



CAPÍTULO 5

ISOLEUCINA NA DIETA DE AVES

Marcos Cicero Pereira dos Santos

Adiel Vieira de Lima

Aline Beatriz Rodrigues

Raiane dos Santos Silva

Paloma Eduarda Lopes de Souza

Maria Isabelly Leite Maia

Danilo Vargas Gonçalves Vieira

Humberto de Araújo Brito Filho

Edilson Paes Saraiva

Carlos Henrique do Nascimento

José de Arimatéia de Freitas Pinto

Fernando Guilherme Perazzo Costa

A importância dos aminoácidos na nutrição de aves é fundamental para otimizar o desempenho produtivo e a saúde dos animais, ao mesmo tempo em que se busca a sustentabilidade ambiental (Kim et al., 2022; Scottá et al., 2014). Os aminoácidos são os blocos construtores das proteínas, essenciais para o crescimento, produção de ovos, atividade enzimática, renovação de tecidos e função imunológica (Kim et al., 2022). O uso do conceito de “proteína ideal”, que busca o balanço exato dos aminoácidos sem deficiências ou excessos, permite reduzir significativamente o teor de proteína bruta (PB) nas dietas, o que não só otimiza a utilização de nutrientes e reduz os custos de alimentação, mas também minimiza a excreção de nitrogênio e a poluição ambiental (Miranda et al., 2015; Oliveira et al., 2022; Scottá et al., 2014; Kidd et al., 2021).

Entre os aminoácidos, os de cadeia ramificada (BCAA) — leucina, isoleucina e valina — são de particular relevância. Eles não apenas contribuem substancialmente para o desenvolvimento da massa muscular e a síntese proteica através da ativação de vias de sinalização como a mTOR (Liu et al., 2022; Ospina-Rojas et al., 2020; Kim et al., 2022), mas também desempenham papéis cruciais no metabolismo de glicose e lipídios (Nie et al., 2018; Kim et al., 2022). Além disso, os BCAAs são essenciais para o funcionamento adequado do sistema imunológico e a manutenção da integridade da mucosa intestinal, influenciando positivamente a saúde do trato gastrointestinal e a microbiota (Lima et al., 2016; Zhao et al., 2013; Allameh and Toghyani, 2019; Kim et al., 2022).

Para garantir o aporte nutricional ideal, é vital considerar que aminoácidos como metionina, lisina, treonina, valina e isoleucina são frequentemente limitantes em dietas à base de milho e farelo de soja, especialmente em formulações de baixa PB (Scottá et al., 2014; Kim et al., 2022). A suplementação precisa é necessária, pois um desequilíbrio nas proporções de BCAAs, particularmente o excesso de leucina (Zouaoui et al., 2021), pode gerar antagonismos que prejudicam o crescimento, o consumo de ração e a utilização dos outros BCAAs (Ospina-Rojas et al., 2020; Goo et al., 2024; Peganova e Eder, 2002, 2003; Santos et al., 2016). Portanto, a formulação cuidadosa e baseada em aminoácidos digestíveis é indispensável para maximizar a eficiência produtiva, a saúde das aves e a sustentabilidade da produção avícola (Miranda et al., 2015; Oliveira et al., 2022). Portanto, a formulação de dietas para aves deve considerar não apenas os requisitos individuais da isoleucina, mas também suas interações e proporções ideais com os outros BCAAs, especialmente em dietas de baixa proteína, para maximizar a eficiência nutricional e a saúde geral das aves (Maynard et al., 2022; Ospina-Rojas et al., 2020).

A isoleucina é um aminoácido alifático hidrofóbico (Santos et al., 2016), o que significa que possui uma cadeia lateral alifática (sem anéis aromáticos e composta apenas por átomos de carbono e hidrogênio) e é caracterizada por sua baixa afinidade com a água (Scottá et al., 2014). Essa hidrofobicidade é um fator importante para a estabilidade das proteínas, onde os resíduos hidrofóbicos se localizam geralmente no interior da estrutura proteica (Scottá et al., 2014).

A similaridade estrutural da isoleucina com a leucina e a valina é uma característica química fundamental que leva a importantes interações metabólicas. Os três BCAAs compartilham os mesmos sistemas de transporte através das membranas celulares e as mesmas enzimas para sua degradação. Um excesso de um BCAA, especialmente a leucina, pode estimular a degradação dos outros dois, resultando em deficiências de valina e isoleucina (Goo et al., 2024b; Zouaoui et al., 2021; Ospina-Rojas et al., 2020; Peganova e Eder, 2002; Santos et al., 2016).

