

ROSANA CARDOSO MAIA

**AMINOÁCIDOS DE CADEIA RAMIFICADA E SUAS RELAÇÕES COM
LISINA DIGESTÍVEL PARA FRANGOS DE CORTE**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2013

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

T

M217a
2013

Maia, Rosana Cardoso, 1987-

Aminoácidos de cadeia ramificada e suas relações com lisina
digestível para frangos de corte / Rosana Cardoso Maia. –
Viçosa, MG, 2013.
xvii, 81f. : il. ; 29cm.

Inclui anexo.

Inclui apêndice.

Orientador: Horácio Santiago Rostagno

Dissertação (mestrado) - Universidadé Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Valina. 2. Isoleucina. 3. Leucina. 4. Aminoácidos.
5. Frango de corte - Alimentação e rações. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia. II. Título.


CDD 22. ed. 636.50855

ROSANA CARDOSO MAIA

**AMINOÁCIDOS DE CADEIA RAMIFICADA E SUAS RELAÇÕES COM
LISINA DIGESTÍVEL PARA FRANGOS DE CORTE**

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

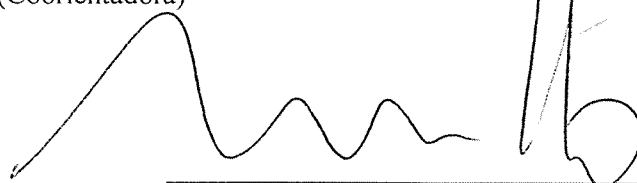
APROVADA: 19 de fevereiro de 2013.



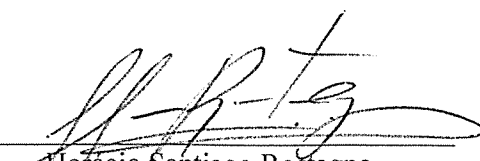
Melissa Zabel Hannas
(Coorientadora)



Luiz Fernando Teixeira Albino
(Coorientador)



Ramalho José Barbosa Rodrigueiro



Horácio Santiago Rostagno
(Orientador)

Dedico...

... À Deus pela presença constante em minha vida,
Aos meus pais, Marcos e Maria, pelo amor, apoio e confiança
Aos meus irmãos Ju, Paulinho e Luizinho pelo carinho e paciência
Ao meu noivo Matheus por estar sempre ao meu lado
Às amizades conquistadas nesta grande jornada...

“Dificuldades e obstáculos são fontes valiosas de saúde e força para qualquer sociedade.”

Albert Einstein

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

“Aquilo que você está vivendo, o peso que você está carregando, não é nada comparado à alegria que te espera”

Pe. Fábio de Melo

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização do curso.

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

Ao professor Horácio Santiago Rostagno pela orientação, ensinamentos, paciência e confiança.

Aos professores coorientadores, professor Luiz Fernando Teixeira Albino, professora Melissa Izabel Hannas pela confiança, aprendizado e amizade, ao membro da banca examinadora Dr. Ramalho José Barbosa Rodrigueiro pela disponibilidade e o aceite do convite.

À minha família pelo apoio, carinho, compreensão, pelo amor incondicional que me incentiva a buscar a realização dos meus objetivos. Ao meu noivo, exemplo de generosidade, dedicação, compromisso. Te amo!

Aos amigos de trabalho e membros da equipe dos “Gurus da Experimentação”, estudantes de Pós-Graduação: Bruno Carvalho, Hέλvio, Diego Lescano, Victor, Davi, Neto, Gabriel, Rodrigo, Thony, Valdir, Rodolfo e estudantes de Graduação: Luana, Bruno Damaceno, Diego Ladeira e Bruna pelo convívio agradável, amizade, apoio e auxílio na realização desta pesquisa. Agradecimento especial à Sandra pela amizade, carinho, companheirismo e ensinamentos.

Ao grupo de estudo para o Doutorado, Amanda, Jorge, Jέssika e Tati os momentos de aperto que passamos juntos valeram para reforçar a amizade existente entre nós e que esta sempre permaneça acima de tudo. Todo apoio, amizade, confiança e companheirismo me ajudaram muito em mais esta etapa de minha vida. Muito Obrigada gente!!!

Aos meus amigos Zootecnistas, Érika Figueiredo, Marcus Vinicius, Ana Lúcia, Guisela, Eric Balbino, Camila S., Laura Prado e Rafael Vianna, obrigada pelo carinho, apoio e amizade em todos os momentos.

Às minhas amigas em Belo Horizonte, Letícia, Guilherme, Evandro, Audrey, Clever, Ângela, Inha, Êmile e Mayara Beatriz agradeço a compreensão, companheirismo e amizade

Aos funcionários do Setor de Avicultura da UFV, em especial ao Adriano, Elísio, José Lino e Mauro Godoi pelo auxílio na condução da pesquisa.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, em especial ao Monteiro.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial à Fernanda, Venâncio, Rosana (Xará), Celeste, Mario e Edson pelo apoio e incentivo aos estudos.

Aos demais professores, colegas e funcionários do Departamento de Zootecnia que de alguma forma contribuíram para a conclusão de mais uma etapa em minha vida.

Muito Obrigada!!

BIOGRAFIA

Rosana Cardoso Maia, filha de Marcos Antônio Maia e Maria Fontana Cardoso Maia, nasceu em Belo Horizonte – MG, em agosto de 1987.

Em maio de 2006, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), concluindo-o em janeiro de 2011. No mesmo ano ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na UFV, em nível de Mestrado, na área de Nutrição e Produção de Monogástricos, submetendo-se à defesa de dissertação em 19 de fevereiro de 2013.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE ABREVIACÕES	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xvi
INTRODUÇÃO GERAL	1
1.0 REVISÃO DE LITERATURA	3
1.1 Nutrição proteica para frangos de corte	3
1.2 Proteína Ideal	5
1.3 Absorção e sistemas de transporte de aminoácidos neutros	7
1.4 Aminoácidos de cadeia ramificada	9
1.5 Isoleucina	12
1.6 Valina	14
1.7 Leucina	15
1.8 Referências Bibliográficas	19
 CAPÍTULO 1	
 2.0 RELAÇÕES DE LEUCINA, DE ISOLEUCINA E DE VALINA	
DIGESTÍVEIS COM LISINA DIGESTÍVEL SOBRE O DESEMPENHO E O	
RENDIMENTO DE PEITO EM FRANGOS DE CORTE	
2.1 Introdução	23
2.2 Material e Métodos	24
2.3 Resultados e Discussão	26
2.4 Conclusão	30
2.5 Conclusão	38
2.5 Referências Bibliográficas	39

CAPÍTULO 2

3.0 RELAÇÕES DE LEUCINA, DE ISOLEUCINA E DE VALINA DIGESTÍVEIS COM LISINA DIGESTÍVEL SOBRE A DIGESTIBILIDADE ILEAL APARENTE DA PROTEÍNA BRUTA E DOS AMINOÁCIDOS PARA FRANGOS DE CORTE	42
3.1 Introdução	43
3.2 Material e Métodos	45
3.3 Resultados e Discussão	50
3.4 Conclusão	66
3.5 Referências Bibliográficas	67
CONCLUSÃO GERAL	69
APÊNDICE	70
ANEXO	80

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Estrutura química da Isoleucina	12
FIGURA 2 – Estrutura química da Valina	14
FIGURA 3 – Estrutura química da Leucina	15
FIGURA 4 - Modelo do mecanismo pelo qual insulina e leucina /AA regulam a tradução do RNAm no citosol de células eucarióticas	18

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 Comparação das relações de aminoácidos na proteína ideal estimada por diversos autores	.....6
TABELA 2.1 Descrição dos tratamentos experimentais.	.....27
TABELA 2.2 Composição da ração basal	.....28
TABELA 2.3 Suplementação dos BCAAs na dieta basal para frangos de corte de 14-23 dias de idade.	.....29
TABELA 2.4 Aminoácidos totais (%) calculados e analisados do tratamento 1 (T1) – níveis normais de leucina, isoleucina e valina e tratamento 8(T8) –níveis em excesso de leucina, isoleucina e valina.	.....30
TABELA 2.5 Ganho de peso médio (g), consumo de ração (g) e conversão alimentar para frangos de corte machos de 14 a 23 dias de idade.	.....32
TABELA 2.6 Peso do peito com osso (g), peso do peito sem osso(g), rendimento de peito com osso (%) e rendimento de peito sem osso (%) em frangos de corte de 14 a 23 dias de idade, alimentados com dietas contendo diferentes relações de isoleucina, leucina e valina digestível.	.....36
TABELA 3.1 Descrição dos tratamentos experimentais.	.....45
TABELA 3.2 Composição da ração basal	.....48
TABELA 3.3 Suplementação dos BCAAs na dieta basal para frangos de corte de 14-23 dias de idade.	.....49
TABELA 3.4 Aminoácidos totais (%) calculados e analisados do tratamento 1 (T1) – níveis normais de leucina, isoleucina e valina e tratamento 8 (T8) –níveis em excesso de leucina,	.....50
TABELA 3.5a Valores de coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e dos aminoácidos para frangos de corte	.....52

TABELA 3.5b Valores de coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e dos aminoácidos para frangos de corte	.....	53
TABELA 3.6 Desdobramento da interação isoleucina x valina dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e aminoácidos	.....	55
TABELA 3.7 Desdobramento da interação isoleucina x leucina dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e aminoácidos.	.....	57
TABELA 3.8 Desdobramento da interação valina x leucina dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e aminoácidos.	.....	57
TABELA 3.9 Desdobramento da interação tripla leucina x valina x isoleucina dentro de níveis de isoleucina e valina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da isoleucina.	.....	58
TABELA 3.10 Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de isoleucina e valina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da leucina.	.....	59
TABELA 3.11 Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de isoleucina e valina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da metionina.	.....	59
TABELA 3.12 Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de isoleucina e valina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da valina.	.....	59
TABELA 3.13 Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de leucina e isoleucina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da isoleucina	.....	60
TABELA 3.14 Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de leucina e isoleucina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da leucina.	.....	60
TABELA 3.15 Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de leucina e isoleucina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da valina.	.....	61
TABELA 3.16 Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de leucina e isoleucina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da metionina.	.....	61
Tabela 3.17 Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de valina e leucina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da isoleucina	.....	62

Tabela 3.18 Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de valina e leucina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da leucina.	.....62
Tabela 3.19 Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de valina e leucina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da valina	.....62
Tabela 3.20 Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de valina e leucina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da metionina.	.....63

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

BCAA	Branched Chain Amino Acid
Dig.	Digestível
Leu	Leucina
Ile	Isoleucina
Val	Valina
Lis	Lisina
CDIap	Coeficiente de digestibilidade Ileal aparente
FI	Fator de Indigestibilidade
CIA	Cinza Insolúvel em cido
RNA _m	ácido ribonucléico mensageiro
mTOR	Proteína alvo da rapamicina em mamíferos
GH	Hormônio do Crescimento
IGF-1	Fator de crescimento similar  insulina tipo 1

RESUMO

MAIA, Rosana Cardoso, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2013. **Aminoácidos de cadeia ramificada e suas relações com lisina digestível para frangos de corte.** Orientador: Horácio Santiago Rostagno. Coorientadores: Luiz Fernando Teixeira Albino e Melissa Izabel Hannas

Foram realizados dois experimento no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa a fim de avaliar diferentes relações leucina (Leu), isoleucina (Ile) e valina (Val) digestíveis com lisina (Lis) digestível sobre os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDIap) da proteína bruta e dos aminoácidos e o desempenho. Foram utilizados 512 frangos de corte, Cobb 500 machos, no período de 14 a 23 dias idade alojados em baterias metálicas e distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados por fileira de gaiola, e em arranjo fatorial 2x2x2 (duas relações Leu:Lis digestíveis (107 e 150%), duas relações Ile:Lis digestíveis (67 e 80%) e duas relações Val:Lis digestíveis (77 e 90%)), compondo 8 tratamentos, 8 repetições e 7 aves por unidade experimental. Os tratamentos foram: T1 = 107%, 67% e 77% ; T2 = 107%, 67% e 90% ; T3 = 107%, 80% e 77% ; T4 = 107%, 80% e 90% ; T5 = 150%, 67% e 77% ; T6 = 150%, 67% e 90% ; T7 = 150%, 80% e 77%; T8 = 150%, 80% e 90% . O nível de lisina das dietas experimentais foi calculado para ser 94% do valor recomendado por Rostagno *et al.* (2011), sendo utilizado o valor de 1,1%. Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade, foi utilizada a metodologia de coleta ileal com o uso da cinza insolúvel em ácido (CAI) como indicador ao nível de 1% na ração. Os tratamentos de 2 a 8 foram formados pela substituição de L-leucina, de L-valina e de L-isoleucina ao amido. Água e ração foram fornecidos à vontade. Ao final do experimento foram avaliados o ganho de peso, o consumo de ração, a conversão alimentar, o peso e rendimento de peito e analisados na dieta e na digesta ileal o conteúdo de aminoácidos, nitrogênio, matéria seca e CAI, para os cálculos dos CDIap da proteína bruta e dos aminoácidos. Não foi observado interação significativa entre as relações de valina, de isoleucina e de leucina ($P>0,05$) para os parâmetros de desempenho, de peso e de rendimento de peito. O aumento da relação de Leu/Lis digestível em 43% reduziu($P<0,0065$) o ganho de peso, piorou

($P < 0,0050$) a conversão alimentar, entretanto não afetou o consumo de ração, o peso e o rendimento do peito. O aumento da relação de leucina, isoleucina ou valina digestíveis com lisina digestível em 13%, 13% ou 43% respectivamente, em dietas para frangos de corte, melhora o CDIap da proteína bruta e da maioria dos aminoácidos. A utilização do excesso de isoleucina em dietas com excesso de valina reduz o CDIap dos aminoácidos metionina, histidina, glicina, serina, alanina e ácido aspártico. O aumento das relações de isoleucina e valina em 13% nas rações associado aos níveis adequados de leucina prejudica a digestibilidade de leucina, valina e metionina, sendo a metionina também prejudicada pelo aumento de isoleucina em 13% associado ao aumento de leucina em 43% e níveis adequados de valina.

ABSTRACT

MAIA, Rosana Cardoso, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2013. **Levels of Leucine, Isoleucine and Valine in diet for broilers.** Adviser: Horácio Santiago Rostagno. Co-Advisers: Luiz Fernando Teixeira Albino and Melissa Izabel Hannas.

An experiment was conducted at the Poultry Unit of the Department of Animal Science, Federal University of Viçosa to evaluate different relationships leucine (Leu), isoleucine (Ile) and valine (Val) with digestible lysine (Lys) on performance and digestible coefficients apparent ileal digestibility (CDIap) of crude protein and amino acids. Were used 512 broiler chickens, Cobb 500 males, with 14 to 23 days old and housed in cages distributed in randomized complete block design with row of cage, and 2x2x2 factorial arrangement (two relationships Leu: Lys digestible (107 and 150%), two relations Ile: Lys digestible (67 and 80%) and two relations Val: Lys digestible (77 and 90%)), comprising 8 treatments, 8 replicates of 7 birds per experimental unit. The treatments were: T1 = 107%, 67% and 77%, T2 = 107%, 67% and 90%, T3 = 107%, 80% and 77%, T4 = 107%, 80% and 90%, T5 = 150%, 67% and 77%, T6 = 150%, 67% and 90%, T7 = 150%, 80% and 77%; T8 = 150%, 80% and 90%. The lysine level of experimental diets was calculated to be 94% of the recommended amount in Brazilian tables for poultry and swine (2011), by using the value of 1.1%. To determine the digestibility coefficients, we used the methodology of collecting ileal with the use of acid insoluble ash (CAI) as an indicator of the level of 1% in the diet. Treatments 2-8 were formed by the replacement of L-leucine, L-isoleucine and L-valine to the starch. Water and food were provided ad libitum. At the end of the experiment, weight gain, feed intake, feed conversion, weight and breast yield and analyzed the diet and ileal digesta content of amino acids, nitrogen, dry matter and CAI for the calculations of CDIap crude protein and amino acids. There was no significant interaction between the relations of valine, isoleucine and leucine ($P > 0.05$) for the parameters of performance, weight and breast yield. The increase in the ratio of Leu / Lys digestible in 43%, decrease ($P < 0.0065$) weight gain, worsened ($P < 0.0050$) feed conversion, however did not affect feed intake, weight income and chest. The increase ratio of leucine, isoleucine or valine with digestible lysine in 13%, 13% and 43% respectively in diets for broilers, improves CDIap crude protein and most amino acids. The use of excess isoleucine diets with excess

valine reduces CDlap of methionine, histidine, glycine, serine, alanine and aspartic acid. The increase ratios of isoleucine and valine by 13% in the feed associated with adequate levels of leucine impairs the digestibility of leucine, valine and methionine, which is also hampered by the increasing isoleucine 13% leucine associated with increased levels by 43% and suitable valine.

INTRODUÇÃO GERAL

A produção de frangos de corte no Brasil é um dos ramos da cadeia avícola que mais tem crescido nos últimos anos. A qualidade do produto e a facilidade de incorporação de novas tecnologias na atividade têm auxiliado no intenso desenvolvimento da produção.

O uso de linhagens de alto potencial genético quando associado ao avanço tecnológico da nutrição, ambiência, sanidade e manejo, têm favorecido a maior produção de carne por unidade de área e redução no tempo de alojamento das aves. No entanto, para otimizar a produção de carne com qualidade, se torna necessário adequar o suprimento de nutrientes de acordo com o potencial genético das aves e as condições ambientais da produção.

Dentre as áreas envolvidas na criação de frangos de corte, o maior impacto no custo da produção é a nutrição. Os custos com a alimentação constituem aproximadamente 70% dos custos de produção. Deste modo é constante a busca de alternativas para redução dos custos das rações e melhora no desempenho de frangos de corte. Entre as alternativas comumente conhecidas podemos citar a utilização de alimentos alternativos, o uso de enzimas em rações e o uso de formulação de ração utilizando o conceito de aminoácidos digestíveis e proteína ideal.

Durante muitos anos, as formulações de rações para aves foram baseadas no conceito de proteína bruta, o que resultou em dietas com conteúdo de aminoácidos deficientes ou acima do exigido pelos animais. Com a produção industrial de aminoácidos, as dietas passaram a ser formuladas com menor nível protéico e atendimento de aminoácidos mais próximos da exigência das aves, surgindo o conceito de proteína ideal.

Segundo Mitchell (1964), a proteína ideal é a combinação de aminoácidos capazes de atender sem excessos nem deficiências as necessidades de todos os aminoácidos requeridos para manutenção e produção dos animais. O requerimento dos aminoácidos pode ser estimado com base em um aminoácido referência, a lisina. Essa relação estabelecida entre os diferentes aminoácidos e a lisina é dinâmica, e irá depender de vários fatores como idade, estado fisiológico, temperatura do ambiente, desafios imunológicos entre outros.

A utilização de aminoácidos industriais nas rações tem incentivado pesquisas para conhecer as possíveis interações existentes entre os aminoácidos e seu efeito sobre a absorção, metabolismo, síntese e degradação protéica e antagonismo no organismo animal.

Os aminoácidos de cadeia ramificada (BCAA- *branched chain amino acids*) compreendem três aminoácidos neutros hidrofóbicos são eles a leucina, a isoleucina e a valina. (LAZZERI, D.B., 2011). Com estrutura química semelhante, estes aminoácidos, compartilham enzimas comuns para os processos de transaminação e descarboxilação oxidativa (HARPER *et al.* 1984). Grande parte das pesquisas com BCAAs estão relacionadas com o seu metabolismo e os efeitos da ingestão excessiva, especialmente a leucina.

A ocorrência de interação tem sido relatada em seres humanos e animais em resposta à ingestão desproporcional dos BCAAs, a suplementação de quantidade excessiva de leucina em dietas com baixo teor de proteína, deprimiu o crescimento, a ingestão de alimentos, bem como promoveu redução da associação de isoleucina e valina no corpo (HARPER *et al.*,1984). Por outro lado efeitos negativos no desempenho foram melhorados pela suplementação alimentar de pequenas quantidades de isoleucina e valina. Portanto, com a realização desta pesquisa, objetivou-se avaliar diferentes relações de leucina, de isoleucina e de valina digestíveis com lisina digestível sobre o desempenho, peso e rendimento de peito e a digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e dos aminoácidos em frangos de corte de 14 a 23 dias de idade.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Nutrição protéica para frangos de corte

Proteínas são macromoléculas que desempenham uma variedade de funções essenciais dinâmicas e estruturais nos animais. As funções dinâmicas incluem catálise de transformações químicas, transporte, controle metabólico e contração. Em suas funções estruturais, as proteínas compõem a matriz óssea, o tecido conjuntivo, o tecido muscular entre outras. Todos os diferentes tipos de proteína são polímeros de apenas 20 aminoácidos unidos através de ligações peptídicas. (NELSON & COX, 2011)

Dos nutrientes encontrados na ração, a proteína é o nutriente mais caro e é fundamental para um bom desempenho dos animais. A sua eficiência de utilização é dependente da quantidade, da composição e da digestibilidade de seus aminoácidos.

