEMENTATION', *Journal of Applied Poultry Research*, 8, pp. 298–309.
54. Kim, W. K. (2019) 'DL – methionine can be replaced partially by phyto-additive without affecting growth performance , fat metabolism , and serum biochemistry in broilers', *The Journal of Applied Poultry Research*. Poultry Science Association Inc., 28(4), pp. 1013–1020. doi: 10.3382/japr/pfz062.
55. Kriseldi, R. *et al.* (2017) 'Effects of glycine and glutamine supplementation to reduced crude protein diets on growth performance and carcass characteristics of male broilers during a 41-day production period 1', *Journal of Applied Poultry Research*. Poultry Science Association Inc., 26(4), pp. 558–572. doi: 10.3382/japr/pfx030.
56. Lartey, F. M. and Austic, R. E. (2009) 'Phenylalanine hydroxylase activity and expression in chicks subjected to phenylalanine imbalance or phenylalanine toxicity', *Poultry Science*. Poultry Science Association, Inc., 88(4), pp. 774–783. doi: 10.3382/ps.2008-00370.
57. Leeson, S. and Summers, J. D. (2005) *COMMERCIAL POULTRY NUTRITION*. 3rd edn. Edited by Nottingham University Press. Nottingham: Nottingham University Press.
58. Lelis, G. R. *et al.* (2014) 'Digestible valine-to-digestible lysine ratios in brown commercial layer diets', *Journal of Applied Poultry Research*. Poultry Science Association Inc., 23(4), pp. 683–690. doi: 10.3382/japr.2014-00984.
59. Lima, L. M. B. *et al.* (2008) 'Efeitos dos níveis de energia , lisina e metionina + cistina sobre o desempenho e o rendimento de carcaça de frangos de corte', *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(8), pp. 1424–1432.
60. NRC (1994) *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th edn. Edited by National Academy of Sciences. Washington D.C.: National Academy of Sciences. Available at: <http://www.nap.edu/catalog/2114.html>%0AVisit.
61. Oliveira, H. P. *et al.* (2016) 'Relações treonina: Lisina em dietas para frangos de corte nas fases pré-inicial e inicial', *RCPA*, 18(2), pp. 93–100.
62. Ospina-Rojas, I. C. *et al.* (2012) 'Commercially available amino acid supplementation of low-protein diets for broiler chickens with different ratios of digestible glycine + serine : lysine', *Poultry Science*. Poultry Science Association Inc., 91(12), pp. 3148–3155. doi: 10.3382/ps.2012-02470.
63. Ospina-Rojas, I. C. *et al.* (2017) 'Leucine and valine supplementation of low-protein diets

- for broiler chickens from 21 to 42 days of age', *Poultry Science*. Poultry Science Association Inc., 96(4), pp. 914–922. doi: 10.3382/ps/pew319.
64. Pastore, S. M. *et al.* (2016) 'Relação treonina: lisina digestíveis na dieta de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade', *Revista Brasileira de Saude e Producao Animal*, 17(3), pp. 438–447.
65. Peter, C M Han, Y Boling-Frankenbach, S DParsons, C M e Baker, D H 2000, 'Limiting order of amino acids and the effects of phytase on protein quality in corn gluten meal fed to young chicks', *Journal of Animal Science*, 78, pp. 2150–2156.
66. Rosa, A P Pesti, G M Edwards, H M e Bakalli R 2001, 'Tryptophan Requirements of Different Broiler Genotypes', *Poultry Science*. Poultry Science Association Inc., 80(12), pp. 1718–1722. doi: 10.1093/ps/80.12.1718.
67. Sasse, C E e Baker, D H 1972, 'The Phenylalanine and Tyrosine Requirements and Their Interrelationship For the Young Chick', *Poultry Science*. Poultry Science Association Inc., 51(5), pp. 1531–1536. doi: 10.3382/ps.0511531.
68. Takeara, P Toledo, E R S Gandra, R Albuquerque, M A e Neto, T 2010, 'Lisina digestível para frangos de corte machos entre 12 e 22 dias de idade', *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 62(6), pp. 1455–1461.
69. Urdaneta-Rincon, M Lange, K Peña-Ortega, L e Leeson, S 2005, 'Lysine requirements of young broiler chickens are affected by level of dietary crude protein', *Canadian Journal of Animal Science*, p. 11.
70. Waguespack, A M Powell, S Bidner, T D e Southern, L L 2009, 'The glycine plus serine requirement of broiler chicks fed low-crude protein , corn-soybean meal diets 1', *Journal of Applied Poultry Research*. Poultry Science Association Inc., 18(4), pp. 761–765. doi: 10.3382/japr.2009-00062.
71. Waldroup, P W Jiang, Q e Fritts, C A 2005, 'Effects of Supplementing Broiler Diets Low in Crude Protein with Essential and Nonessential Amino Acids', *International Journal of Poultry Science*. Science Alert, 4(6), pp. 425–431. doi: 10.3923/ijps.2005.425.431.
72. Yuan, J Karimi, A Zornes, R Goodgame, S Mussini, F Lu, C e Waldroup P 2012, 'Evaluation of the role of glycine in low-protein amino acid-supplemented diets 1', *Journal Name Poultry Science*, 21, pp. 726–737. doi: 10.3382/japr.2011-00388.