Quanto à sua classificação metabólica, a isoleucina é considerada um aminoácido que pode ser tanto glicogênico quanto cetogênico (Scottá et al., 2014). Isso significa que seus esqueletos de carbono podem ser convertidos em piruvato ou intermediários do ciclo de Krebs (substratos para a gliconeogênese, produzindo glicose ou glicogênio) e/ou em acetoacetato ou seus precursores (acetil-CoA ou acetoacetil-CoA, que levam à formação de corpos cetônicos). Especificamente, a isoleucina é convertida em isobutil-CoA e, ao final de sua via de degradação, forma propionil-CoA e acetil-CoA (Scottá et al., 2014).

A isoleucina, um aminoácido essencial de cadeia ramificada (BCAA), é crucial para a nutrição de aves, influenciando o crescimento, o metabolismo lipídico e a função imunológica (Liu et al., 2022). Na Tabela 5.1 pode-se observar um resumo das BCAAs.

Tabela 5.1. Resumo das BCAAs (classificação, metabolismo, enzimas, antagonismo, transportadores, função metabólica, precursor)

Característica	Leucina (Leu)	Isoleucina (Ile)	Valina (Val)
Classificação	Aminoácido essencial, alifático, de cadeia ramificada	Aminoácido essencial, alifático, de cadeia ramificada	Aminoácido essencial, alifático, de cadeia ramificada
Metabolismo Principal	Cetogênico exclusivo (forma acetil-CoA e acetoacetato)	Glicogênico e Cetogênico (forma propionil-CoA e acetil-CoA)	Glicogênico exclusivo (forma propionil-CoA)7...
Enzimas Compartilhadas	Sim (BCAT e BCKD)	Sim (BCAT e BCKD)	Sim (BCAT e BCKD)
Antagonismo	Mais significativo. O excesso de Leu ativa o BCKD, aumentando o catabolismo de Ile e Val.	Menos significativo que Leu. O excesso de Ile pode inibir Val, mas em menor grau.	Menos significativo que Leu. O excesso de Val não influencia Leu e Ile.
Transportadores	Compartilha o sistema-L (LAT1/LAT2)	Compartilha o sistema-L (LAT1/LAT2)	Compartilha o sistema-L (LAT1/LAT2)
Função Metabólica Chave	Maior estimulador da síntese de proteína via via mTOR	Contribui para síntese de proteína, metabolismo de lipídios e energia	Contribui para síntese de proteína e energia
Precursor	Cetoisovalerato (intermediário da via da valina)	Piruvato + Cetobutirato	Piruvato
Abundância na Dieta	Geralmente abundante em dietas à base de milho e farelo de soja, raramente limitante	Quarto ou quinto aminoácido limitante em dietas à base de milho e farelo de soja	Quarto aminoácido limitante em dietas à base de milho e farelo de soja

5.1. ABSORÇÃO, TRANSPORTE E METABOLISMO DA ISOLEUCINA NAS AVES

O metabolismo da isoleucina, juntamente com o da leucina e valina, é complexo e caracterizado por interações significativas entre esses três BCAAs.

5.1.1. Absorção Intestinal e Transporte

Após a ingestão, a isoleucina é absorvida pelo intestino delgado e transportada para a corrente sanguínea (Santos et al., 2016). Os BCAAs são transportados ativamente para as células por sistemas de transportadores comuns, como o sistema-L, que inclui transportadores como LAT1 (L-type Amino Acid Transporter 1) e LAT4 (L-Type Amino Acid Transporter 4) (Kim et al., 2022; Bodoy et al., 2005; Goo et al., 2025). Esses transportadores são expressos em órgãos importantes para a homeostase e utilização de BCAAs, incluindo o intestino (Kim et al., 2022). Diferentemente de outros aminoácidos, os BCAAs não sofrem metabolismo hepático significativo de primeira passagem. O músculo esquelético é o principal local de catabolismo dos BCAAs (Kim et al., 2022).