Diferentemente do que ocorre para os carboidratos e os lipídios, as proteínas não possuem um mecanismo de reserva de aminoácidos, portanto todo excesso de aminoácidos fornecidos na dieta são catabolizados. Segundo Dionízio (2005), o metabolismo do excesso de aminoácidos circulantes pode conduzir a maior gasto de energia para excretar esses aminoácidos, além de prover incremento calórico desnecessário, comprometendo o desempenho dos animais.

Durante muitos anos o suprimento das necessidades protéicas de frangos de corte era realizado através das formulações de ração com base na proteína bruta (PB). A terminologia PB refere-se ao seu procedimento de análise determinada nos laboratórios partindo da premissa de que toda proteína possui nitrogênio e este se faz presente em 16% da proteína. Portanto, o conceito de proteína bruta reúne um grupo de compostos com uma característica em comum, a presença de nitrogênio, porém com funções fisiológicas diferentes.

Schutte (1999), afirmou que as dietas ajustadas para obter o máximo desempenho utilizando proteína bruta como base, contém excesso de aminoácidos que poderiam prejudicar o desempenho das aves devido ao desequilíbrio aminoacídico. E todo o nitrogênio excretado pode resultar em problemas ambientais.

Desta forma tornou-se necessário conhecer a quantidade de aminoácidos presentes na proteína. O que passou a ser viável a partir da utilização de métodos de análise do conteúdo aminoacídico das diferentes matérias primas empregadas na nutrição animal.

Através destes avanços, os nutricionistas passaram a formular rações com base em aminoácidos totais. Porém, o emprego deste conceito também possui suas limitações, pois a utilização destes aminoácidos pelas aves depende da seqüência e das ligações químicas com outros aminoácidos presentes na molécula de proteína. Essa diferença na utilização dos aminoácidos pelos animais é medida através dos coeficientes de digestibilidade que quantificam a absorção a nível intestinal de determinado nutriente. A variação dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos depende principalmente da fonte protéica empregada e grau de processamento do ingrediente (BRITO,2007).

Rostagno *et al.*, (1995), verificaram que frangos de 1 a 42 dias de idade que receberam dietas formuladas a partir de aminoácidos totais, apresentaram redução no ganho de peso (3,94%), piora na conversão alimentar (3,35%) e menor produção de carne de peito (3,65%) quando comparados aos frangos que receberam dietas formuladas de modo a atender os requerimentos de aminoácidos digestíveis.

Devido à variação existente no desempenho das aves alimentadas com rações formuladas com aminoácido total, a utilização do conceito de aminoácidos digestíveis torna-se uma prática necessária para a obtenção de um adequado suprimento aminoacídico proporcionando o melhor desempenho das aves.

Com a produção dos aminoácidos industriais tem sido possível formular dietas adequadas à exigência dos animais, resultando em melhor aproveitamento dos nutrientes, redução dos custos de produção e menor produção de resíduos ambientais.

1.2 Proteína Ideal

Um dos avanços mais importantes na nutrição animal nos últimos anos foi a proposta do conceito de proteína ideal, que pode ser definida como uma combinação entre os aminoácidos essenciais na dieta com total disponibilidade de digestão e de metabolismo, capaz de atender sem excessos nem deficiências as necessidades absolutas de todos os aminoácidos necessários para a manutenção animal e máxima deposição protéica (MITCHELL, 1964, PARSONS & BAKER, 1994).

Segundo D'Mello (2003) a dieta pode fornecer os 20 aminoácidos, mas cerca da metade deles podem ser produzidos pelo animal, são os que chamamos de aminoácidos não essenciais, os outros aminoácidos que não são produzidos pelo animal ou são produzidos em taxas muito pequenas são denominados essenciais e sua presença na dieta é necessária para um adequado crescimento.

A aplicação do conceito de proteína ideal consiste em selecionar um aminoácido essencial como aminoácido referência e estabelecer as exigências dos outros aminoácidos essenciais como uma proporção desse aminoácido referência. A lisina é utilizada como aminoácido de referência, embora seja o segundo aminoácido limitante depois da metionina em dietas de frango de corte. (PACK, 1995)

A lisina foi estabelecida como referência para a exigência dos outros aminoácidos essenciais por possuir as seguintes características: é um aminoácido estritamente essencial, não havendo nenhuma via de síntese endógena; possui metabolismo orientado principalmente para deposição de proteína corporal (PARSONS & BAKER, 1994); a sua análise nos alimentos está em contínuo avanço, e muita informação existe sobre sua concentração e digestibilidade nos alimentos; existe grande quantidade de pesquisas e informações sobre as exigências de lisina para aves frente a uma variedade de dietas e condições ambientais.

Na tabela 1.1 são apresentadas algumas relações aminoácidos/lisina para frangos de corte encontradas na literatura.

Tabela 1.1 – Comparação das relações de aminoácidos na proteína ideal estimada por diversos autores

	1-21d			
	Han and Baker (1994)	NRC (1994)	Leeson and Summers (1997)	Rostagno <i>et al.</i> , 2011
Lisina	100	100	100	100
Metionina	36	45	40	39
Met+Cis	72	82	68	72
Treonina	67	73	58	65
Valina	77	82	67	77
Isoleucina	67	73	63	67
Leucina	109	109	117	107

Adaptado de Leeson & Summers 2001.

A utilização do conceito de proteína ideal apresenta vantagens, pois uma vez determinado a exigência de lisina, os outros aminoácidos são acrescentados nas formulações de acordo com a relação estabelecidas. Muitos trabalhos têm sido conduzidos buscando comparar as formulações de rações utilizando-se o conceito de proteína ideal e proteína bruta.

Araújo *et al.*, (2001), estudaram o efeito de dietas formuladas baseadas em proteína bruta versus proteína ideal para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. As dietas foram formuladas seguindo as recomendações da empresa Degussa (1997), sendo que a dieta formulada com base na proteína ideal apresentou a relação de aminoácidos digestíveis Lis:Met:Met+Cis:Tre em 100:48:77:60 respectivamente. Os autores verificaram maior ganho de peso e consumo de ração para as aves alimentadas com dietas formuladas à base de proteína ideal em comparação à base de proteína bruta, entretanto, sem alterar o índice de conversão alimentar.

Mendoza *et al.* (2001), ao avaliarem resposta de desempenho de frangos de corte sexados de 1 a 42 dias de idade, alimentados pelo conceito de proteína bruta em comparação a dietas formuladas pelo critério de proteína ideal verificaram que os parâmetros estudados foram influenciados positivamente, quando as dietas foram formuladas pelo conceito de proteína ideal, o que proporcionou melhores ganho de peso e eficiência alimentar, tanto para machos quanto para fêmeas na fase inicial e total, sendo similares nas demais fases.

1.3 Absorção e Sistemas de Transporte de Aminoácidos Neutros

A assimilação da proteína dietética envolve uma série de etapas que inicia no pró-ventriculo das aves e termina no transporte de aminoácidos e peptídeos pela membrana basolateral do intestino delgado (D'MELLO, 2003). A passagem da ingesta pelo pró-ventriculo, estimula a produção de ácido clorídrico (HCl) e pepsinogênio através das células principais. O meio ácido além de desnaturar proteínas provoca a ativação do pepsinogênio que se converte a pepsina, uma endopeptidase, que hidrolisa ligações peptídicas entre os aminoácidos leucina-valina, tirosina-leucina e fenilalanina-tirosina. (MACARI *et al.*, 2008)

No duodeno, as proteínas da ingesta sofrem ação das enzimas proteolíticas do pâncreas e do intestino. As principais enzimas proteolíticas do pâncreas são: tripsina, quimotripsina, carboxipeptidase A e B e elastase. A tripsina é ativada pela enteroquinase que é liberada na presença de proteínas parcialmente desnaturadas provindas do estômago mecânico a qual ativa os demais zimogênios liberados pelo pâncreas (quimotripsinogênio e procarboxipeptidase), estas enzimas ativadas reduzem as proteínas em oligopeptídeos e aminoácidos livres (SMITH, 1985).

Alguns oligopeptídeos com seis aminoácidos ou menos, são resistentes à hidrólise luminal. Assim, é necessária a ação das peptidases de membrana para a completa digestão protéica. Grande parte dos oligopeptídeos são reduzidos, nas microvilosidades, em tri e dipeptídeos, os quais após absorção, são hidrolisados no citosol do enterócito a aminoácidos livres, antes de serem lançados na corrente sanguínea (RUTZ, 2008) .

Os mamíferos, podendo também se estender para aves, possuem mais de 100 diferentes tipos celulares, desta forma como o esperado, existe uma considerável variação na necessidade e aporte de aminoácidos para as células e no complementar sistema de transporte de aminoácidos, que são expressos de acordo com a demanda de aminoácidos celulares. (MATTHEWS, 2000)

A absorção de aminoácidos e de peptídeos pelos enterócitos depende essencialmente dos sistemas de transportes presentes na borda em escova e na membrana basal do enterócito. Esta absorção ocorre por processos complementares, podendo ser transportados por mecanismos distintos como transporte passivo por

difusão simples, transporte passivo por difusão facilitada ou transporte ativo por co-transporte. (FRENHANI e BURINI, 1999)

Todo transportador necessita de energia para que ocorra a mudança de conformação com o conseqüente transporte do substrato. A energia necessária para este processo pode ser provinda diretamente de moléculas de ATP, ou indiretamente via energia derivada do próprio transporte do substrato pela membrana contra o gradiente químico ou eletrolítico e, algumas vezes, energia obtida pelo co-transporte de íons (Na^+ , K^+ , Cl^- e H^+). Nos mamíferos o transporte de aminoácidos e peptídeos ocorre por processo indireto. (MATTHEWS, 2000)

Os aminoácidos e peptídeos podem ser absorvidos sem auxílio de proteínas transportadoras, também chamada de transporte não mediado, este ocorre por difusão através dos canais na membrana celular, por vias paracelulares e/ou endocitose. Difusão é um evento que depende da concentração de substrato, enquanto endocitose envolve mecanismos de reconhecimento do substrato. Geralmente, a taxa de absorção de aminoácidos e peptídeos pelo transporte não mediado é bem menor que o transporte mediado, envolvendo proteínas transportadoras. (MATTHEWS, 2000)

Segundo Frenhani e Burini (1999), o transporte passivo por difusão simples é importante para equilibrar a concentração de aminoácidos transportados através da membrana, desta forma quando há aumento da concentração intracelular de aminoácido decorrente da absorção, ocorre o aparecimento do gradiente de concentração do aminoácido em relação ao sangue, responsável pela sua difusão pela veia porta.

Os aminoácidos alanina, fenilalanina, isoleucina, leucina, metionina, prolina, triptofano e valina compõem o grupo de aminoácidos hidrofóbicos neutros. Este grupo de aminoácidos é transportado pela borda em escova e membrana basolateral, através de transportadores em comum, sendo portanto passíveis de competição por sítios de ligação no transportador. (BROER, 2008)

Em geral os sistemas de transporte podem ser classificados de acordo com a afinidade dos carreadores, que são divididos em sistemas Na^+ -dependente (ativo) ou Na^+ -independente (facilitado). O sistema B, denominado sistema borda em escova neutra, é um sistema Na^+ -dependente, que transporta a grande maioria dos aminoácidos neutros através da membrana da borda em escova. Este transportador possui afinidade

por alguns aminoácidos na seguinte ordem: Met = Leu = Ile = Val > Gln = Asn = Phe = Cys = Ala > Ser = Gly = Tyr = Thr = His = Pro > Trp > Lys (BROER, 2008).

O sistema L, também presente na borda em escova, é um sistema Na⁺-independente, específico principalmente para os aminoácidos neutros hidrofóbicos, como leucina, isoleucina, valina, fenilalanina e metionina. Este sistema possui alta especificidade pelo aminoácido leucina em relação aos demais. Os sistemas Na⁺-independente na membrana basolateral se assemelham aos da borda em escova, com a presença do sistema L e do sistema asc, um outro tipo de transportador de aminoácidos neutros. (BARKER, G.A. & ELLORY, J.C., 1990)

Segundo Matthews (2000), a velocidade de absorção de aminoácidos neutros é maior que de aminoácidos básicos que por sua vez é maior que os aminoácidos aniônicos, enquanto que ao compararmos a velocidade de absorção de peptídeos em relação aos aminoácidos livres, verifica-se maior velocidade de absorção para os peptídeos. A maior taxa de absorção, pode estar relacionado ao maior aporte de peptídeos no intestino quando comparado ao aporte de aminoácidos livres e ao fato de se reduzir a competição do substrato pelo transportador na membrana celular.

Alguns sistemas de transporte foram identificados na membrana da borda em escova de frangos de corte, dentre eles, o sistema B, y⁺ e L. (TORRAS-LLORT *et al.*, 1996; SORIANO – GARCIA *et al.*, 1998). Foi observado que o transportador denominado y⁺, responsável pelo transporte de aminoácidos catiônicos nas demais espécies, foi capaz de transportar metionina, o que sugere a possibilidade deste em transportar outros aminoácidos neutros em frangos de corte.

1.4 Aminoácidos de Cadeia Ramificada

Os aminoácidos de cadeia ramificada, conhecidos como BCAA (*branched chain amino acids*) compreendem três aminoácidos neutros hidrofóbicos são eles leucina, isoleucina e valina. (LAZZERI, 2011).

Eles são semelhantes em estrutura e compartilham enzimas comuns para sua transaminação e descarboxilação oxidativa (HARPER *et al.* 1984). Grande parte das

pesquisas com BCAAs estão relacionadas com o seu metabolismo e os efeitos da ingestão excessiva, especialmente a leucina.

Uma considerável interação tem sido relatada em seres humanos e animais em resposta à ingestão desproporcional dos BCAAs, pois a adição de quantidades excessivas de leucina, a uma dieta com baixo teor de proteína, tem deprimido o crescimento, a ingestão de alimentos, e reduzido a associação de isoleucina e valina no corpo (HARPER *et al.*, 1984) sendo que os efeitos adversos foram melhorados pela suplementação alimentar de pequenas quantidades de isoleucina e valina.

Segundo Pelletier *et al.*, (1991), a alta ingestão de leucina, por seres humanos ou animais, aumentou a atividade da cetoácido desidrogenase de cadeia ramificada em vários tecidos, diminuindo assim as concentrações de valina e isoleucina no sangue e tecidos.

No intuito de avaliar a existência do antagonismo entre os aminoácidos de cadeia ramificada, Torres *et al.*, (1995), determinaram o efeito de diferentes concentrações de leucina no transporte, transaminação e oxidação de valina e sua incorporação nas proteínas de corações perfundidos de ratos. A taxa de transaminação e oxidação de valina em corações perfundidos com veículo contendo concentrações crescentes de leucina, reduziu em 37% e 53% respectivamente na presença de 0,2mmol / L-leucina e em 48% e 71% respectivamente quando a concentração de L-leucina foi de 1,0mmol. A concentração tecidual de valina diminuiu em 43, 48 e 62% na presença de 0,2, 0,5 e 1,0 mmol/L leucina respectivamente. Porém a adição de 0,2- 1,0 mmol/L leucina não afetou a incorporação de valina nas proteínas do coração.

Além da regulação na taxa de degradação dos demais aminoácidos de cadeia ramificada, a leucina tem apresentado importante papel biológico na qualidade da carne através da regulação dos níveis de glutamato livre (IMANARI *et al.*, 2007). A diminuição dos níveis dietéticos de leucina induziu à menor quantidade de leucina livre no plasma e músculo e a um aumento de glutamato livre na carne. O aumento do conteúdo de glutamato aprimorou os sabores umami, doce e azedo da carne (FUJIMURA *et al.*, 1995). Imanari *et al.*, (2008) estudaram o efeito de níveis dietéticos de leucina, isoleucina e valina para frangos de corte aos 28 dias de idade, sobre as propriedades sensoriais da carne e o conteúdo de glutamato livre no músculo. Foram utilizadas três dietas, a primeira com níveis normais dos BCAAs, a segunda com níveis elevados de leucina e normais de valina e isoleucina e a terceira com níveis elevados

dos três aminoácidos. Em comparação à dieta com alto nível de leucina, a utilização de níveis elevados dos três aminoácidos aumentou em 30% o conteúdo de glutamato livre na carne. Esses autores concluíram que a concentração de BCAAs regula o glutamato livre na carne e que em alguns casos o aumento do glutamato livre é mais efetivo pelo aumento, de valina e isoleucina que pela diminuição dos níveis de leucina na dieta.

A leucina pode estar envolvida também em processos de inibição de resposta imune, Aschkenasy (1978) estudou o efeito imunodepressivo causado pelo excesso dietético de leucina em ratos adultos e verificou que o peso corporal dos animais alimentados com dietas de baixa proteína e excesso de leucina quando adicionadas de isoleucina e valina eram superiores aos que foram alimentados com dietas de baixo nível protéico e excesso de leucina, porém não semelhantes à uma dieta de alto nível protéico. Verificou ainda que quando submetidos à injeção intraperitoneal de antígenos, os animais que receberam a dieta com excesso de leucina apresentaram menor peso absoluto do timo, o que mostrou a menor atividade deste órgão quando estimulado por agentes estressores.

Os efeitos negativos do excesso de leucina na dieta sobre o desempenho dos animais tem sido estudado por diversos autores, May *et al.*, (1991) avaliaram o excesso dietético de leucina para ratos verificaram que dietas com baixo nível protéico e excesso (suplementação de 10%) de leucina reduziram o desempenho dos animais. A adição de 2,6% de isoleucina e 2,4% de valina na dieta com 10% de leucina, não foi o suficiente para recuperar a queda no desempenho desses animais. Wiltafsky, *et al.*,(2010) estudaram o impacto do excesso dietético de leucina para suínos em crescimento de 8 a 25 kg, sobre o desempenho, metabólitos sanguíneos, transcrição e cinética enzimática verificou que o aumento dietético de leucina reduziu o desempenho e aumentaram os níveis de leucina plasmática e α -ceto-isocaproato (cetoácido da leucina) linearmente. Observaram também aumento linear da atividade da BCAA desidrogenase basal no fígado. No tecido hepático, os níveis de mRNA do receptor do hormônio de crescimento (GH), da subunidade do fator de crescimento similar a insulina I (IGF-I) reduziram significativamente com o aumento da leucina dietética.

1.5 Isoleucina

A constante redução dos níveis protéicos das rações e suplementação com aminoácidos industriais tem sido realizada principalmente para reduzir custos e diminuir a excreção de nitrogênio. À medida que aumenta a limitação de proteína na dieta alguns aminoácidos tornam-se limitantes, e estes necessitam ser adicionados às dietas.

Atualmente a treonina é o terceiro aminoácido limitante em dietas para aves formuladas à base de milho e farelo de soja (KIDD *et al.*, 1999). Neste contexto busca-se a determinação do quarto aminoácido limitante para aves, visto que a composição da dieta é o principal fator de impacto na determinação deste aminoácido. (DOZIER III *et al.*, 2011).

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, 2009). (figura 1)

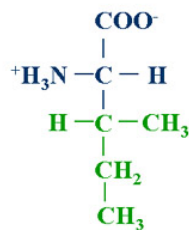


Figura 1 – Estrutura da Isoleucina

A quantidade de isoleucina em grãos de cereais (milho, sorgo e trigo), farelo de soja e farinhas de origem animal indicam a possibilidade de este ser o próximo aminoácido limitante depois da treonina. Entretanto, a inclusão de ingredientes na dieta que tenham uma quantidade relativamente menor em valina, triptofano e arginina em relação à isoleucina pode mudar a ordem de limitação deste aminoácido. (KIDD e BURNHAM, 2004).

Segundo Rostagno et al.,(2011), o milho (7,88%) , o farelo de soja (45%) e a farinha de carne e ossos (38%) possuem 0,24, 1,92 e 0,74% de isoleucina digestível respectivamente, enquanto que o conteúdo de valina digestível é de 0,33 , 1,97 e 1,21% respectivamente. Portanto a utilização de alimentos de origem animal provoca uma limitação nas quantidades de isoleucina, sendo este aminoácido definido como o quarto limitante nestas dietas e não mais a valina.

Fernandez *et al.*, (1994) trabalharam com frangos de 8 a 21 dias de idade para a determinação de quais aminoácidos são limitantes em uma dieta à base de milho e farelo de soja. Os autores reduziram a suplementação de aminoácido um por um, utilizando o método da deleção, e avaliou-se ganho médio diário e eficiência alimentar das aves. Eles confirmaram que metionina, lisina e treonina foram os primeiros limitantes para o desempenho de frangos de corte enquanto que, para eficiência alimentar a valina foi o quarto seguido de arginina e triptofano.

Dozier III *et al.*,(2011) realizaram estudo para a determinação do quarto aminoácido limitante para frangos de corte machos da linhagem Ross de 28 a 42 dias de idade recebendo dieta à base de milho, farelo de soja e subprodutos avícolas. Foram avaliados diferentes relações de isoleucina: lisina digestível (57, 62 e 67%) e valina:lisina digestível (66, 71 e 76%). Os autores verificaram que frangos alimentados com dietas com 62% ile:lis dig e 76% val:lis dig, apresentaram pior conversão alimentar e maior consumo de ração. Ao comparar o efeito da adição de isoleucina (62% para 67%) em dietas contendo 71% de val:lis dig para ganho de peso em frangos de corte, não foi observada diferença significativa, entretanto, ao adicionar valina (71% para 76%) em dietas contendo 62% de ile:lis dig foi observada melhora significativa de ganho de peso. Estes autores sugeriram a existência de uma co-limitação entre a isoleucina e valina para crescimento em dietas à base de milho, farelo de soja e subprodutos avícolas.

Peganova & Eder (2002), avaliaram a tolerância de poedeiras Lohmann Brown de 24 semanas de idade à suplementação em excesso de isoleucina. O estudo mostrou que o excesso de isoleucina (1,05%) levou à perda de peso e redução da massa de ovos linearmente com o aumento da isoleucina. O peso corporal se mostrou mais sensível ao excesso de isoleucina do que o consumo de ração. Os autores sugerem que o excesso de isoleucina pode ter causado deficiência de outros aminoácidos, presumivelmente valina e leucina, para o sítio de síntese da proteína.

1.6 Valina

A valina possui estrutura e função semelhante à isoleucina e leucina, é um aminoácido alifático (figura 2), hidrofóbico, que se encontra em quase totalidade no interior das proteínas. (DUARTE, 2009).

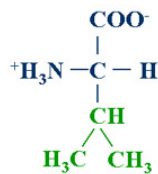


Figura 2 – Estrutura da Valina

Devido à sua baixa concentração nos grãos utilizados na formulação de dietas, a valina se torna o quarto aminoácido limitante em dietas à base de milho e farelo de soja. Essa limitação se torna ainda maior na fase de crescimento e final, onde ocorre maior participação dos grãos e a redução no teor protéico da ração.

Corzo *et al.*, (2004), estudaram as exigências de valina para frangos de corte machos (Ross) de 42 a 56 dias de idade. A dieta experimental à base de milho, farelo de soja e glúten de milho possuía 17% de proteína bruta, 3250kcal/kg e 0,6% de valina digestível e os demais aminoácidos foram adicionados acima das exigências das aves. Foram realizadas adições de 0,07% de L-valina em substituição ao ácido glutâmico até o nível de 0,81% valina total. A quantidade de valina, obtida pela análise de regressão, que maximizou o ganho de peso foi de 0,72% enquanto que 0,73% otimizou a conversão alimentar. Os autores concluíram que o nível de 0,73% de valina total (0,67% valina digestível) deve ser indicado para frangos de corte de 42 a 56 dias de idade.

Corzo *et al.*, (2007) desenvolveram trabalhos com a finalidade de validar a limitação de valina em dietas para frangos de corte utilizando produtos de origem vegetal e subsequentemente quantificar a relação valina:lisina digestível para frangos de corte Ross de 21 a 42 dias de idade. A adição de valina em dietas deficientes de outros aminoácidos (Isoleucina, arginina e glicina) aumentou o ganho de peso e diminuiu o peso de gordura abdominal e porcentagem de gordura abdominal, resultados

semelhantes à ração controle, o qual fornecia todos os aminoácidos na exigência das aves. A relação encontrada de valina:lisina digestível por estes autores foi de 74 a 78%.

Berres *et al.*, (2011), realizaram trabalhos para estimar o nível de valina dietética capaz de otimizar o desempenho de frangos de corte de 21 a 42 dias de idade. Para compor os tratamentos foi utilizada uma dieta basal milho e farelo de soja, com incrementos de 0,6% de valina digestível. A relação valina:lisina digestível encontrada pelos autores foi de 77 e 76% para ganho de peso e conversão alimentar respectivamente.

Algumas pesquisas têm sido desenvolvidas de modo a avaliar a intensidade do antagonismo existente entre os aminoácidos de cadeia ramificada. Gloaguen *et al.*, (2011), com objetivo de avaliar a desempenho de leitões a sexta semana de idade à suplementação de valina combinada com isoleucina e leucina, demonstraram que o desempenho foi significativamente inferior quando utilizada a relação de valina:lisina digestível de 60% em relação à 70%. Com o aumento da relação de leucina:lisina digestível de 111% para 165% em dietas com 60% de valina:lisina digestível os animais apresentaram significativamente menor peso final, menor consumo de ração, menor ganho diário e pior eficiência alimentar.

1.7 Leucina

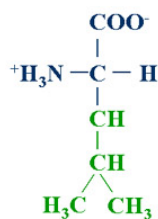


Figura 3 – Estrutura da Leucina

A leucina, assim como os demais aminoácidos de cadeia ramificada, é também um aminoácido hidrofóbico e alifático (figura 3). Mas ao contrário da isoleucina e valina, a leucina está presente em altas quantidades nos cereais e ingredientes comumente encontrados nas rações para frangos de corte. A soja, o principal alimento protéico

utilizado nas rações possui baixos teores de valina e isoleucina (1,97 e 1,92%) quando comparados com leucina (3,19%) (ROSTAGNO *et al.*, 2011)

A leucina, mais do que valina ou isoleucina, contribui significativamente para o aumento do catabolismo dos demais BCAAs. Todo processo de início de catabolismo de aminoácidos é realizado através de uma reação de transaminação, ou seja ocorre a retirada do grupamento amino da molécula, no caso dos BCAAs a via de catabolismo é a mesma nos dois primeiros estágios. A primeira reação é catalisada pela aminoácido de cadeia ramificada transferase (BCAT), o que gera α -cetoácidos, que serão descarboxilados por um complexo multienzimático chamado α -cetoácidos de cadeia ramificada desidrogenase (BCKAD). Este passo é irreversível, altamente regulado e limitado pela taxa de catabolismo de BCAAs, (MAY *et al.*, 1991).

A atividade do complexo BCKAD é regulada por uma modificação covalente. A fosforilação de uma subunidade da BCKAD por uma específica BCKAD quinase, inativa o complexo, e a desfosforilação por uma específica fosfatase, causa a reativação (WILTAFSKY *et al.*, 2010).

O α -cetoisocaproato, α -cetoácido gerado a partir da transaminação de leucina, possui a capacidade de inibir uma BCKAD quinase, sendo portanto um estímulo para o catabolismo de BCAA (PAXTON e HARRIS,1982).

Pesquisas realizadas por Allen e Baker (1972), avaliaram o efeito do excesso dietético de leucina sobre a eficiência de utilização de valina e isoleucina para crescimento em frangos de corte de 8 a 14 dias de idade. Foram trabalhados níveis crescentes de L-valina nas rações com ou sem suplementação de L-leucina (0 e 3%). O aumento de leucina na dieta provocou redução linear da eficiência de utilização da valina.

Farran & Thomas (1990), avaliaram diferentes níveis de leucina, valina e isoleucina para frangos de corte com três semanas de idade. Foram realizados dois estudos no qual foi avaliado diferentes combinações entre valina, leucina e isoleucina. Os autores sugeriram que o nível de leucina nas dietas não deve exceder 1,16%. O que confirmou o trabalho de Farran, (1987), em que 1,16% de leucina foi suficiente para obter o ótimo crescimento durante o período inicial. As combinações de isoleucina e valina foram de 0,80 e 0,90% respectivamente para melhores resultados em ganho de peso e conversão alimentar.

A leucina não somente tem um papel como substrato para síntese protéica, mas também atua como um nutriente sinalizador que regula a síntese protéica em vários tecidos do corpo, incluindo músculo esquelético. A administração de leucina aumentou a síntese de proteína muscular esquelética em roedores (CROZIER *et al.*, 2005) e humanos (DRUMMOND E RASMUSSEN, 2008).

Foi estabelecido em estudos com mamíferos que a leucina ativa a maquinaria de tradução através da proteína alvo da rapamicina em mamíferos (mTOR), a principal quinase que é crucial para o crescimento celular (DU *et al.*, 2007). A mTOR é um componente central de dois complexos independentemente regulados: mTORC1 e mTORC2. A ativação do mTORC1 ocorre pela inibição de um potente inibidor de sua atividade, o complexo da esclerose tuberosa (TSC)2, pela fosforilação de uma proteína quinase (B). A partir da ativação do mTORC1 inicia-se o controle da síntese protéica diretamente pela ativação de três proteínas, a proteína quinase ribossomal S6, a proteína 1 ligante do fator de iniciação eucariótico 4E (4E-BP1) e o fator de iniciação eucariótico 4G (eIF4G). Estes promovem a tradução protéica facilitando o início do processo. A leucina pode ter efeito direto na síntese protéica pela inibição de uma subunidade α do fator de iniciação eucariótico 2 (Figura 4).

Escobar *et al.*, (2005), determinaram o efeito agudo de diferentes quantidades fisiológicas de leucina sobre a síntese de proteína do músculo esquelético em leitões recém-nascidos e observaram que a infusão de leucina estimula a síntese protéica de maneira dose dependente em uma hora. Para determinar se a habilidade de estimular a síntese muscular é específica da leucina, os autores compararam a resposta obtida para leucina com a resposta obtida pelos outros BCAAs, valina e isoleucina. Verificaram que a leucina é o principal aminoácido envolvido na síntese proteica. O estímulo da síntese da proteína muscular pela leucina, permaneceu por mais de uma hora, porém a resposta não foi mantida após duas horas de infusão.

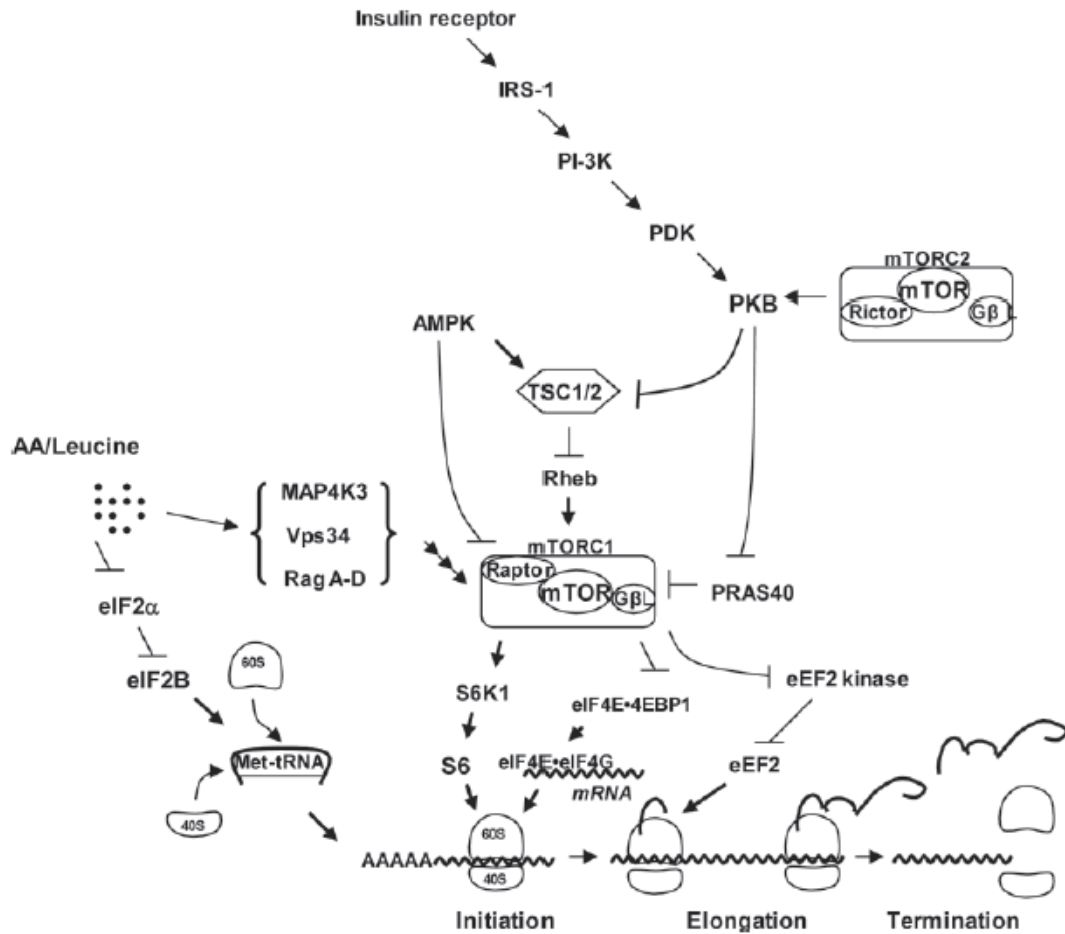


Figura 4 – Modelo do mecanismo pelo qual insulina e leucina /AA regulam a tradução do RNAm no citosol de células eucarióticas. IRS-1 = substrato receptor de insulina 1; PI-3K = fosfoinositide 3-quinase; PDK = fosfoinositide quinase dependente 1; PKB = proteína quinase B; MAP4K3 = proteína quinase 3 ativada por mitógenos; Vps34 = proteína vacuolar 34; eIF = fator de iniciação eucariótica; mTOR = proteína alvo da rapamicina em mamíferos; eEF2 = fator de elongação eucariótica 2; PRAS-40 = proline-rich Akt substrate 40kDa; Rheb = Ras homolog enriched in brain; TSC/2 = complexo da esclerose tuberosa; S6K1 = proteína quinase ribossomal S6 ; AMPK = proteína quinase ativado por adenosina monofosfato. (SURYAWAN *et al.*, 2011).

1.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN,N.K., AND D.H BAKER.. **Quantitative efficacy of dietary isoleucine and valine for chick growth as influenced by variable quantities of excess dietary leucine.** Poul. Sci. 51:1292 -1298. 1972

ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA, O.M. & ARAÚJO, C.S.S.. **Proteína Bruta e Proteína Ideal para Frangos de Corte no Período de 1 a 21 Dias de Idade.** Rev. Bras. Cienc. Avic. Campinas. Vol.3 n.2 p157-162. 2001

ASCHKENASY, A. **Prevention of the immunodepressive effects of excess dietary leucine by isoleucine and Valine in the Rat.** The journal of nutrition. 109: 1214-1222. 1978.

BARKER, G.A AND ELLORY, J.C.. **The identification of neutral amino acid transport systems.** Experimental Physiology , 75: 3-26. 1990

BERRES, J.; VIEIRA, S.L.; FAVERO, A. *et al.* **Digestible valine requirements in high protein diets for broilers from twenty-one to forty-two days of age.** Animal Feed Science and Technology. 165:120-124. 2011.

BRITO, C.O. **Avaliação de dietas formuladas com aminoácidos totais e digestíveis e estimativas do crescimento e da deposição de nutrientes em frangos de corte.** Tese. (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa. Departamento de zootecnia. Viçosa - MG. 169p. 2007.

BROER, S. **Amino Acid Transport Across Mammalian Intestinal and Renal Epithelia.** Physiol Rev 88: 249–286p. 2008.

CORZO, A. *et al.* **Marginality and needs of dietary valine for broilers fed certain all-vegetables diets.** J.Appl.Poult. Res. 16:546-554. 2007.

CORZO,A.; MORAN Jr, E.T.; HOEHLER,D. **Valine needs of male broilers from 42 to 56 days of age.** Poultry science. 83:946-951. 2004.

CROZIER,S.J. *et al.* **Oral leucine administration stimulates protein synthesis in rat skeletal muscle.** J. Nutr. 135: 376-382. 2005.

DIONÍZIO, M.A., *et al.* **Dietas com diferentes níveis de lisina para frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade – Efeito sobre a excreção de nitrogênio.** In: CONFERÊNCIA APINCO, 2005, Anais. Santos, p.105. 2005.

DEGUSSA FEED ADDITIVES. In: **Applied technology feed additives.** Hanau: Degussa AG, 1997.

DOZZIER III, W.A., *et al.* **Determination of the fourth and fifth limiting amino acid in broilers fed on diets containing maize, soybean meal and poultry by-product meal from 28 to 42d of age.** British Poultry Science. 52: 238-244. 2011.

DRUMMOND, M.J. E RASMUSSEN, B.B. **Leucine-enriched nutrients and the regulation of mammalian target of rapamycin signalling and human skeletal muscle protein synthesis.** *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 11:222-226. 2008

DU, M. *et al.* **Leucine stimulates mammalian target of rapamycin signaling in C2C12 myoblasts in part through inhibition of adenosine monophosphate-activated protein kinase.** *J. Anim. Sci.* 85: 919-927. 2007.

DUARTE, K.F. **Cr terios de avalia o das exigências em treonina, triptofano, valina e isoleucina para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade.** Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências agrárias e Veterinárias. Campus Jaboticabal. 118p. 2009.

D'MELLO, J.P.F. **Amino acid in farm animal nutrition,** 2^a ed. CABI, Wallingford. 440p. 2003.

ESCOBAR, J. *et al.* **Physiological rise in plasma leucine stimulates muscle protein synthesis in neonatal pigs by enhancing translation initiation factor activation.** *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 288: E914-E921. 2005.

FARRAN, M.T., **Branched-chain amino acids: Requirements and antagonism in the male broiler chick.** Ph.D. dess., University of Maryland, College Park, MD. 1987.

FARRAN, M.T. E THOMAS, O.P. **Dietary requirements of leucine, isoleucine and valine in male broilers during the starter period.** *Poult. Sci.* 69:757-762. 1990.

FERNANDEZ, S.R., *et al.* **Limiting order of amino acid in corn and soybean meal for growth of the chick.** *Poultry Science.* 73: 1887-1896. 1994.

FRENHANI, P.B. E BURINI, R.C. **Mecanismos de absor o de aminoácidos e oligopeptídeos. Controle e implica es na dietoterapia humana.** *Arq. Gastroenterol.* V.36, n.4, 227- 235p. 1999.

FUJIMURA, S., *et al.* **Identification of taste-active components in the chicken meat extract by omission test-involvement of glutamic acid, IMP and potassium ion.** *Animal Science and Technology,* 67: 423-429. 1995

GLOAGUEN, M. *et al.* **Response of piglets to the valine content in diet in combination with the supply of other branched-chain amino acids.** *Animal.* 5:11, pp 1734-1742. 2011.

HAN, Y.; BAKER, D.H. **Digestible lysine requirement of male and female broiler chicks during the period three to six weeks post hatching.** *Poultry Science.* 73:1739-1745. 1994.

HARPER, A.E., MILLER, R.H. AND BLOCK, K.P. **Branched chain amino acid metabolism.** *Ann. Rev. Nutr.,* 4:409-454. 1984.

IMANARI, M., KADOWAKI, M. & FUJIMURA, S. **Regulation of taste active components of meat by dietary leucine.** *British Poultry Science,* 48: 167-176. 2007.

IMANARI, M., M. KADOWAKI & DR S. FUJIMURA. **Regulation of taste-active components of meat by dietary branched-chain amino acids; effects of branched-chain amino acid antagonism.** British poultry science. 49:3, 299-307. 2008.

KIDD, M.T. *et al.*. **Threonine needs of finishing broilers: Growth, carcass and economic responses.** J. Appl. Poult. Res. 8:160-169 1999.

KIDD, M.T. BURNHAM, D.J. AND KERR, B.J. **Dietary isoleucine responses in male broilers chickens.** British Poultry Science. 45: 67-75. 2004.

LAZZERI, D.B . **Níveis de isoleucina digestível para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade estadual do oeste do Paraná. 64p. 2011.

LESSON,S. AND J.D SUMMERS. **Nutrition of the Chicken.** 4 th ed. University Books, Guelph, Ontario, Canada. 2001.

MACARI, M. , FURLAN, R.L. E GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte.** Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2 ed., 375p. 2008.

MATTHEWS, J.C. **Amino acid and peptide transport systems. Farm animal metabolism and nutrition.** 3-15 p. 2000.

MAY, R.C. *et al.* **Leucine-Induced Amino Acid Antagonism in Rats: Muscle valine metabolism and growth impairment.** J. Nutr. 121: 293-301. 1991.

MENDOZA, B. *et al.* **Performance of sexed broiler birds, submitted to diets formulated by the concepts of crude protein versus ideal protein.** Ciência Rural, Santa Maria, v.31, n.1, p.111-115. 2001.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Poultry.** 9th rev. ed. National academy Press, Washington, DC. 1994.

NELSON,D.L. AND COX, M.M. **Princípios de bioquímica de Lehninger.** Artmed. 5^a ed. 1271p. 2011.

PACK, M. **Proteína ideal para frangos de corte.** Conceito atual. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Curitiba, Anais.. p. 95- 110. 1995.

PARSONS, C.M.; BAKER, D.H. **The concept and use of ideal proteins in the feedings of nonruminants.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO-RUMINANTES, Maringá. Anais ... p 119-128. 1994.

PAXTON, R. & HARRIS, R.A. **Isolation of rabbit liver branched-chain 2-ketoacid dehydrogenase and regulation by phosphorylation.** J. Biol. Chem. 257:14433-14439. 1982.

PELLETIER, V. *et al.* **Branched-chain amino acid interactions with referenc to amino acid requirements in adult men valine metabolism at different leucine intakes.** Am J C/in Nuir. 54:395-401. 1991.

PEGANOVA, S., AND K., EDER. **Studies on requirement and excess of isoleucine in laying hens .** Poult. Sci. 81:1714-1721. 2002.

ROSTAGNO, H.S. E PUPA,J.M.R. **Diet formulation for broilers based on total versus digestible amino acids.** J. Appl. Poultry Res. 4:293-299. 1995.

ROSTAGNO, H.S. *et al.* **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 252p. 2011.

RUTZ, F. **Proteínas: Digestão e Absorção. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte.** Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2 ed., p 135-141. 2008.

SCHUTTE, J.B. **The ideal amino acid profile for laying hens and broiler chick.** In: MINI SIMPOSIO DE NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS. Viçosa. Anais. Viçosa, UFV: DZO, p1-6. 1999.

SMITH, E. L. HILL, R. L. **Principles of Biochemistry: Mammalian Biochemistry.** 7ed. Editora Guanabara Koogan. 626p. 1985.

SORIANO-GARCIA,J.F.; TORRAS-LLORT,M.; FERRER,R. E MORETÓ,M. **Multiple pathways for L-methionine transport in brush border membrane vesicle from chicken jejunum.** Journal of Physiology. P.527-539. 1998.

SURYAWAN, A. *et al.* **Triennial growth symposium: Leucine acts as a nutriente signal to stimulate protein synthesis in neonatal pigs.** J. Anim. Sci. 89: 2004-2016 . 2011

TORRES, N., A.R., TOVAR AND A.E. HARPER. **Leucine affects the metabolism of valine by isolated perfused rat hearts: relation to branched-chain amino acid antagonism.** The journal of nutrition. p 1884- 1892. 1995.

WILTAFSKY,M.K., PFAFFL, M.W. AND ROTH, F.X. **The effects of branched-chain amino acid interactions on growth performance, blood metabolites, enzyme kinetics and transcriptomics in weaned pigs.** British Journal of Nutrition. 103: 964-976. 2010.

CAPÍTULO I

RELAÇÕES DE LEUCINA, ISOLEUCINA E VALINA DIGESTÍVEIS COM LISINA DIGESTÍVEL SOBRE O DESEMPENHO E O RENDIMENTO DE PEITO DE FRANGOS DE CORTE

2.1 INTRODUÇÃO

A existência de antagonismo entre os três aminoácidos de cadeia ramificada (isoleucina, leucina e valina) é conhecida a partir de experimentos realizados com ratos (BENTON *et al.*, 1956). Este antagonismo é devido ao fato de que, além de compartilharem o mesmo sistema de transporte através das membranas celulares, esses três aminoácidos são degradados pelas mesmas enzimas (HARPER, 1984).

A valina é reconhecida atualmente como o quarto aminoácido limitante em dietas a base de milho e de farelo de soja para frangos de corte. Essa limitação se torna ainda mais importante na fase final de produção de frangos de corte quando o nível de proteína bruta da dieta é menor, e aumenta a participação do milho na ração (BERRES *et al.*, 2010).

As proporções relativamente baixas de isoleucina e de valina na proteína do milho são acompanhadas por alta concentração de leucina. Dietas com altos conteúdos de Leu têm sido responsáveis por um aumento das exigências de valina e de isoleucina em frangos em crescimento (D'MELLO & LEWIS, 1970; ALLEN & BAKER, 1972). Dietas deficientes em Val não somente impactam negativamente sobre o ganho de peso e a conversão alimentar, mas também causam anormalidades no desenvolvimento de penas e pernas (ROBEL, 1977; FARRAN & THOMAS, 1992B). Leclercq (1998), observou redução no desempenho zootécnico de frangos consumindo dietas reconhecidamente deficientes em Val, entretanto o autor não menciona anormalidades no desenvolvimento de penas e pernas. Desta forma, diferenças na expressão de deficiência de Val podem ser associadas à matéria-prima e ao nível de Leu empregados na dieta.

A síntese protéica muscular esquelética dos animais é modulada por diversos estímulos, dentre eles os aminoácidos (KIMBAL e JEFFERSON 2006b) e a secreção do hormônio insulina (THOMAS e HALL, 1997).

Dentre os aminoácidos, aqueles de cadeia ramificada (leucina, isoleucina e valina) constituem a principal fonte de energia para o tecido muscular esquelético. Mas

muito além da função energética, mais especificamente a leucina, é considerada um nutriente sinalizador que regula a síntese protéica em vários tecidos no corpo, incluindo o músculo esquelético.

Trabalhos utilizando mioblastos de mamíferos verificaram que a leucina ativa a maquinaria de tradução do RNA mensageiro, através da proteína alvo da rapamicina em mamíferos (mTOR), que é a enzima chave para o crescimento celular (DU *et al.*, 2007). Além desse efeito direto no mTOR, a Leu pode ativar a síntese protéica via aumento da secreção de insulina. Em aves foi verificado que a expressão da proteína alvo da rapamicina (TOR) pode variar de acordo com o músculo avaliado e densidade de nutrientes na dieta (WANG *et al.*, 2012), porém pouco se sabe do efeito dos BCAAs na expressão do TOR.

Os recentes avanços na nutrição de aves como a utilização de dietas formuladas no conceito de proteína ideal e suplementação com aminoácidos cristalinos incentivam a busca do entendimento das funções biológicas dos aminoácidos no ramo da produção animal bem como sua aplicabilidade. O fato da valina ser o quarto aminoácido limitante seguido por isoleucina nas formulações de ração a base de milho e de soja é um ponto crucial para se estudar as interações existentes entre os três aminoácidos de cadeia ramificada. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito de níveis normais e altos de leucina, isoleucina e valina sobre o desempenho e o rendimento de peito em frangos de corte de 14 a 23 dias de idade.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Esta pesquisa foi previamente aprovada pelo Comitê de Ética para Uso de Animais (processo n° 40/2012), estando de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, 1991) e com a legislação vigente.

Foram utilizados 512 frangos de corte, Cobb 500 machos, no período de 14 a 23 dias idade. Do 1° a 13° dia de idade as aves foram criadas em galpão de alvenaria dentro de círculos de proteção, recebendo ração pré-inicial formulada a base de milho e de farelo de soja atendendo as exigências propostas por Rostagno *et al.* (2011) e manejadas segundo manual da linhagem. Ao 14° dia de idade os pintos foram pesados e transferidos para baterias metálicas com compartimentos distribuídos em dois andares, dispostas em uma sala de 68 m², com pé-direito de 2,8 m. Cada bateria era composta por 32 gaiolas com bebedouro tipo nipple e um comedouro tipo calha. Na sala o aquecimento artificial foi realizado com três campânulas de três lâmpadas de infravermelho de 250w/campânula. Possuindo um peso médio inicial (14 dias) de 465g, as aves foram distribuídas utilizando um delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x2x2, com duas relações de BCAAs com lisina digestível (Lis dig), Ile:Lis dig (67 e 80%); Leu:Lis dig. (107 e 150%) e Val:Lis dig. (77 e 90%) contendo 8 tratamentos, 8 repetições e 7 aves por unidade experimental (tabela 2.1).

Durante todo o período experimental as aves receberam ração e água à vontade e diariamente foram registradas as temperaturas máximas e mínimas no interior das instalações, por meio de dois termômetros colocados na altura das aves localizados nos diferentes lados da instalação. O programa de luz utilizado nos dois experimentos foi o contínuo (24 horas de luz natural + artificial).

Tabela 2.1. Descrição dos tratamentos experimentais.

Tratamentos	Relação dos Aminoácidos (BCAAs Dig/Lys Dig)(%)		
	Leucina	Isoleucina	Valina
1	107	67	77
2	107	67	90
3	107	80	77
4	107	80	90
5	150	67	77
6	150	67	90
7	150	80	77
8	150	80	90

Foi utilizada uma ração basal a qual atendia as recomendações para pintos de corte na fase inicial (8 a 21 dias) segundo Rostagno *et al.*,(2011), exceto para lisina a qual foi calculada para ser 94% do valor recomendado, sendo utilizado o nível de 1,1% (tabela 2.2). As relações Leu dig., Ile dig. e Val dig na dieta basal foram formuladas para conter 107, 67 e 77%, respectivamente. As demais relações foram obtidas mediante a suplementação de, L-Leucina, L-Isoleucina e L-Valina em substituição ao amido (tabela 2.3).

As aves e as rações foram pesadas no início e ao final do experimento, para obtenção dos parâmetros de ganho de peso, de consumo de ração e de conversão alimentar dos 14 aos 23 dias de idade. Não ocorreram mortes durante o experimento.

Ao final do experimento todas as aves foram insensibilizadas por eletronarcose com corrente de 35mA, a frequência de 60 hertz e a voltagem variando de 28 a 60 vultz, através da imersão da cabeça em água por 7 segundos e posteriormente abatidas por sangria para a retirada do peito. Foram determinados o peso de peito com osso e sem osso e o rendimento de peito sem pele com osso e sem osso. Estes foram calculados em relação ao peso corporal das aves vivas.

Tabela 2.2 – Composição da ração basal

<i>Ingredientes</i>	<i>Ração Basal</i>	
Arroz Quirera	57,62	
Soja Farelo 45%	26,60	
Ac. Glutâmico	5,00	
Óleo de Soja	3,64	
Fosfato Bicálcico	1,735	
Cinza Ácida Insolúvel (Celite™)	1,000	
Calcário	0,815	
Sal Comum	0,419	
L-Lisina HCl (79%)	0,355	
DL-Metionina (99%)	0,359	
L-Treonina (98%)	0,180	
L-Arginina (98,5%)	0,040	
L - Histidina HCl (74%)	0,023	
L-Isoleucina(99%)	0,066	
L-Valina(99%)	0,123	
L-Leucina (99%)	0,000	
Glicina	0,267	
Bicarbonato de Sódio	0,100	
Premix ¹	0,465	
Amido	1,200	
Total	100,000	
<i>Composição</i>	<i>Calculada</i>	<i>Analisada</i>
Energ. Met., kcal/kg	3050,00	-
Proteína Bruta,%	20,91	20,56
Cálcio, %	0,819	-
Fósforo disponível, %	0,391	-
Sódio,%	0,210	-
Lisina total, %	1,189	1,084
Metionina+cistina total, %	0,921	0,813
Treonina total,%	0,811	0,792
Leucina Total, %	1,323	1,295
Isoleucina Total, %	0,831	0,755
Valina Total, %	0,969	0,914
Metionina+cistina digestível, %	0,803	-
Treonina digestível, %	0,715	-
Lisina digestível, %	1,100 (100)	-
Leucina digestível, %	1,177 (107)	-
Isoleucina digestível, %	0,737 (67)	-
Valina digestível, %	0,847 (77)	-

¹1g/kg de ração de Suplemento mineral contendo por kg de ração: Ferro – 55,0 mg; Cobre - 11,0 mg; Manganês - 77,0 mg; Zinco – 71,5 mg; Iodo - 1,10 mg; 1,6g/kg de ração de Suplemento vitamínico contendo por kg de ração: Vit. A - 8250 U.I.; Vit. D3 - 2090 U.I.; Vit. E - 31.0 U.I.; Vit. B1 - 2,20 mg; Vit. B2 - 5,50 mg; Vit. B6 - 3,08 mg; Vit. B12 - 0,013 mg; Ácido Pantotênico - 11,0 g; Biotina - 0,077 mg; Vit. K3 - 1,65 mg; Ácido Fólico - 0,77 mg; Ácido nicotínico - 33,0 mg; Selênio – 0,330 mg; 1,3g de Cloreto de Colina 60% / kg de ração; 0,1g de Butil-hidroxi-tolueno (BHT) /kg de ração; 0,55g de Coxistac: (Salinomicina sódica 12%)/kg de ração e 0,1g de Avilamicina/kg de ração.

Tabela 2.3 – Suplementação dos BCAAs na dieta basal para frangos de corte de 14 -23 dias de idade.

<i>Composição</i>								
Ingredientes/ Tratamentos	1	2	3	4	5	6	7	8
Amido	1,200	1,056	1,056	0,912	0,722	0,578	0,578	0,434
L-Leucina (99%)	-	-	-	-	0,478	0,478	0,478	0,478
L-Isoleucina (99%)	-	-	0,144	0,144	-	-	0,144	0,144
L-Valina(99%)	-	0,144	-	0,144	-	0,144	-	0,144
Total	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200

Os parâmetros de desempenho, de rendimento de peito e de peso de peito avaliados foram submetidos a Análise de Variância por intermédio do software SAS 9.0 (StatisticalAnalysis System) utilizando o teste F a 5% de probabilidade.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas médias mínimas e máximas registradas na sala durante o período experimental foram de $18,8^{\circ}\text{C}\pm 0,79$ e $24,6^{\circ}\text{C}\pm 0,6$, respectivamente. Estes valores sugerem que as aves foram criadas abaixo da temperatura média recomendada pelo manual da Cobb-Vantress (2009), para fase inicial (26°C). Não ocorreram mortalidades no período experimental.

A análise de aminoácidos do tratamento 1 e 8 estão contidas na tabela 2.4, os resultados indicam que de maneira geral os tratamentos experimentais apresentaram níveis de aminoácidos abaixo do calculado. A quantidade analisada de leucina, isoleucina e valina adicionada na dieta apresentou uma pequena variação em relação ao valor calculado. A quantidade adicionada de leucina e isoleucina variou em 10% do proposto enquanto a quantidade de valina variou em 2%.

Tabela 2.4 – Aminoácidos totais (%) calculados e analisados do tratamento 1(T1) – níveis normais de leucina, isoleucina e valina e tratamento 8 (T8) – níveis em excesso de leucina, isoleucina e valina.

Tratamentos/ AAs totais	Leucina	Isoleucina	Valina
<i>Valores Calculados</i>			
T1- (107% Leu; 67% Ile e 77% Val)	1,329	0,831	0,969
T8- (150% Leu; 80% Ile e 90% Val)	1,802	0,973	1,111
<i>Valores Analisados</i>			
T1- (107% Leu; 67% Ile e 77% Val)	1,295	0,755	0,914
T8- (150% Leu; 80% Ile e 90% Val)	1,719	0,912	1,059
Aminoácidos Adicionados	0,424	0,157	0,145

Os resultados de ganho de peso médio, de consumo de ração e de conversão alimentar de frangos de corte de 14 a 23 dias de idade alimentados com diferentes níveis dietéticos de leucina, isoleucina e valina encontram se na tabela 2.5.

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) para a interação das diferentes relações de leucina, de isoleucina e de valina sobre o desempenho de frangos de corte de 14 a 23 dias de idade. Era esperado que a adição de isoleucina e de valina em dietas com excesso de leucina reduzisse significativamente o efeito negativo provocado pela leucina, devido ao efeito de compensação causado pelo alto catabolismo de valina e isoleucina. Os resultados obtidos contrastam com resultados encontrados por Allen & Baker (1972), os quais avaliaram a eficácia de utilização de valina e de isoleucina, em dietas com altos níveis de leucina sobre o ganho de peso das aves de 8 a 14 dias de idade. Observou-se que tanto a valina quanto a isoleucina apresentaram eficácia de utilização níveis dependentes de leucina, sendo que, o excesso de leucina na dieta provocou uma redução quadrática para valina e redução linear para isoleucina. Verificaram também que em dietas para frangos de corte contendo 3% de L-leucina tem mostrado decréscimo da eficácia de utilização de isoleucina em 20%.

Dados na literatura são ainda contraditórios em relação ao efeito depressor do excesso de leucina frente a diferentes níveis de isoleucina e de valina para frangos de corte. O efeito não significativo desta interação neste experimento está de acordo com Dozier *et al.*, (2012) os quais utilizaram frangos de corte machos Ross de 26 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes relações isoleucina (62, 67 e 72%) e valina (74, 78 e 82%):lisina dig, e não observaram efeito significativo para interação no desempenho e nas características de carcaça. Contudo os autores verificaram efeito significativo para as médias de valina, na qual a relação de 82% apresentou aumento em 4,2% no ganho de peso, melhora de 2,0% na conversão alimentar e redução de 2,2% no rendimento de peito em detrimento às outras duas relações avaliadas.

Apesar do efeito não significativo ($P < 0,05$) para interação, ao estudar a variável ganho de peso ($P < 0,0926$) verifica-se que a adição do excesso de valina em dietas com níveis normais de isoleucina e alto de leucina foi capaz de recuperar o ganho de peso, provocado pelo efeito negativo do excesso de leucina, em cerca de 2,8%, porém não sendo verificado o mesmo resultado quando estudado a adição de valina em dietas com excesso de leucina e isoleucina. O que demonstra que o excesso dos três aminoácidos se mostrou prejudicial no ganho de peso.

Tabela 2.5 – Ganho de peso médio (g), consumo de ração (g) e conversão alimentar de frangos de corte machos no período de 14 a 23 dias de idade.

Relação AA dig :Lisina dig			Ganho de Peso (g)	Consumo de Ração (g)	Conversão Alimentar
Leu	Ile	Val			
107	67	77	630,4	904,9	1,438
107	67	90	627,6	902,8	1,440
107	80	77	625,4	901,8	1,443
107	80	90	631,8	900,4	1,426
150	67	77	608,9	895,8	1,474
150	67	90	626,5	916,3	1,465
150	80	77	613,8	896,6	1,463
150	80	90	602,3	882,6	1,467
Isoleucina					
	67		623,3	904,9	1,454
	80		618,3	895,3	1,449
Leucina					
	107		628,7a	902,5	1,436a
	150		612,9b	897,8	1,467b
Valina					
	77		619,6	899,8	1,454
	90		622,1	900,5	1,449
Coeficiente de Variação			3,60	2,39	2,84
Fonte de variação				P-Valor	
Leu			0,0065	0,3920	0,0050
Ile			0,3726	0,0804	0,6582
Val			0,6648	0,8948	0,6415
Leu x Ile			0,4118	0,2099	0,9912
Leu x Val			0,9145	0,6439	0,8597
Ile x Val			0,3769	0,1229	0,8777
Leu x Ile x Val			0,0926	0,1082	0,4399

(a,b) – Valores médios na mesma coluna seguidos por letras diferentes, diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

Em rações com níveis de valina e de isoleucina recomendados por Rostagno *et al.*, (2011), a adição de leucina reduziu ($P < 0,05$) 3,4% o ganho de peso. Esta redução foi minimizada quando foi utilizada a relação de 90% de valina ou de 80% de isoleucina. Resultados semelhantes foram obtidos por Farran *et al.*, (2003), que trabalharam com rações com dois níveis de isoleucina, leucina e valina para frangos de corte com 21 dias de idade. Rações com alto nível de leucina e níveis baixos de isoleucina e valina, retardaram o crescimento e o consumo de ração. Em contrapartida, Farran *et al.* (2003) observaram a recuperação destas duas variáveis quando a valina e a isoleucina foram adicionadas simultaneamente em 40% acima das exigências do NRC (1994). Os mesmos resultados foram encontrados por D'mello & Lewis (1970), que trabalhando com frangos de corte de 1 a 21 dias de idade verificaram que a adição de 1,5% de L-Leucina em uma dieta basal com níveis limitantes de isoleucina (0,56%), retardou o crescimento das aves e piorou da eficiência alimentar. Estes parâmetros foram melhorados com a adição de 0,25% de L-Isoleucina. Porém semelhante aos resultados obtidos neste estudo, os autores não observaram efeito principal significativo dos níveis de isoleucina sobre as variáveis ganho de peso, consumo de ração e eficiência alimentar.

Não foi verificada interação dos níveis de leucina e de isoleucina, resultado semelhante foi verificado por Kidd *et al.* (2004) que ao trabalhar em diferentes níveis de isoleucina para frangos de corte, utilizando células sanguíneas (que possuem baixo teor de isoleucina, porém altos níveis de leucina) o que provocou aumento da concentração deste aminoácido nas dietas. Entretanto os autores observaram que os níveis dietéticos de leucina não interferiram nos resultados obtidos para desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de isoleucina.

A incapacidade dos excessos de valina e isoleucina reduzirem o efeito negativo causado pelo excesso de leucina pode estar relacionada além da intensificação do catabolismo dos aminoácidos valina e isoleucina desencadeado pelo α -cetoácido da leucina via ativação da enzima descarboxilase, à ocorrência de maior competição por transportadores tanto da mucosa como à nível celular para síntese protéica.

Dentre os sistemas de transportadores de aminoácidos presentes na mucosa, destaca-se o sistema L, que apesar de transportar aminoácidos hidrofóbicos em geral, possui uma alta especificidade pela leucina (BROER, 2008). Portanto, o aumento dos níveis dietéticos de leucina, possivelmente aumentou a captação deste aminoácido em

detrimento dos demais, o que pode ter provocado a ausência do efeito do excesso de valina e isoleucina.

O aumento da relação leucina digestível em dietas para frangos de corte de 107% para 150% reduziu o ganho de peso significativamente ($P < 0,0065$) ao nível de 2,5%, e piorou ($P < 0,005$) a conversão alimentar em 2,11%. O consumo de ração não apresentou redução significativa. Estes resultados contradizem os encontrados por Waldroup *et al.*, (2005) e Smith & Austic (1978) que ao suplementar uma dieta adequada com concentrações crescentes de leucina nos primeiros oito dias, verificaram redução do efeito negativo sobre o desempenho posterior, o que os autores sugerem que as aves são capazes de adaptar-se ao excesso de leucina na dieta.

O excesso de valina não provocou efeito sobre a resposta de desempenho frente aos níveis de isoleucina e leucina da dieta, o mesmo foi verificado por Burnham *et al.*, (1992). Apesar da não diferença no consumo de ração em dietas com excesso de leucina, a piora na conversão alimentar ($P < 0,05$) dos frangos de corte quando alimentados com a relação de 150% de leucina digestível pode estar relacionada ao menor aproveitamento de nutrientes para o crescimento, principalmente para deposição de proteína muscular que reflete negativamente no ganho de peso. Essa menor eficiência pode ser explicada pelo antagonismo entre os aminoácidos de cadeia ramificada e competição pelos sítios de absorção de aminoácidos na mucosa, este é mais evidenciado em dietas com níveis mais baixos de proteína bruta. Alguns autores têm demonstrado que dieta com excesso de leucina e alta proteína bruta não é capaz de reduzir o desempenho das aves como dietas com níveis baixos de proteína bruta (Erwan *et al.*, 2009). Este fato se torna mais importante quando trabalhamos com dietas no conceito de proteína ideal.

Dietas com alto nível protéico são capazes de gerar resíduos aminoacídicos ou peptídeos que são as principais formas de absorção de aminoácidos na mucosa intestinal, além do que a absorção destes ocorre por um processo menos competitivo (Webb, 1990), à medida que se reduz o nível protéico da dieta, aumenta a suplementação com aminoácidos cristalinos, levando ao maior efeito antagônico entre aminoácidos

Os resultados de peso de peito com osso e sem osso, e rendimento de peito com osso e sem osso para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade são encontrados na tabela 2.6.

Não foram observados efeitos significativos ($P < 0,05$) para as características de carcaça avaliadas em frangos de corte alimentados com diferentes relações isoleucina, de leucina e de valina digestível (Tabela 2.6).

A utilização da relação 150% de leucina digestível na dieta, não aumentou o peso e rendimento de peito de frangos de corte. Este resultado contrasta com os obtidos por Erwan *et al.*, (2009) que estudaram níveis de L- leucina (0,0%, 0,5% e 0,67%) e de proteína bruta (18 e 20%) para frangos de corte na fase de crescimento sobre a composição de carcaça e de desempenho e não verificaram efeito de interação sobre os fatores. O aumento do nível de leucina na dieta não reduziu o desempenho das aves, porém interferiu no peso do peito. Os resultados obtidos para a não suplementação de L-leucina e a suplementação com 0,67% foram semelhantes, o que está de acordo com os resultados deste estudo. Porém a adição intermediária de L-leucina (0,5%) aumentou o peso do peito em relação aos outros dois níveis.

Dozier *et al.* (2012) verificaram que a utilização de dietas com diferentes relações valina e isoleucina digestível não alteraram o rendimento de peito de frangos de corte aos 40 dias de idade. Em contrapartida os autores encontraram efeito significativo para as médias de valina e de isoleucina. O aumento da relação valina digestível de 74% para 82% provocou diminuição do rendimento de peito, enquanto que o aumento da relação isoleucina digestível de 62% para 72% aumentou o rendimento de peito.

Tavernari *et al.* (2009) não observaram diferença significativa para peso de peito com osso, rendimento de peito com osso, peso de peito sem osso e rendimento de peito sem osso ao utilizar diferentes relações valina digestível (70% a 85%) e isoleucina digestível (58% a 75,5%) para frangos de corte de 08 a 21 e 30 a 43 dias de idade. Por outro lado contrastam com Corzo *et al.* (2007) que observaram efeito quadrático para o rendimento de peito com melhor relação valina/lisina digestível de 70%, valor inferior ao observado para ganho de peso no mesmo trabalho (74%).

Tabela 2.6– Peso do peito com osso (g), peso do peito sem osso(g), rendimento de peito com osso (%) e rendimento de peito sem osso (%) em frangos de corte de 14 a 23 dias de idade, alimentados com dietas contendo diferentes relações de isoleucina, de leucina e de valina digestível.

Relação AA dig :Lisina dig			Peso do Peito com osso (g)	Peso do Peito sem osso(g)	Rendimento de peito com osso(%)	Rendimento de peito sem osso(%)
Leu	Ile	Val				
107	67	77	247,8	202,9	22,63	18,55
107	67	90	250,2	202,9	22,89	18,56
107	80	77	244,5	197,0	22,44	18,06
107	80	90	248,9	201,2	22,69	18,33
150	67	77	248,0	201,1	23,08	18,71
150	67	90	248,0	200,9	22,71	18,37
150	80	77	246,7	201,7	22,81	18,63
150	80	90	245,9	198,6	22,97	18,53
Isoleucina						
	67		248,5	201,9	22,83	18,55
	80		246,5	199,6	22,73	18,39
Leucina						
	107		247,9	201,0	22,66	18,38
	150		247,2	200,6	22,89	18,56
Valina						
	77		246,8	200,7	22,74	18,49
	90		248,3	200,9	22,82	18,45
Coeficiente de Variação			4,06	4,47	2,93	3,25
Fonte de variação			P-Valor			
Leu			0,7745	0,8415	0,1806	0,2245
Ile			0,4295	0,2992	0,5467	0,2960
Val			0,5482	0,9258	0,6621	0,7915
Leu x Ile			0,9099	0,5257	0,5809	0,2054
Leu x Val			0,4460	0,4060	0,2866	0,2340
Ile x Val			0,9016	0,8850	0,4161	0,4086
Leu x Ile x Val			0,7745	0,4308	0,4158	0,9699

Aparentemente a exigência de valina para deposição protéica é menor do que a exigência para parâmetros de desempenho (CORZO *et al.*, 2007), isto pode ter contribuído para o efeito não significativo dos resultados de características de carcaça utilizando as duas diferentes relações de valina:lisina digestível.

A ausência de efeitos significativos pode estar associada aos níveis protéicos da dieta de 20,9% uma vez que a utilização de dietas com alto nível protéico diminui os efeitos negativos causados pelo excesso de aminoácidos cristalinos na dieta em especial à leucina (ERWAN *et al.*, 2009).

2.4 CONCLUSÃO

O aumento das relações valina e isoleucina digestíveis com lisina digestível em 13% não interferem no desempenho e rendimento de peito de frangos de corte de 14 a 23 dias de idade. Enquanto que o aumento da relação de leucina digestível com lisina digestível em 43% reduz o ganho de peso e piora a conversão alimentar, sem afetar o consumo de ração e o peso e rendimento de peito.

O efeito negativo da alta relação (150%) de leucina digestível nas dietas sobre o ganho de peso de frangos de corte pode ser minimizado pelo aumento da relação (77% para 90%) de valina digestível. Estas relações de aminoácidos de cadeia ramificada devem ser consideradas para a formulação de rações comerciais, uma vez que estas apresentam excesso dietético de leucina. A preocupação em reduzir níveis de leucina nas rações ou meios de reduzir seu impacto negativo, pode auxiliar na busca de melhores índices produtivos para frangos de corte.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, N.K., AND D.H BAKER.. **Quantitative efficacy of dietary isoleucine and valine for chick growth as influenced by variable quantities of excess dietary leucine.** *Poult. Sci.* v. 51, p 1292 -1298. 1972.
- BENTON, D. A. *et al.*, **Leucine, isoleucine, and valine relationships in the rat.** *Arch. Biochem. Biophys.* v. 60, p147–155. 1956.
- BERRES, J., *et al.* **Digestible valine requirements in high protein diets for broilers from twenty-one to forty-two days of age.** *Animal Feed Science and Technology*, v.165, p 120-124. 2011.
- BRUNHAM, D., *et al.* **Isoleucine requirements of the chicken: the effect of excess leucine and valine on the response to isoleucine.** *British Poultry Science.* v.33, p 71-87. 1992.
- COBB-VANTRESS Cobb 500. **Breeder Management Guide, Blueprint for Success.** Cobb-Vantress, Siloam Springs, AR. 2009.
- CORZO, A. *et al.* **Marginality and needs of dietary valine for broilers fed certain all-vegetables diets.** *J.Appl.Poult. Res.*, v.16, p 546-554, 2007.
- CROZIER, S.J. *et al.* **Oral leucine administration stimulates protein synthesis in rat skeletal muscle.** *Journal of Nutrition.* v. 135, p 376-382. 2005.
- D'MELLO. J.P.F; LEWIS, D. **Amino acid interactions in chick nutrition. 2. The interrelationship between leucine, isoleucine and valine.** *British Poultry Science.* v. 11, p 313-323. 1970.
- DOZIER III, W.A.; TILLMAN, P.B.; USRY, J. **Interactive effects of digestible valine and isoleucine-to-lysine ratios provided to male broilers from 4 to 6 weeks of age.** *Poultry science.* v 21. P 838- 848. 2012.
- DU, M.,*et al.* **Leucine stimulates mammalian target of rapamycin signaling in C2C12 myoblasts in part through inhibition of adenosine monophosphate - activated protein kinase.** *J. Anim. Sci.*, v. 85, p 919–927. 2007.
- DRUMMOND, M.J.; RASMUSSEN, B.B. **Leucine enriched nutrients and the regulation of mammalian target of rapamycin signaling and human skeletal muscle protein synthesis.** *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.*, v.11, p 222-226, 2008.
- ERWAN, E. *et al.* **Effects of varying levels of L-leucine and metabolizable energy in finisher diet on carcass composition and meat sensory characteristics of broiler chickens.** *Pakistan Journal of nutrition.* v.8, p792-796. 2009.
- FARRAN, M.T.; THOMAS, O. P. **Valine deficiency. 1. The effect of feeding a valine – deficient diet during the starter period on performance and feather structure of**

male broiler chicks. Poultry Science. v. 71, p 1885-1890. 1992b.

FARRAN, M.T., E.K. BARBOUR AND V.M. ASHKARIAN. **Effect of excess leucine in low protein diet on ketosis in 3-week-old male broiler chicks fed different levels of isoleucine and valine.** J. Anim. Feed Sci. Technol., v. 103, p 171-176. , 2003.

HARPER, A.E., MILLER,R.H. AND BLOCK, K.P. **Branched chain amino acid metabolism.** Ann. Rev. Nutr., v. 4, p 409-454. 1984.

KIDD, M.T. BURNHAM, D.J. AND KERR, B.J. **Dietary isoleucine responses in male broilers chickens.** British Poultry Science., v. 45, p 67-75. 2004.

KIMBALL SR, JEFFERSON LS . **Signaling pathways and molecular mechanisms through which branched-chain amino acids mediate translational control of protein synthesis.** J Nutr . v.136, p 227–23. 2006.

LECLERCQ, B. **Specific effects if lysine on broiler production: comparasion with treonine and valine .** Poultry Science. v. 77, p 118-123. 1998.

PROUD, C. G.. **Amino acids and mTOR signalling in anabolic function.** Biochem. Soc. Trans., v. 35, p 1187–1190. 2007.

ROBEL, E. J. **A feather abnormality in chicks fed diets deficient in certain amino acids.** Poultry Science. v. 56, p 1968-1971. 1977.

ROSTAGNO,H.S.. *et al.* **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 252p. 2011.

SAS-STATISTICAL ANALYSES SYSTEM. **Statistical analisys system user's guide.**Version 9.0. Cary: Statistical Analysis System Institute.

SMITH, T.K. AND AUSTIC R., **The branchedchain amino acid antagonism in chicks.** J. Nutr., v. 108, p 1180-1191. 1978.

TAVERNARI, F.C. 2010. **Avaliação de proteína ideal para frangos de corte: valina e isoleucina.** Tese. (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa. Departamento de zootecnia. Viçosa - MG. 75f.

THOMAS, G.; HALL, M.N. **TOR signaling and control of cell growth.** Curr. Opin. Cell. Biol., v.9, p 782-787, 1997.

WALDROUP, P. W.; JIANG, Q. ; FRITTS ,C. A. **Effects of supplementing broiler diets low in crude protein with essential and nonessential amino acids.** Int. J. Poult. Sci. v. 4, p 425-431. 2005.

WANG, X.-Q. *et al.*. **Effects of breed and dietary nutrient density on the growth performance, blood metabolite, and genes expression of target of rapamycin (TOR) signalling pathway of female broiler chickens.** Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. Original article, p 1-10. Maio/2012.

WEBB, K.E. **Intestinal absorption of protein hydrolysis products: a review.** Journal of Animal Science, v.68, p 3011-3022, 1990.

CAPÍTULO II

**RELAÇÕES DE ISOLEUCINA, LEUCINA E VALINA DIGESTÍVEIS SOBRE
A DIGESTIBILIDADE ILEAL APARENTE DA PROTEÍNA BRUTA E DOS
AMINOÁCIDOS PARA FRANGOS DE CORTE**

3.1 INTRODUÇÃO

A qualidade de uma dieta pode ser medida pela determinação da digestibilidade dos nutrientes nela presentes. Rações que forneçam nutrientes mais digestíveis facilitam a assimilação pelas aves e podem refletir em melhor desempenho e menor excreção dos mesmos. A digestibilidade dos aminoácidos pode ser influenciada por diversos fatores tais como a metodologia utilizada para determiná-la, a idade das aves, espécie, condições ambientais, quantidade e qualidade da fibra, fatores anti-nutricionais presentes nos alimentos, conteúdo de proteína bruta e aminoácidos da dieta, consumo de matéria seca entre outros (FERNANDES, 2012). Segundo Fan *et al.*, (1994) os níveis de aminoácidos endógenos no íleo diminuem com o aumento no consumo de aminoácidos dietéticos, sendo um fator na variação da digestibilidade ileal.

O excesso ou a deficiência de alguns aminoácidos pode interferir no metabolismo de outros nutrientes. A deficiência de um aminoácido essencial é mais problemática que o excesso, pois prejudicará a utilização dos demais, uma vez que existe relação entre as quantidades dos aminoácidos disponíveis para a síntese das proteínas que o organismo irá formar. Ou seja, a deficiência de um aminoácido implica em excesso dos demais que deverão ser excretados, o que leva ao gasto de energia (BERTECHINI *et al.*, 2006).

A absorção de aminoácidos e peptídeos pelos enterócitos depende essencialmente dos sistemas de transportes presentes na borda em escova e na membrana basal. Os aminoácidos alanina, fenilalanina, isoleucina, leucina, metionina, prolina, triptofano e valina compõem o grupo de aminoácidos hidrofóbicos neutros. Este grupo de aminoácidos é transportado pela borda em escova e membrana basolateral, através de transportadores em comum, sendo portanto passíveis de competição por sítios de ligação no transportador (BROER, 2008). Embora existam diferenças anatômicas no trato digestivo dos animais domésticos, a atividade e expressão de enzimas e transportadores estão provavelmente adaptados à natureza do alimento consumido, mais do que a espécie animal. (D'MELLO, 2003).

Visto a importância da determinação da digestibilidade dos aminoácidos nas dietas e a pouca quantidade de trabalhos realizados nos últimos anos buscando entender quais os efeitos do excesso de aminoácidos dietético sobre a digestibilidade destes para as aves, objetivou-se avaliar diferentes relações de leucina, isoleucina e valina digestíveis com lisina digestível sobre a digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e dos aminoácidos em frangos de corte de 14 a 23 dias de idade.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Esta pesquisa foi previamente aprovada pelo Comitê de Ética para Uso de Animais (processo n° 40/2012), estando de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, 1991) e com a legislação vigente.

Foram utilizados 512 frangos de corte, Cobb 500 machos, no período de 14 a 23 dias idade, distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados por fileira de gaiola, num esquema fatorial 2x2x2 (duas relações Leu dig. (107 e 150%), duas relações Ile dig. (67 e 80%) e duas relações Val dig. (77 e 90%)), compondo 8 tratamentos, 8 repetições e 7 aves por unidade experimental. Os tratamentos experimentais estão descritos na tabela 3.1.

Tabela 3.1 Descrição dos tratamentos experimentais.

Tratamentos	Relação dos Aminoácidos (BCAAs Dig/Lis Dig)(%)		
	Leucina	Isoleucina	Valina
1	107	67	77
2	107	67	90
3	107	80	77
4	107	80	90
5	150	67	77
6	150	67	90
7	150	80	77
8	150	80	90

Durante os primeiros 13 dias de idade, as aves foram criadas em galpão de alvenaria dentro de círculos de proteção contendo cama de maravalha, comedouros tipo bandeja e tubulares infantis e bebedouros tipo copo de pressão e pendulares. Neste período as aves receberam a ração pré-inicial formulada a base de milho e farelo de soja atendendo as exigências propostas por Rostagno et al. (2011) e manejadas segundo

manual da linhagem. O programa de luz adotado foi o contínuo (24h) através de iluminação natural e artificial.

Aos 14 dias de idade, com peso médio de 465g as aves foram transferidas em baterias metálicas com compartimentos distribuídos em dois andares, dispostas em uma sala de 68 m², com pé-direito de aproximadamente 2,8 m. Cada bateria era composta por 32 gaiolas com bebedouro tipo nipple e um comedouro tipo calha. Na sala o aquecimento artificial foi realizado com três campânulas de três lâmpadas de infravermelho de 250w/campânula.

Durante todo o período experimental as aves receberam ração e água à vontade e diariamente, às 8h da manhã, foram registradas as temperaturas máximas e mínimas no interior das instalações, por meio de dois termômetros colocados na altura das aves localizados nos diferentes lados da instalação.

Foi utilizada uma ração basal a qual atendia as recomendações para pintos de corte na fase inicial (8 a 21 dias) segundo Rostagno et al.,(2011), exceto para lisina a qual foi adicionada ao nível de 1,1% (94% das recomendações) (tabela 3.2). As relações Leu dig., Ile dig. e Val dig na dieta basal foram de 107%, 67% e 77%, respectivamente. As demais relações foram obtidas mediante a suplementação de, L-Leucina, L-Isoleucina e L-Valina em substituição ao amido (Tabela 3.3). Foi utilizada a metodologia do indicador ileal utilizando cinza insolúvel em ácido (CIA) ao nível de 1% na ração. O período experimental total foi de nove dias, considerado à adaptação às baterias e às dietas experimentais.

Ao final do experimento todas as aves foram insensibilizadas por eletronarcose com corrente de 35mA, a frequência de 60 hertz e a voltagem variando de 28 a 60 voltz, pela imersão da cabeça em água por 7 segundos e posteriormente abatidas por sangria para a retirada do conteúdo ileal.

Duas horas antes do abate, as aves foram estimuladas a consumir ração, para assegurar maior conteúdo intestinal no segmento do íleo a ser coletado. Imediatamente após o abate, o íleo foi exposto por incisão abdominal e um segmento de 40cm, terminando a 4 cm da junção íleo cecal, foi removido. Com uma leve pressão manual no segmento, o conteúdo foi recolhido em recipiente plástico devidamente identificado. Em seguida, as amostras de digesta foram armazenadas em refrigerador. As amostras foram liofilizadas a vácuo, à temperatura de - 40 °C, por 72 horas. Após, as amostras foram moídas em moinho de bola (SAKOMURA E ROSTAGNO, 2007).

As análises de matéria seca, nitrogênio e do indicador cinza insolúvel em ácido (CIA) das rações e da digesta foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal de Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, seguindo a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002) e JOSELYN (1970).

As análises de aminoácidos foram realizadas pelo laboratório Ajinomoto Animal Nutrition (Ajinomoto).

Com base nos resultados das análises de aminoácidos, proteína bruta e do indicador, o fator de indigestibilidade (FI), coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDIap) da proteína bruta (PB) e dos aminoácidos (AA) da dieta foram determinados, conforme as fórmulas abaixo descritas por Sakomura e Rostagno (2007).

$$FI = \frac{\% \text{ CAI dieta}}{\% \text{ CAI digesta}}$$

$$CDIap \text{ PB dieta (\%)} = \frac{\% \text{ PB dieta} - (\% \text{ PB digesta} \times FI) \times 100}{\% \text{ PB dieta}}$$

$$CDIap \text{ AA dieta (\%)} = \frac{\% \text{ AA dieta} - (\% \text{ AA digesta} \times FI) \times 100}{\% \text{ AA dieta}}$$

Os resultados experimentais obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando-se o programa SAEG (Sistemas para Análises Estatísticas e Genéticas), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (1999), através da análise de variância utilizando teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 3.2 – Composição da ração basal

<i>Ingredientes</i>	<i>Ração Basal</i>	
Arroz Quirera	57,62	
Soja Farelo 45%	26,60	
Ác. Glutâmico	5,00	
Óleo de Soja	3,64	
Fosfato Bicálcico	1,735	
Cinza Insolúvel em Ácido (Celite™)	1,000	
Calcário	0,815	
Sal Comum	0,419	
L-Lisina HCl (79%)	0,355	
DL-Metionina (99%)	0,359	
L-Treonina (98%)	0,180	
L-Arginina (98,5%)	0,040	
L - Histidina HCl (74%)	0,023	
L-Isoleucina (99%)	0,066	
L-Valina (99%)	0,123	
L-Leucina (99%)	0,000	
Glicina	0,267	
Bicarbonato de Sódio	0,100	
Premix ¹	0,465	
Amido	1,200	
Total	100,000	
<i>Composição</i>	<i>Calculada</i>	<i>Analisada</i>
EM, kcal/kg	3050,00	-
Proteína Bruta,%	20,91	20,56
Cálcio, %	0,819	-
Fósforo disponível, %	0,391	-
Sódio,%	0,210	-
Lisina total, %	1,189	1,084
Metionina+cistina total, %	0,921	0,813
Treonina total,%	0,811	0,792
Leucina Total, %	1,323	1,295
Isoleucina Total, %	0,831	0,755
Valina Total, %	0,969	0,914
Metionina+cistina digestível, %	0,803	0,712
Treonina digestível, %	0,715	0,654
Lisina digestível, %	1,100 (100)	0,998 (100)
Leucina digestível, %	1,177 (107)	1,117 (111)
Isoleucina digestível, %	0,737 (67)	0,655 (66)
Valina digestível, %	0,847 (77)	0,794 (79)

¹1g/kg de ração de Suplemento mineral contendo por kg de ração: Ferro – 55,0 mg; Cobre - 11,0 mg; Manganês - 77,0 mg; Zinco – 71,5 mg; Iodo - 1,10 mg; 1,6g/kg de ração de Suplemento vitamínico contendo por kg de ração: Vit. A - 8250 U.I.; Vit. D3 - 2090 U.I.; Vit. E - 31,0 U.I.; Vit. B1 - 2,20 mg; Vit. B2 - 5,50 mg; Vit. B6 - 3,08 mg; Vit. B12 - 0,013 mg; Ácido Pantotênico - 11,0 g; Biotina - 0,077 mg; Vit. K3 - 1,65 mg; Ácido Fólico - 0,77 mg; Ácido nicotínico - 33,0 mg; Selênio – 0,330 mg; 1,3g de Cloreto de Colina 60% / kg de ração; 0,1g de Butil-hidroxi-tolueno (BHT) /kg de ração; 0,55g de Coxistac: (Salinomicina sódica 12%)/kg de ração e 0,1g de Avilamicina/kg de ração.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas médias mínimas e máximas registradas na sala durante o período experimental foram de $18,8^{\circ}\text{C}\pm 0,79$ e $24,6^{\circ}\text{C}\pm 0,6$, respectivamente. Estes valores sugerem que as aves foram criadas abaixo da temperatura média recomendada pelo manual da Cobb-Vantress (2009), para fase inicial (26°C). Não ocorreram mortalidades no período experimental.

A análise de aminoácidos do tratamento 1 e 8 estão contidas na tabela 3.4, os resultados indicam que de maneira geral os tratamentos experimentais possuíam níveis de aminoácidos abaixo do calculado. A quantidade analisada de leucina, isoleucina e valina adicionada na dieta apresentou uma pequena variação em relação ao valor calculado.

Tabela 3.4 – Aminoácidos totais (%) calculados e analisados do tratamento 1 (T1) – níveis normais de leucina, isoleucina e valina e tratamento 8 (T8) – níveis em excesso de leucina, isoleucina e valina.

Tratamentos/ AAs totais	Leucina	Isoleucina	Valina
<i>Valores Calculados</i>			
T1- (107% Leu; 67% Ile e 77% Val)	1,329	0,831	0,969
T8- (150% Leu; 80% Ile e 90% Val)	1,802	0,973	1,111
<i>Valores Analisados</i>			
T1- (107% Leu; 67% Ile e 77% Val)	1,295	0,755	0,914
T8- (150% Leu; 80% Ile e 90% Val)	1,719	0,912	1,059
Aminoácidos Adicionados	0,424	0,157	0,145

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDIap) da proteína bruta e dos aminoácidos estão apresentados nas tabelas 3.5a e 3.5b. Verificou-se efeitos significativos principais e de interação do aumento das relações de leucina, de isoleucina e de valina para a grande maioria dos aminoácidos.

O CDIap da arginina foi o único que não foi influenciado pelas relações leucina, isoleucina e valina digestíveis utilizadas neste experimento.

O aumento da relação Leu dig. melhorou ($P < 0,05$) o CDIap da proteína bruta e dos demais aminoácidos com exceção da tirosina. Houve efeito de interação das relações leucina x isoleucina para os CDIap da proteína bruta, leucina, isoleucina, valina, metionina, metionina + cistina, serina, alanina, tirosina, ac. glutâmico e ac. aspártico. Os efeitos de interação para relações leucina x valina foram significativos para todos os aminoácidos, exceto a arginina (tabela 3.5a e 3.5b).

O aumento da relação valina digestível de 77% para 90% também apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para PB e demais aminoácidos com exceção da tirosina, houve efeito significativo ($P < 0,05$) de interações isoleucina x valina para todos os aminoácidos. Os efeitos significativos da adição de isoleucina foram observados para proteína bruta ($P < 0,001$), isoleucina ($P < 0,0015$), fenilalanina ($P < 0,0207$) e tirosina ($P < 0,0001$), porém suas interações duplas foram significativas ($P < 0,05$) para grande maioria dos aminoácidos (tabela 3.5a e 3.5b).

Tabela 3.5a- Valores de coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e dos aminoácidos para frangos de corte

Relação AA dig: Lisina dig			Coeficiente de Digestibilidade Ileal Aparente dos Aminoácidos (%)										
Leu	Ile	Val	PB	Leu	Ile	Val	Lis	Met	Met+Cis	Tre	Arg	His	Phe
107	67	77	82,60	84,02	84,35	85,23	90,59	92,07	85,10	79,54	90,78	87,13	85,27
107	67	90	86,07	87,49	87,57	89,93	92,52	94,05	88,52	83,62	91,29	89,79	88,01
107	80	77	86,87	86,64	89,20	87,55	91,89	93,40	87,65	82,27	91,07	88,98	87,60
107	80	90	87,34	86,72	89,06	89,24	91,97	93,17	87,34	82,90	91,00	88,69	87,94
150	67	77	85,62	90,05	87,28	87,99	92,02	93,83	88,16	82,54	91,49	89,50	87,33
150	67	90	87,26	90,48	87,64	89,86	92,60	93,80	88,69	83,88	91,27	89,46	88,08
150	80	77	87,15	90,08	89,34	87,81	92,27	93,15	87,41	83,26	91,08	89,10	88,16
150	80	90	85,90	89,83	89,18	89,37	92,18	93,48	87,31	82,91	91,12	89,07	87,69
Leucina													
			85,72b	86,22b	87,54b	87,98b	91,74b	93,17b	87,15b	82,08b	91,03	88,65b	87,21b
			86,48a	90,11a	88,36a	88,76a	92,26a	93,57a	87,89a	83,15a	91,24	89,28a	87,82a
Isoleucina													
			85,39b	88,01	86,71b	88,26	91,93	93,44	87,62	82,39	91,20	88,97	87,17b
			86,81a	88,32	89,19a	88,49	92,07	93,30	87,43	82,84	91,06	88,96	87,85a
Valina													
			85,56b	87,69b	87,54b	87,14b	91,69b	93,11b	87,08a	81,90b	91,10	88,68b	87,09b
			86,64a	88,62a	88,37a	89,60a	92,32a	93,63a	86,92b	83,33a	91,17	89,25a	87,93a
Fonte de variação			P-Valor										
Leu			0,0009	0,0001	0,0015	0,0014	0,0067	0,0030	0,0024	0,0020	0,9999	0,0061	0,0361
Ile			0,0001	0,2219	0,0015	0,3055	0,9999	0,2832	0,9999	0,1862	0,9999	0,9999	0,0207
Val			0,0001	0,0004	0,0001	0,0001	0,0015	0,0002	0,0004	0,0001	0,9999	0,0129	0,0047
Leu x Ile			0,0001	0,0164	0,0073	0,0153	0,2285	0,0057	0,0005	0,0888	0,9999	0,0920	0,1144
Leu x Val			0,0001	0,0013	0,0048	0,0022	0,0495	0,0058	0,0057	0,0065	0,9999	0,0082	0,0171
Ile x Val			0,0001	0,0001	0,0002	0,0006	0,0014	0,0005	0,0001	0,0003	0,9999	0,0017	0,0025
Leu x Ile x Val			0,9999	0,0086	0,0053	0,0047	0,1231	0,0001	0,0016	0,1847	0,9999	0,0016	0,3095

Leu (leucina), Ile (isoleucina), Val (valina), Lis (lisina), Met (metionina), Met+Cis (metionina+cistina), Tre (treonina), Arg (arginina), His (histidina), Phe (fenilalanina)

Tabela 3.5b- Valores de coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e dos aminoácidos para frangos de corte

Coeficiente de Digestibilidade Ileal Aparente dos Aminoácidos(%)								
Relação AA dig: Lisina dig			Gli	Ser	Ala	Tir	Glu	Asp
Leu	Ile	Val						
107	67	77	84,68	79,59	83,97	84,62	94,47	81,93
107	67	90	88,06	84,00	87,41	87,35	95,56	85,89
107	80	77	86,96	82,71	86,54	87,96	95,29	84,83
107	80	90	87,04	83,55	86,49	88,78	95,36	85,15
150	67	77	87,20	82,91	86,84	86,59	95,38	85,13
150	67	90	88,14	84,53	87,38	87,68	95,65	86,30
150	80	77	87,46	83,45	86,68	88,92	95,37	85,51
150	80	90	86,96	82,63	86,41	86,72	95,33	84,88
Leucina								
107			86,69b	82,46b	86,10b	87,18	95,17b	84,45b
150			87,44a	83,38a	86,83a	87,48	95,43a	85,45a
Isoleucina								
67			87,02	82,76	86,40	86,56b	95,26	84,82
80			87,10	83,08	86,53	88,09a	95,34	85,09
Valina								
77			86,58b	82,17b	86,01b	87,02	95,13b	84,35b
90			87,55a	83,68a	86,92a	87,64	95,48a	85,56a
Fonte de variação								
Leu			0,0073	0,0112	0,0096	0,9999	0,0104	0,0050
Ile			0,9999	0,9999	0,9999	0,0001	0,9999	0,9999
Val			0,0007	0,0001	0,0013	0,0809	0,0009	0,0009
Leu x Ile			0,0503	0,0056	0,0122	0,0171	0,0180	0,0229
Leu x Val			0,0074	0,0023	0,0055	0,0014	0,0216	0,0085
Ile x Val			0,0001	0,0001	0,0002	0,0004	0,0013	0,0002
Leu x Ile x Val			0,0936	0,9999	0,0158	0,3204	0,0730	0,1858

Gli (glicina), Ser (serina), Ala (alanina), Tir (tirosina), Glu (ácido glutâmico), Asp (ácido aspártico)

Uma vez ocorrido efeitos significativos ($P < 0,05$) para interação da maioria dos CDIap dos aminoácidos, o desdobramento da interação permitiu avaliar a origem do resultado obtido. Foi verificado que a adição de leucina aumenta o CDIap da valina, porém não se sabe em que condições tal fato ocorre, e se realmente esta resposta no aumento independe dos níveis dos outros dois fatores. O efeito significativo da interação sugere a presença de outro fator influenciando a resposta obtida.

Para os CDIap da leucina, isoleucina e valina, verifica-se o efeito de interação dupla e tripla. Para permitir avaliar os efeitos da adição de cada um destes aminoácidos nos seus respectivos CDIap, para estes, foram realizados apenas o desdobramento da interação tripla.

De acordo com o desdobramento da interação isoleucina x valina (tabela 3.6), é possível identificar que a melhora ($P < 0,05$) dos CDIap de todos os aminoácidos foi influenciado quando aumentou a relação de valina digestível em rações com níveis adequados de isoleucina ou pela adição de isoleucina em dietas com níveis normais de valina, com exceção da metionina. Esta melhora entretanto, não foi observada quando adicionada valina em rações com excesso de isoleucina.

A adição do excesso de isoleucina em rações com excesso de valina reduziu ($P < 0,05$) os CDIap dos aminoácidos metionina (93,93 e 93,33), metionina + cistina (88,60 e 87,33), histidina (89,63 e 88,88), glicina (88,10 e 87,00), serina (84,27 e 83,09), alanina (87,40 e 86,45) e ácido aspártico (86,10 e 85,01). Para os demais aminoácidos e proteína bruta, a adição de isoleucina em dietas com alta valina não alterou o CDIap.

Esta redução do CDIap a partir do aumento de um segundo aminoácido de cadeia ramificada na dieta, pode ter ocorrido por uma possível competição existente. Segundo Broer (2008), os aminoácidos alanina, isoleucina, metionina fenilalanina, leucina, valina, prolina e triptofano, compõem o grupo de aminoácidos neutros hidrofóbicos. Este grupo de aminoácidos é transportado pela borda em escova e membrana basolateral através de transportadores em comum, sendo portanto passíveis de competição por sítio de ligação no transportador.

Podemos inferir que o excesso de aminoácidos nas dietas interfere na digestibilidade de outros aminoácidos. Além da competição, os sistemas de

transportadores de aminoácidos neutros, mais especificamente B⁰, possuem maior afinidade por determinados aminoácidos na seguinte ordem Met= Leu= Ile= Val > Glna= Asn= Phe= Cys= Ala> Ser = Gly= Tyr= His (BROER, 2008).

Tabela 3.6 – Desdobramento da interação isoleucina x valina dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e aminoácidos.

Relação AA dig: Lisina dig		PB	Lis	Met	Met+Cis	Ter	Hist	Phe
Ile	Val							
67	77	84,11Bb	91,30Bb	92,95Ba	86,63Bb	81,04Bb	88,32Bb	86,30Bb
67	90	86,67Aa	92,56Aa	93,93Aa	88,60Aa	83,75Aa	89,63Aa	88,05Aa
80	77	87,01Aa	92,08Aa	93,28Aa	87,53Aa	82,77Aa	89,04Aa	87,88Aa
80	90	86,62Aa	92,07Aa	93,33Ab	87,33Ab	82,91Aa	88,88Ab	87,82Aa

Relação AA dig: Lisina dig		Gli	Ser	Ala	Tir	Ac.Glut.	Ac.Asp
Ile	Val						
67	77	85,94Bb	81,25Bb	85,42Bb	85,61Bb	94,93Bb	83,53Bb
67	90	88,10Aa	84,27Aa	87,40Aa	87,52Aa	95,61Aa	86,10Aa
80	77	87,21Aa	83,03Aa	86,61Aa	88,44Aa	95,34Aa	85,17Aa
80	90	87,00Ab	83,09Ab	86,45Ab	87,75Aa	95,35Aa	85,01Ab

Letras maiúsculas usadas para comparação de níveis de valina dentro de uma mesma relação de isoleucina. Letras minúsculas usadas para comparação de níveis de isoleucina dentro de uma mesma relação de valina. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste F (5%)

O desdobramento da interação isoleucina x leucina é apresentado na tabela 3.7.

A adição do excesso de leucina em rações com níveis normais de isoleucina aumentou ($P<0,05$) os CDIap da proteína bruta (84,34 e 86,44%), metionina (93,06 e 93,82%) metionina + cistina (86,81 e 88,42%), serina (81,80 e 83,72%), alanina (85,69 e 87,11%), tirosina (85,99 e 87,14%), ácido glutâmico (95,02 e 95,52%) e ácido aspártico (83,91 e 87,72%). Porém esta adição de excesso de leucina em rações com excesso de isoleucina não alteraram os CDIap da proteína bruta e dos aminoácidos.

O aumento da relação de isoleucina digestível para 80% em dietas com níveis normais de leucina(107%) aumentou ($P<0,05$) o CDIap da proteína bruta (84,34 e 87,10%), metionina+cistina (86,81 e 87,49%), serina (81,80 e 83,13%), alanina (85,69 e 86,52%), tirosina (85,99 e 88,37%), ác. glutâmico (95,02 e 95,33%) e ac. aspártico (83,91 e 84,99%), entretanto não alterou o CDIap da metionina. A relação de 80% de

isoleucina digestível e dietas com a relação de 150% de leucina digestível reduziu ($P < 0,05$) somente o CDIap da metionina (93,82 e 93,32%) e metionina+cistina (88,42 e 87,36%), sem alterar os CDIap da proteína bruta e demais aminoácidos.

Ao contrário dos outros CDIap dos aminoácidos, o CDIap da metionina parece estar muito relacionado com os níveis de isoleucina da ração. Portanto pode-se inferir que a adição de isoleucina em dietas com alta valina ou alta leucina tem efeito negativo sobre CDIap da metionina.

Quando se retira o efeito da isoleucina, desdobramento valina x leucina (tabela 3.8), verifica-se que a alta relação de leucina digestível (150%) com relações normais de valina digestível (77%) aumentou ($P < 0,05$) os CDIap da proteína bruta e dos aminoácidos. Entretanto o mesmo resultado não foi verificado quando a relação de 150% de leucina digestível foi combinada com a relação de valina digestível de 90%, neste caso não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os CDIap da proteína bruta e dos aminoácidos.

A relação de 90% de valina digestível em dietas com 107% de leucina digestível aumentou ($P < 0,05$) o CDIap da proteína bruta (84,73 e 86,71%), lisina (91,24 e 92,24%), metionina (92,74 e 93,61%), metionina+cistina (86,37 e 87,93%), treonina (80,91 e 83,26%), histidina (88,06 e 89,24%), fenilalanina (86,44 e 87,98%), glicina (85,82 e 87,55%), serina (81,15 e 83,78%), alanina (85,26 e 86,95%), tirosina (86,29 e 88,07%), ac. glutâmico (94,88 e 95,46%) e ac. aspártico (83,39 e 85,52%). Entretanto, a utilização de 90% de valina digestível com 150% de leucina digestível não alteraram ($P > 0,05$) os CDIap da proteína bruta e dos aminoácidos.

Tabela 3.7 - Desdobramento da interação isoleucina x leucina dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e aminoácidos.

Relação AA dig: Lisina dig		PB	Met	Met+Cis	Ser	Ala	Tir	Ac.Glu	Ac.Asp
Ile	Leu								
67	107	84,34Bb	93,06Ba	86,81Bb	81,80Bb	85,69Bb	85,99Bb	95,02Bb	83,91Bb
67	150	86,44Aa	93,82Aa	88,42Aa	83,72Aa	87,11Aa	87,14Aa	95,52Aa	87,72Aa
80	107	87,10Aa	93,29Aa	87,49Aa	83,13Aa	86,52Aa	88,37Aa	95,33Aa	84,99Aa
80	150	86,53Aa	93,32Ab	87,36Ab	83,04Aa	86,54Aa	87,82Aa	95,35Aa	85,19Aa

Letras maiúsculas usadas para comparação de níveis de leucina dentro de uma mesma relação de isoleucina, letras minúsculas usadas para comparação de níveis de isoleucina dentro de uma mesma relação de leucina. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste F (5%)

Tabela 3.8 - Desdobramento da interação valina x leucina dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e aminoácidos.

Relação AA dig: Lisina dig		PB	Lis	Met	Met+Cis	Tre	His	Phe
Val	Leu							
77	107	84,73Bb	91,24Bb	92,74Bb	86,37Bb	80,91Bb	88,06Bb	86,44Bb
77	150	86,39Aa	92,14Aa	93,49Aa	87,79Aa	82,90Aa	89,30Aa	87,75Aa
90	107	86,71Aa	92,24Aa	93,61Aa	87,93Aa	83,26Aa	89,24Aa	87,98Aa
90	150	86,58Aa	92,39Aa	93,64Aa	88,00Aa	83,40Aa	89,27Aa	87,89Aa

Relação AA dig: Lisina dig		Gli	Ser	Ala	Tir	Ac.Glu	Ac.Asp
Val	Leu						
77	107	85,82Bb	81,15Bb	85,26Bb	86,29Bb	94,88Bb	83,39Bb
77	150	87,33Aa	83,18Aa	86,76Aa	87,75Aa	95,38Aa	85,32Aa
90	107	87,55Aa	83,78Aa	86,95Aa	88,07Aa	95,46Aa	85,52Aa
90	150	87,55Aa	83,58Aa	86,89Aa	87,20Aa	95,49Aa	85,59Aa

Letras maiúsculas usadas para comparação de níveis de leucina dentro de uma mesma relação de valina, letras minúsculas usadas para comparação de níveis de valina dentro de uma mesma relação de leucina. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste F (5%)

Apesar do efeito de interação tripla para leucina ($P < 0,0086$), isoleucina ($P < 0,0053$), valina ($P < 0,0047$), metionina+cistina ($P < 0,0016$), histidina ($P < 0,0016$) e alanina ($P < 0,0158$) foram desdobradas somente as interações para os CDIap da leucina, isoleucina e valina a fim de verificar uma possível interação destes aminoácidos nos processos absorptivos e também da metionina uma vez que foi verificado pelo desdobramento das interações duplas que o uso da relação de 80% de isoleucina digestível combinada com 150% de leucina digestível ou 90% de valina digestível reduzem o CDIap da metionina. Foram calculadas as diferenças mínimas significativas (DMS) para a adição de cada aminoácido na interação.

O desdobramento da interação tripla leucina x valina x isoleucina dentro de níveis de valina e isoleucina para o CDIap da isoleucina, leucina, valina e metionina estão apresentados nas tabelas 3.9, 3.10, 3.11 e 3.12 respectivamente. A melhora ($P < 0,05$) dos CDIap da isoleucina (84,35 e 87,28%) da valina (85,23 e 87,99%) e da metionina (92,07 e 93,83%) foi verificada para relação de 150% de leucina digestível em dietas com níveis relações de 77% valina digestível e 67% de isoleucina digestível. Entretanto o CDIap da leucina aumentou ($P < 0,05$) com a adição leucina independente dos níveis dietéticos de valina e isoleucina.

Tabela 3.9 – Desdobramento da interação tripla leucina x valina x isoleucina dentro de níveis de isoleucina e valina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da isoleucina.

Ile:Lis dig(%) Val: Lis dig(%)	67		80	
	77	90	77	90
Leu: Lis dig(%)				
107	84,35b	87,57a	89,20a	89,06a
150	87,28a	87,64a	89,34a	89,18a
DMS	2,75	0,07	0,14	0,12

Médias seguidas de letras diferentes em cada nível de isoleucina e valina diferem entre si pelo teste F (5%). dms = 0,6942

Tabela 3.10 – Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de isoleucina e valina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da Leucina.

Ile:Lis dig(%) Val: Lis dig(%)	67		80	
	77	90	77	90
Leu: Lis dig(%)				
107	84,02b	87,49b	86,64b	86,72b
150	90,05a	90,48a	90,08a	89,83a
DMS	6,03	2,99	3,44	3,11

Médias seguidas de letras diferentes em cada nível de isoleucina e valina diferem entre si pelo teste F (5%). dms= 0,7067

Tabela 3.11 – Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de isoleucina e valina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da Metionina.

Ile:Lis dig(%) Val: Lis dig(%)	67		80	
	77	90	77	90
Leu: Lis dig(%)				
107	92,07b	94,05a	93,40a	93,17a
150	93,83a	93,80a	93,15a	93,48a
DMS	1,76	0,25	0,25	0,31

Médias seguidas de letras diferentes em cada nível de isoleucina e valina diferem entre si pelo teste F (5%). dms= 0,3567

Tabela 3.12 – Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de isoleucina e valina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da valina.

Ile:Lis dig(%) Val: Lis dig(%)	67		80	
	77	90	77	90
Leu: Lis dig(%)				
107	85,23b	89,93a	87,55a	89,24a
150	87,99a	89,87a	87,81a	89,37a
DMS	2,76	0,06	0,26	0,13

Médias seguidas de letras diferentes em cada nível de isoleucina e valina diferem entre si pelo teste F (5%). dms = 0,6491

Pelo do desdobramento da interação tripla dentro de níveis de leucina e de isoleucina para os CDIap da isoleucina (tabela 3.13), leucina(tabela 3.14), valina (tabela

3.15) e metionina (tabela 3.16) foi possível verificar que a adição de valina em dietas com níveis normais de isoleucina e de leucina aumenta ($P < 0,05$) os CDIap da isoleucina (84,35 e 87,57), da leucina (84,02 e 87,49) e da metionina (92,07 e 94,05). Da mesma forma que o desdobramento anterior para a leucina, ocorreu aumento ($P < 0,05$) no CDIap da valina quando adicionado valina na ração independente dos níveis de leucina e isoleucina na dieta.

Tabela 3.13 – Desdobramento da interação tripla leucina x valina x isoleucina dentro de níveis de leucina e isoleucina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da isoleucina.

Leu:Lis dig(%) Ile: Lis dig(%)	107		150	
	67	80	67	80
Val: Lis dig(%)				
77	84,35b	89,20a	87,28a	89,34a
90	87,57a	89,06a	87,64a	89,18a
DMS	3,22	0,14	0,36	0,16

Médias seguidas de letras diferentes em cada nível de leucina e isoleucina diferem entre si pelo teste F (5%). dms = 0,6942

Tabela 3.14 – Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de leucina e isoleucina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da Leucina.

Leu:Lis dig(%) Ile: Lis dig(%)	107		150	
	67	80	67	80
Val: Lis dig(%)				
77	84,02b	86,64a	90,05a	90,08a
90	87,49a	86,72a	90,48a	89,83a
DMS	3,47	0,08	0,43	0,25

Médias seguidas de letras diferentes em cada nível de leucina e isoleucina diferem entre si pelo teste F (5%). dms= 0,7067

Tabela 3.15 – Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de leucina e isoleucina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da valina.

	Leu:Lis dig(%)	107		150	
		Ile: Lis dig(%)	67	80	67	80
Val: Lis dig(%)					
77		85,23b	87,55b	87,99b	87,81b
90		89,93a	89,24a	89,86a	89,37a
DMS		4,7	1,69	1,87	1,56

Médias seguidas de letras diferentes em cada nível de leucina e isoleucina diferem entre si pelo teste F (5%). dms = 0,6491

Tabela 3.16 – Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de leucina e isoleucina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da metionina.

	Leu:Lis dig(%)	107		150	
		Ile: Lis dig(%)	67	80	67	80
Val: Lis dig(%)					
77		92,07b	93,40a	93,83a	93,15a
90		94,05a	93,17a	93,80a	93,48a
DMS		1,98	0,23	0,03	0,33

Médias seguidas de letras diferentes em uma mesma relação de leucina e isoleucina diferem entre si pelo teste F (5%). dms= 0,35672

O desdobramento da tríplice dentro de níveis de valina e leucina para os CDIap da isoleucina (tabela 3.17), leucina (tabela 3.18), valina (tabela 3.19) e metionina (tabela 3.20) apontou algumas interferências da adição de isoleucina nas dietas sobre o CDIap da leucina, valina e metionina. A adição de isoleucina em dietas com excesso de valina e níveis normais de leucina piorou ($P < 0,05$) o CDIap da leucina (87,49 e 86,72%) da valina (89,93 e 89,24%) e da metionina (94,05 e 93,17%), porém esta também apresentou piora do CDIap quando foi adicionado excesso de isoleucina em dietas com níveis normais de valina e excesso de leucina, a redução foi de 93,83 para 93,15%. O que chamou grande atenção é que esta redução não foi observada quando utilizadas rações com excesso de isoleucina, valina e leucina.

Assim como observado para os desdobramentos anteriores para a adição de valina e leucina e seus respectivos CDIap, a adição de isoleucina independente dos níveis de valina e leucina na dieta aumentou o CDIap da isoleucina.

Tabela 3.17 – Desdobramento da interação tripla leucina x valina x isoleucina dentro de níveis de valina e leucina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da isoleucina.

Val:Lis dig(%) Leu: Lis dig(%)	77		90	
	107	150	107	150
Ile: Lis dig(%)				
67	84,35b	87,28b	87,57b	87,64b
80	89,20a	89,34a	89,06a	89,18a
DMS	4,85	2,06	1,49	1,54

Médias seguidas de letras diferentes em cada nível de valina e leucina diferem entre si pelo teste F (5%). dms = 0,6942

Tabela 3.18 – Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de valina e leucina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da Leucina.

Val:Lis dig(%) Leu: Lis dig(%)	77		90	
	107	150	107	150
Ile: Lis dig(%)				
67	84,02b	90,05a	87,49a	90,48a
80	86,64a	90,08a	86,72b	89,83a
DMS	2,62	0,03	0,77	0,65

Médias seguidas de letras diferentes em cada nível de valina e leucina diferem entre si pelo teste F (5%). dms= 0,7067

Tabela 3.19– Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de valina e leucina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da valina.

Val:Lis dig(%) Leu: Lis dig(%)	77		90	
	107	150	107	150
Ile: Lis dig(%)				
67	85,23b	87,99a	89,93a	89,87a
80	87,55a	87,80a	89,24b	89,37a
DMS	2,32	0,19	0,69	0,49

Médias seguidas de letras diferentes em cada nível de valina e leucina diferem entre si pelo teste F (5%). dms = 0,6491

Tabela 3.20– Desdobramento da interação tripla leucina x isoleucina x valina dentro de níveis de valina e leucina para o coeficiente de digestibilidade ileal aparente da metionina.

Val:Lis dig(%)	77		90		
	Leu: Lis dig(%)	107	150	107	150
Ile: Lis dig(%)					
67	92,07b	93,83a	94,05a	93,80a	
80	93,40a	93,15b	93,17b	93,48a	
DMS	1,33	0,68	0,88	0,32	

Médias seguidas de letras diferentes em uma mesma relação de valina e leucina diferem entre si pelo teste F (5%). dms = 0,3567

Apesar da adição de aminoácidos nas dietas estar relacionada também com o aumento de proteína bruta das mesmas, a contribuição protéica provinda dos aminoácidos adicionados foi pequena, (leucina (+0,33), isoleucina (+0,09) e valina (+0,11)), o que nos mostra que o nível protéico da dieta se manteve relativamente constante para os oito tratamentos, portanto as variações encontradas nos CDIap são providas dos efeitos da própria adição de leucina, isoleucina ou valina.

São poucos os trabalhos encontrados na literatura acerca da influência de níveis dietéticos de aminoácidos cristalinos e suas implicações nos valores de coeficientes de digestibilidade para frangos de corte. No entanto, é possível encontrar alguns trabalhos com outras espécies avaliando diferentes níveis protéicos nas dietas e sua influência nos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta e aminoácidos. A adição de proteína intacta nas dietas é responsável pelo aumento do conteúdo aminoácídico e através destes valores será possível estabelecer comparações dentro de determinados limites. Fan *et al.*, (1994) encontraram resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho para os coeficientes de digestibilidade ileal aparente para leucina, isoleucina e valina ao trabalhar com diferentes níveis de proteína bruta na dieta (4, 8, 12, 16, 20 e 24%) mediante o incremento em farelo de soja para suínos castrados. Os autores verificaram que os coeficientes de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos e da proteína bruta aumentaram quadraticamente quando o conteúdo de proteína bruta na dieta foi aumentado de 4 para 24%. O aumento no coeficiente de digestibilidade ileal aparente da leucina variou de 73,3 a 87,2%, da isoleucina de 72,6 a 88,2% e da valina

de 67,9 a 85,9%, sendo que, o incremento no coeficiente de digestibilidade foi maior entre as dietas contendo 4, 8 e 12% de proteína bruta e praticamente desprezível entre as dietas de 20 e 24% de proteína bruta. Para a pesquisa em questão, foi obtido um resultado similar quando adicionado leucina, isoleucina ou valina em dietas com níveis normais de aminoácidos, o qual o acréscimo no coeficiente de digestibilidade foi sempre significativo.

Os resultados obtidos nesta pesquisa estão de acordo com Furuya e Kaji (1989), os quais trabalharam com dietas contendo dois níveis protéicos de 8 e 16% para suínos e verificaram efeito significativo do nível de proteína bruta das dietas na digestibilidade ileal aparente para os aminoácidos e nitrogênio, sendo que a digestibilidade ileal aparente mensurada com 16% de proteína bruta tendeu a ser maior que a digestibilidade mensurada com 8%. O coeficiente de digestibilidade ileal aparente da leucina variou de 80 a 84%, da isoleucina de 79 a 84% e da valina de 76 a 80%, mediante o incremento de 0,72% de leucina, 0,4% de isoleucina e 0,39% de valina através do aumento em 8% de proteína intacta utilizando farelo de soja.

A digestibilidade aparente dos aminoácidos é afetada não somente pelo aminoácido dietético não absorvido e não digerido, mas também pela contribuição de aminoácidos não absorvidos de origem endógena provindos de descamação de células epiteliais do conteúdo gastrintestinal, mucoproteínas e várias secreções digestivas (ADEDOKUM *et al.*, 2007). Segundo Donkoh *et al.*, (1994) quando a ingestão de matéria seca é semelhante e os níveis de proteína bruta ingeridos são diferentes, quantidades semelhantes de material endógeno indigerido no íleo terminal contribuirá desproporcionalmente na determinação da digestibilidade aparente. Por isto, a digestibilidade aparente é influenciada pelo nível de proteína na dieta (Furuya e Kaji, 1989). Os níveis de aminoácidos endógenos no íleo diminuem com o aumento no consumo dos aminoácidos dietéticos, sendo um fator na variação da digestibilidade ileal. (FAN *et al.*, 1994).

Estudos realizados por Li *et al.*, (1993) contradizem os resultados obtidos nesta pesquisa na qual os autores ao trabalharem com suínos alimentados com dietas a base de milho e farelo de soja e verificaram uma tendência de redução do CDIap da PB e de grande maioria dos aminoácidos quando o conteúdo de PB da dieta foi aumentado de 19,5% para 25,5% na matéria seca. Estes sugeriram que o decréscimo com o aumento

do conteúdo da PB na dieta pode ser resultado de uma diminuição na eficiência de digestão da proteína e/ou absorção de aminoácidos.

Foi verificado uma redução dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da metionina, valina e leucina mediante a adição de isoleucina em dietas com excesso de valina. Esta redução está possivelmente relacionada aos efeitos competitivos entre esses aminoácidos pelo transportador na mucosa intestinal das aves. REISER e CHRISTIANSEN (1986) avaliaram a efetividade de captação de valina pela membrana lipídica intestinal de ratos e verificaram que dentre os aminoácidos testados a isoleucina, metionina e leucina, foram os inibidores mais potentes da captação de valina pela fração lipídica da mucosa intestinal. Portanto a competição existente entre estes aminoácidos é conhecida, porém o mecanismo pela qual esta competição ocorre ainda não está bem elucidado.

Sabe-se que a absorção de aminoácidos dietéticos através do intestino delgado de frangos de corte ocorre por um processo mediado em que aminoácidos neutros são transportados mais rapidamente que os aminoácidos catiônicos e aniônicos. Porém o processo de absorção de aminoácidos ocorre muitas vezes com sobreposição de especificidade de substrato para o aminoácido de mesmo e/ou de classes diferentes. Por exemplo, lisina e leucina são cada uma delas reconhecidas por pelo menos quatro sistemas de transporte bioquimicamente distintos com três destes sistemas de transporte ($B^{0,+}$, $b^{0,+}$ e y^+L) reconhecido pelos dois substratos (MATTHEWS, 2000). Portanto, o aumento significativo dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos mediante a adição de leucina, isoleucina ou valina a dietas com níveis normais dos demais aminoácidos pode estar relacionada à existência de transportadores específicos para aminoácidos de classes diferentes.

3.4 CONCLUSÃO

O aumento da relação de leucina, isoleucina ou valina digestíveis com lisina digestível em 13%, 13% e 43% respectivamente, em dietas com níveis adequados de aminoácidos para frangos de corte, melhora o CDIap da proteína bruta e da maioria dos aminoácidos. A utilização do excesso de isoleucina em dietas com excesso de valina reduz o CDIap dos aminoácidos metionina, histidina, glicina, serina, alanina e ácido aspártico.

O aumento das relações de isoleucina e valina em 13% nas rações associado aos níveis adequados de leucina prejudica a digestibilidade de leucina, valina e metionina, sendo esta também prejudicada pelo aumento de isoleucina em 13% associado ao aumento de leucina em 43% e níveis adequados de valina. Esta redução da digestibilidade dos aminoácidos está relacionada as interações que ocorrem à nível de absorção de aminoácidos na mucosa intestinal. O estudo do excesso de aminoácidos na dieta sobre a digestibilidade de outros aminoácidos é importante visto que dietas práticas apresentam excesso de alguns aminoácidos, dentre eles a leucina, devido à utilização de grãos com alto conteúdo desse aminoácido.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEDOKUN, S.A. *et al.* **Endogenous amino acid flow in broiler chicks is affected by the age of birds and method of estimation.** Poultry Science, v. 86, p. 2590 – 2597, 2007.
- ANGKANAPORN, K.; RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W.L. **Additivity of apparent and true ileal amino acid digestibilities in soybean meal, sunflower meal, and meat and bone meal for broilers.** Poultry Science, v.75, p. 1098 - 1103, 1996.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos.** 1 ed. Lavras: Editora UFLA. 301p. 2006.
- BROER, S. **Amino acid transport across mammalian intestinal and renal epithelia.** Physiol Rev. Australia. v 88, p 249- 286. 2008.
- DONKOH, A.; MOUGHAN, P.J.; SMITH, W. C. **True ileal digestibility of amino acids in meat and bone for the growing pig – application of a routine rat digestibility assay.** Animal feed science and technology, v.49, p 73-86. 1994.
- FAN, M. Z. *et al.* **Determination of Apparent ileal amino acid digestibility in pigs: effects of dietary amino acid level.** J. Anim. Sci.. Canada. v.72, p 2851-2859, dec 1993/ jun1994.
- FERNANDES, M. N. S. **Aminoácidos digestíveis na nutrição de frangos de corte.** Revista Eletrônica Nutritime. Viçosa, v.9, n°.185, n.06, p.2135-2153, nov/dez 2012.
- FURUYA, S. ; KAJI, Y. **Estimation of the true ileal digestibility of amino acids and nitrogen from their apparent values for growing pigs.** Anim. Feed Sci. Technol. V. 26, p 271 , 1989.
- JOSELYN, M.A. **Methods in food analysis (physical, chemical and instrumental methods of analysis).** New York e Londres: Academic Press, 1970.
- LI, S.; SAUER, W. C. E FAN, M.Z. **The effect of dietary crude protein level on amino acid digestibility in early- weaned pigs.** J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. V.70, p 26, 1993.
- MATTHEWS, J.C. **Amino acid and peptide transport systems. Farm animal metabolism and nutrition.** 3-15 p. Cap. 1. 2000.
- REISER, S.; CHRISTIANSEN P.A. **Formation of a complex between valine and intestinal mucosal lipid; its possible role in valine absorption.** Journal of lipid research. Indianápolis, v.9, p 606-612. 1986.

ROSTAGNO, H.S. *et al.* **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 252p. 2011.

SAEG – **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas.** Universidade Federal de Viçosa – UFV 2000.

SAKOMURA, N.K ; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** Jaboticabal: Funep, 283p., 2007.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos).** 1º reimpressão. Viçosa: Ed. UFV, 235p. 2002.

CONCLUSÃO GERAL

O aumento das relações valina e isoleucina digestíveis com lisina digestível em 13% não interferem no desempenho e rendimento de peito de frangos de corte de 14 a 23 dias de idade. Enquanto que o aumento da relação de leucina digestível com lisina digestível em 43% reduz o ganho de peso e piora a conversão alimentar, sem afetar o consumo de ração e o peso e rendimento de peito. O efeito negativo da alta relação (150%) de leucina digestível nas dietas sobre o ganho de peso de frangos de corte pode ser minimizado pelo aumento da relação em 13% de valina/ lisina digestível.

O aumento das relações de isoleucina e valina em 13% nas rações associado aos níveis adequados de leucina prejudica a digestibilidade de leucina, valina e metionina, sendo esta também prejudicada pelo aumento da relação de isoleucina em 13% associado ao aumento da relação de leucina em 43% e níveis adequados de valina. Esta redução da digestibilidade dos aminoácidos está relacionada as interações que ocorrem à nível de absorção de aminoácidos na mucosa intestinal. O estudo do excesso de aminoácidos na dieta sobre a digestibilidade de outros aminoácidos é importante visto que dietas práticas apresentam excesso de alguns aminoácidos, dentre eles a leucina, devido à utilização de grãos com alto conteúdo desse aminoácido.

APÊNDICE

1 – Análises de variância (ANOVA) para as características de desempenho, peso e rendimento de peito (SAS 9.0) / **Capítulo 1.**

Ganho de peso médio de frangos de corte de 14 a 23 dias de idade.

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Modelo	14	27256.48916	1946.89208	3.91	0.0002
Resíduo	49	24425.70950	498.48387		
Total	63	51682.19866			

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	20517.21142	2931.03020	5.88	0.0001
Leu	1	4029.98246	4029.98246	8.08	0.0065
Ile	1	403.57940	403.57940	0.81	0.3726
Val	1	94.71460	94.71460	0.19	0.6648
Leu x Ile	1	341.58960	341.58960	0.69	0.4118
Leu x Val	1	5.81154	5.81154	0.01	0.9145
Ile x Val	1	396.43654	396.43654	0.80	0.3769
Leu x Ile x Val	1	1467.16358	1467.16358	2.94	0.0926

Média geral = 620,84 ; CV(%) = 3,60

Consumo de ração de frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Modelo	14	8220.79082	587.19934	1.27	0.2597
Resíduo	49	22654.59184	462.33861		
Total	63	30875.38265			

Média Geral = 900,13 ; CV (%) = 2,39

Conversão alimentar de frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Modelo	14	0.09384365	0.00670312	3.95	0.0002
Resíduo	49	0.08309960	0.00169591		
Total	63	0.17694325			

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	0.07736507	0.01105215	6.52	0.0001
Leu	1	0.01464764	0.01464764	8.64	0.0050
Ile	1	0.00033595	0.00033595	0.20	0.6582
Val	1	0.00037230	0.00037230	0.22	0.6415
Leu x Ile	1	0.00000021	0.00000021	0.00	0.9912
Leu x Val	1	0.00005358	0.00005358	0.03	0.8597
Ile x Val	1	0.00004060	0.00004060	0.02	0.8777
Leu x Ile x Val	1	0.00102831	0.00102831	0.61	0.4399

Média Geral = 1,45 ; CV(%) = 2,84

Peso de Peito com Osso para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Modelo	14	1785.619898	127.544278	1.26	0.2628
Resíduo	49	4940.756378	100.831763		
Total	63	6726.376276			

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	160.641582	229.377369	2.27	0.0435
Ile	1	64.000000	64.000000	0.63	0,4295
Leu	1	8.368622	8.368622	0.08	0,7745
Val	1	36.862245	36.862245	0.37	0.5482
Leu x Ile	1	1.306122	1.306122	0.01	0.9099
Ile x Val	1	1.562500	1.562500	0.02	0.9014
Leu x Val	1	59.510204	59.510204	0.59	0.4460
Leu x Ile x Val	1	8.368622	8.368622	0.08	0.7745

Média Geral = 247,52 ; CV(%) = 4,06

Peso de Peito sem Osso de frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Modelo	14	1972.540179	140.895727	1.75	0.0751
Resíduo	49	3941.893176	80.446800		
Total	63	5914.433355			

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	1738.180804	248.311543	3.09	0.0089
Ile	1	88.561543	88.561543	1.10	0.2992
Leu	1	3.252870	3.252870	0.04	0.8415
Val	1	0.704401	0.704401	0,01	0.9258
Leu x Ile	1	32.857462	32.857462	0.41	0.5257
Ile x Val	1	1.699298	1.699298	0.02	0.8850
Leu x Val	1	56.518176	56.518176	0.70	0.4060
Leu x Ile x Val	1	50.765625	50.765625	0.63	0.4308

Média Geral = 200,80 ; CV (%) = 4,47

Rendimento de Peito com Osso para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Modelo	14	16.51060798	1.17932914	2.65	0.0060
Resíduo	49	21.80154978	0.44492959		
Total	63	38.31215776			

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	14.18720328	2.02674333	4.56	0.0006
Ile	1	0.16389336	0.16389336	0.37	0.5467
Leu	1	0.82065918	0.82065918	1.84	0.1806
Val	1	0.08602390	0.08602390	0.19	0.6621
Leu x Ile	1	0.13739609	0.13739609	0.31	0.5809
Ile x Val	1	0.29925855	0.29925855	0.67	0.4161
Leu x Val	1	0.51647977	0.51647977	1.16	0.2866
Leu x Ile x Val	1	0.29969384	0.29969384	0.67	0.4158

Média geral = 22,78 ; CV (%) = 2,93

Rendimento de Peito sem Osso de frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Modelo	14	16.72399699	1.19457121	3.31	0.0009
Resíduo	49	17.67123545	0.36063746		
Total	63	34.39523244			

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	14.38153436	2.05450491	5.70	0,0001
Ile	1	0.40242245	0.40242245	1.12	0.2960
Leu	1	0.54577017	0.54577017	1.51	0.2245
Val	1	0.02548992	0.02548992	0.07	0.7915
Leu x Ile	1	0.59407658	0.59407658	1.65	0.2054
Ile x Val	1	0.25059932	0.25059932	0.69	0.4086
Leu x Val	1	0.52358535	0.52358535	1.45	0.2340
Leu x Ile x Val	1	0.00051883	0.00051883	0.00	0.9699

Média Geral = 18,47 ; CV(%) = 3,25

2 – Análises de variância (ANOVA) para os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDIap) da proteína bruta e dos aminoácidos (SAEG) **Capítulo 2.**

CDIap Proteína Bruta para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	136.7763	19.53948	25.87	0.0001
Leu	1	9.357525	9.357525	12.39	0.0009
Ile	1	32.59912	32.59912	43.15	0.0001
Val	1	18.79790	18.79790	24.88	0.0001
Leu x Ile	1	28.71676	28.71676	38.01	0.0001
Leu x Val	1	12.58880	12.58880	16.66	0.0001
Ile x Val	1	34.70393	34.70393	45.94	0.0001
Leu x Ile x Val	1	0.1230255E-01	0.1230255E-01	0.02	0.9999

Média Geral = 86,10 ; CV(%)= 1,01

CDIap Leucina para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	299.0232	42.71760	42.77	0.0001
Leu	1	241.9807	241.9807	242.29	0.0001
Ile	1	1.524160	1.524160	1.53	0.2219
Val	1	13.99357	13.99357	14.01	0.0004
Leu x Ile	1	6.113982	6.113982	6.12	0.0164
Leu x Val	1	11.38096	11.38096	11.40	0.0013
Ile x Val	1	16.63017	16.63017	16.65	0.0001
Leu x Ile x Val	1	7.399679	7.399679	7.41	0.0086

Média Geral = 88,16 ; CV (%) = 1,13

CDIap Isoleucina para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	159.4344	22.77634	23.63	0.0000
Ile	1	10.70123	10.70123	11.10	0.0015
Leu	1	10.79726	10.79726	11.20	0.0015
Val	1	98.90677	98.90677	102.61	0.0001
Leu x Ile	1	7.463575	7.463575	7.74	0.0073
Leu x Val	1	8.312057	8.312057	8.62	0.0048
Ile x Val	1	15.13957	15.13957	15.71	0.0002
Leu x Ile x Val	1	8.113900	8.113900	8.42	0.0053

Média Geral = 87,95 ; CV(%) = 1,12

CDIap Valina para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	139.4834	19.92619	23.65	0.0001
Leu	1	9.502783	9.502783	11.28	0.0014
Ile	1	0.9013196	0.9013196	1.07	0.3055
Val	1	96.70424	96.70424	114.76	0.0001
Leu x Ile	1	5.273141	5.273141	6.26	0.0153
Leu x Val	1	8.668651	8.668651	10.29	0.0022
Ile x Val	1	11.14244	11.14244	13.22	0.0006
Leu x Ile x Val	1	7.290781	7.290781	8.65	0.0047

Média Geral = 88,37 ; CV (%) = 1,04

CDIap Lisina para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	21.90613	3.129448	5.57	0.0001
Leu	1	4.456714	4.456714	7.94	0.0067
Ile	1	0.3356218	0.3356218	0.60	0,9999
Val	1	6.284246	6.284246	11.19	0.0015
Leu x Ile	1	0.8324557	0.8324557	1.48	0.2285
Leu x Val	1	2.262596	2.262596	4.03	0.0495
Ile x Val	1	6.358049	6.358049	11.32	0.0014
Leu x Ile x Val	1	1.376449	1.376449	2.45	0.1231

Média Geral = 92,01 ; CV (%) = 0,81

CDIap Metionina para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	21.18034	3.025763	11.89	0.0001
Leu	1	2.453958	2.453958	9.64	0.0030
Ile	1	0.2987642	0.2987642	1.17	0.2832
Val	1	4.202346	4.202346	16.51	0.0002
Leu x Ile	1	2.102420	2.102420	8.26	0.0057
Leu x Val	1	2.093721	2.093721	8.23	0.0058
Ile x Val	1	3.454280	3.454280	13.57	0.0005
Leu x Ile x Val	1	6.574852	6.574852	25.83	0.0001

Média Geral = 93,37 ; CV(%) = 0,54

CDIap Metionina + cistina para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	69.75607	9.965153	11.43	0.0001
Leu	1	8.796075	8.796075	10.09	0.0024
Ile	1	0.5795497	0.5795497	0.66	0,9999
Val	1	12.52880	12.52880	14.37	0.0004
Leu x Ile	1	12.11408	12.11408	13.90	0.0005
Leu x Val	1	7.215042	7.215042	8.28	0.0057
Ile x Val	1	18.92787	18.92787	21.71	0.0001
Leu x Ile x Val	1	9.594653	9.594653	11.01	0.0016

Média Geral = 87,52 ; CV(%) = 1,07

CDIap Treonina para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	102.2291	14.60415	8.47	0.0001
Leu	1	18.16525	18.16525	10.54	0.0020
Ile	1	3.088503	3.088503	1.79	0.1862
Val	1	32.51372	32.51372	18.86	0.0001
Leu x Ile	1	5.172347	5.172347	3.00	0.0888
Leu x Val	1	13.76944	13.76944	7.99	0.0065
Ile x Val	1	26.41063	26.41063	15.32	0.0003
Leu x Ile x Val	1	3.109183	3.109183	1.80	0.1847

Média Geral = 82,62 ; CV(%) = 1,59

CDIap Arginina para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	2.531632	0.3616617	0.40	0,9999
Leu	1	0.6791897	0.6791897	0.75	0,9999
Ile	1	0.3019739	0.3019739	0.33	0,9999
Val	1	0.7336000E-01	0.7336000E-01	0.08	0,9999
Leu x Ile	1	0.3056346	0.3056346	0.34	0,9999
Leu x Val	1	0.3809157	0.3809157	0.42	0,9999
Ile x Val	1	0.9898450E-01	0.9898450E-01	0.11	0,9999
Leu x Ile x Val	1	0.6915737	0.6915737	0.77	0,9999

Média Geral = 91,14 ; CV(%) = 1,04

CDIap Histidina para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	37.43412	5.347731	6.73	0.0000
Leu	1	6.448324	6.448324	8.12	0.0061
Ile	1	0.1922399E-02	0.1922399E-02	0.00	0.9999
Val	1	5.247167	5.247167	6.60	0.0129
Leu x Ile	1	2.335895	2.335895	2.94	0.0920
Leu x Val	1	5.979525	5.979525	7.53	0.0082
Ile x Val	1	8.677316	8.677316	10.92	0.0017
Leu x Ile x Val	1	8.743967	8.743967	11.00	0.0016

Média Geral = 88,97 ; CV(%) = 1,00

CDIap Fenilalanina para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	50.22416	7.174879	5.53	0.0001
Leu	1	5.981840	5.981840	4.61	0.0361
Ile	1	7.358090	7.358090	5.67	0.0207
Val	1	11.27796	11.27796	8.69	0.0047
Leu x Ile	1	3.338450	3.338450	2.57	0.1144
Leu x Val	1	7.835999	7.835999	6.04	0.0171
Ile x Val	1	13.06673	13.06673	10.07	0.0025
Leu x Ile x Val	1	1.365094	1.365094	1.05	0.3095

Média Geral = 87,51 ; CV(%)= 1,30

CDIap Glicina para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	63.91824	9.131178	7.77	0.0001
Leu	1	9.116849	9.116849	7.76	0.0073
Ile	1	0.1210095	0.1210095	0.10	0,9999
Val	1	15.10528	15.10528	12.86	0.0007
Leu x Ile	1	4.700453	4.700453	4.00	0.0503
Leu x Val	1	9.075144	9.075144	7.73	0.0074
Ile x Val	1	22.38098	22.38098	19.05	0.0001
Leu x Ile x Val	1	3.418524	3.418524	2.91	0.0936

Média Geral = 87,06 ; CV(%)= 1,24

CDIap Serina para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	125.2666	17.89522	9.16	0.0001
Leu	1	13.43149	13.43149	6.87	0.0112
Ile	1	1.681799	1.681799	0.86	0,9999
Val	1	36.53994	36.53994	18.70	0.0001
Leu x Ile	1	16.19678	16.19678	8.29	0.0056
Leu x Val	1	20.00329	20.00329	10.24	0.0023
Ile x Val	1	36.11956	36.11956	18.49	0.0001
Leu x Ile x Val	1	1.293705	1.293705	0.66	0,9999

Média Geral = 82,92 ; CV(%)= 1,69

CDIap Alanina para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	65.10729	9.301041	8.02	0.0001
Leu	1	8.338604	8.338604	7.19	0.0096
Ile	1	0.2647397	0.2647397	0.23	0,9999
Val	1	13.32144	13.32144	11.48	0.0013
Leu x Ile	1	7.783029	7.783029	6.71	0.0122
Leu x Val	1	9.683007	9.683007	8.35	0.0055
Ile x Val	1	18.52748	18.52748	15.97	0.0002
Leu x Ile x Val	1	7.188989	7.188989	6.20	0.0158

Média Geral = 86,47 ; CV(%) =1,25

CDIap Tirosina para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade.

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	106.9954	15.28506	8.01	0.0001
Leu	1	1.437977	1.437977	0.75	0.9999
Ile	1	37.57413	37.57413	19.69	0.0001
Val	1	6.029457	6.029457	3.16	0.0809
Leu x Ile	1	11.52052	11.52052	6.04	0.0171
Leu x Val	1	21.59527	21.59527	11.32	0.0014
Ile x Val	1	26.92049	26.92049	14.11	0.0004
Leu x Ile x Val	1	1.917566	1.917566	1.01	0.3204

Média Geral = 87,33 ; CV(%) = 1,58

CDIap Ácido glutâmico para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	7.232952	1.033279	6.59	0.0001
Leu	1	1.102353	1.102353	7.03	0.0104
Ile	1	0.8857192E-01	0.8857192E-01	0.57	0,9999
Val	1	1.926511	1.926511	12.29	0.0009
Leu x Ile	1	0.9305763	0.9305763	5.94	0.0180
Leu x Val	1	0.8750079	0.8750079	5.58	0.0216
Ile x Val	1	1.786866	1.786866	11.40	0.0013
Leu x Ile x Val	1	0.5230660	0.5230660	3.34	0.0730

Média Geral = 95,31 ; CV(%) = 0,41

CDIap Ácido Aspártico para frangos de corte de 14 a 23 dias de idade.

Fonte de Variação	GL	SQ	QMRes	F tab	P-valor
Bloco	7	97.77991	13.96856	7.45	0.0001
Leu	1	16.01083	16.01083	8.54	0.0050
Ile	1	1.238568	1.238568	0.66	0,9999
Val	1	23.18175	23.18175	12.36	0.0009
Leu x Ile	1	10.26600	10.26600	5.47	0.0229
Leu x Val	1	13.94322	13.94322	7.44	0.0085
Ile x Val	1	29.77461	29.77461	15.88	0.0002
Leu x Ile x Val	1	3.364933	3.364933	1.79	0.1858

Media Geral = 84,95 ; CV(%) = 1,61

ANEXO**DETERMINAÇÃO DE CINZA INSOLÚVEL EM ÁCIDO (CAI) UTILIZANDO O FORNO MUFLA**Aparatos:

- Cadinho de porcelana;
- Balança analítica com precisão 0,0001g;
- Dessecador;
- Forno Mufla com temperatura controlada 600°C;
- Espátula e pinça;
- Estufa sem circulação forçada de ar 105°C;
- Papel filtro quantitativo, livre de cinzas e de filtração rápida;
- Funil;
- sistema de aquecimento banho de areia;

Reagentes:

- Ácido Clorídrico (HCl) 10% v/v

Procedimento:

- Lave os cadelhos de porcelana e os deixe secar em estufa 105°C por 16 horas, caso estes estejam limpos e secos, deixar por 2 horas em estufa 105°C. Após esse período, coloque-os em dessecador devidamente preparado, a fim de esfriá-los. Após a estabilização com a temperatura ambiente, pese os cadelhos, removendo com auxílio da pinça, um de cada vez do dessecador e mantendo este fechado entre as remoções do recipiente.
- Adicione nos cadelhos aproximadamente duas gramas de amostra seca ao ar. Acondicione os cadelhos contendo as amostras na mufla. Após ligar o equipamento, aguarde que o mesmo alcance a temperatura de 600°C. Proceda a queima por 3 a 4 horas nesta temperatura. Após este tempo, desligue a mufla e deixe que a mesma resfrie fechada. A temperatura de retirada deve estar entre 150 e 200°C.
- Transfira os cadelhos de porcelana com as amostras para um tabuleiro para que possam resfriar. Após resfriadas adicione 20ml da solução de HCl 10% , tampe-os com

vidro de relógio e deixe-os por 5 minutos em banho de areia a 200°C. Após este período o conteúdo do cadinho (cinza + ácido), deverão ser filtrados em papel filtro quantitativo. O papel filtro juntamente com o precipitado remanescente deverão ser acondicionados no cadinho de porcelana e novamente queimados em forno mufla por três horas a 600°C. Após este tempo, desligue a mufla e deixe que a mesma esfrie fechada. A temperatura de retirada deve estar entre 150 e 200°C. Coloque os cadinhos de porcelana com as amostras no dessecador , deixe estabilizar com a temperatura ambiente. Pese e registre os pesos.