5.1.2. Metabolismo

Os BCAAs são aminoácidos indispensáveis para as aves e compartilham as mesmas enzimas para sua degradação (Zouaoui et al., 2021; Kim et al., 2022; Brosnan e Brosnan, 2006; Zhang et al., 2017). A primeira etapa do catabolismo dos BCAAs é um processo reversível de transaminação, catalisado pela enzima BCAA aminotransferase (BCAT). Esta etapa ocorre principalmente nos músculos, convertendo BCAAs em seus respectivos α -cetoácidos de cadeia ramificada (BCKAs). A mucosa intestinal também possui BCAT (Zouaoui et al., 2021; Kim et al., 2022). A segunda etapa é um processo irreversível de descarboxilação oxidativa, catalisado pelo complexo α -cetoácido desidrogenase de cadeia ramificada (BCKD), que é um processo de desaminação que ocorre nas mitocôndrias hepáticas ou musculares (Scottá et al., 2014). Converte os BCKAs em compostos de acil-CoA de cadeia ramificada (Zouaoui et al., 2021; Kim et al., 2022).

Do ponto de vista metabólico, a isoleucina é classificada como tanto glicogênica quanto cetogênica. Isso se deve à sua conversão final em propionil-CoA e acetil-CoA, que podem ser utilizados tanto na gliconeogênese quanto na formação de corpos cetônicos (Kim et al., 2022; Scottá et al., 2014). O fígado, embora importante no metabolismo geral, possui uma baixa atividade de BCAT, sugerindo que a transaminação inicial dos BCAAs ocorre predominantemente em outros tecidos (Kim et al., 2022).

O metabolismo da isoleucina envolve uma série de etapas bioquímicas fundamentais que ilustram sua importância tanto como substrato energético quanto como componente estrutural. Após ser absorvida ativamente pelos enterócitos do intestino delgado, por meio de transportadores específicos como os do sistema-L, a isoleucina é liberada na corrente sanguínea e direcionada principalmente aos tecidos musculares, onde desempenha papel central. Uma vez no interior das células, ela pode ser utilizada na síntese proteica ou ser direcionada ao catabolismo. O processo catabólico da isoleucina inicia-se com uma transaminação, catalisada pela enzima BCAA aminotransferase (BCAT), que forma o cetoácido α -ceto- β -metilvalerato. Esse composto é então submetido a uma descarboxilação oxidativa irreversível, mediada pelo complexo BCKD, resultando na formação de isobutiril-CoA. A partir daí, a isoleucina é convertida em propionil-CoA e acetil-CoA, os quais podem ser utilizados, respectivamente, na gliconeogênese e no ciclo do ácido cítrico ou na produção de corpos cetônicos. Essa via metabólica dupla confere à isoleucina a classificação de aminoácido glicogênico e cetogênico. Além disso, seus produtos finais contribuem diretamente para a geração de ATP e para a ativação de vias celulares regulatórias, como a via mTOR, especialmente nos tecidos musculares. Todas essas etapas estão resumidas de forma esquemática na Figura 5.1, que apresenta desde sua absorção até os destinos metabólicos finais, incluindo suas funções biossintéticas e energéticas.

METABOLISMO DA ISOLEUCINA

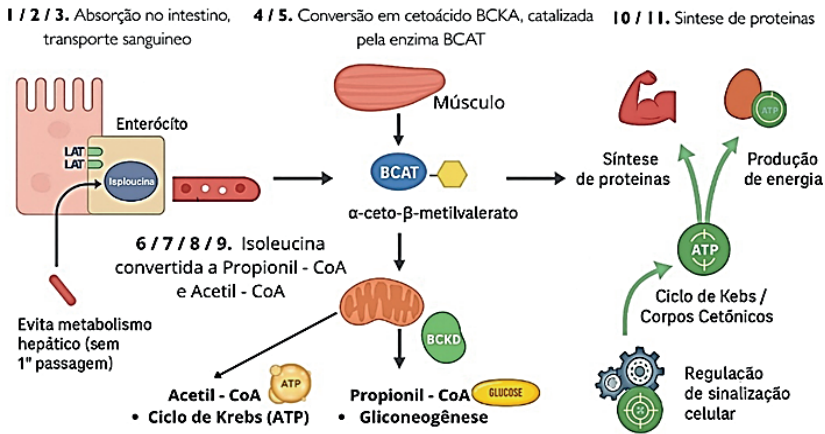


Figura 5.1. Metabolismo da isoleucina. (1) A isoleucina é absorvida ativamente pelos enterócitos (células do intestino delgado) e liberada na corrente sanguínea, utilizando transportadores como o sistema-L (e.g., LAT1, LAT4); (2) a isoleucina é transportada pela corrente sanguínea para os tecidos periféricos, especialmente os músculos, evitando metabolismo significativo de primeira passagem no fígado; (3) a isoleucina entra nas células através de transportadores de aminoácidos para ser utilizada ou catabolizada; (4) a isoleucina doa seu grupo amino para um α -cetoácido, formando α -ceto- β -metilvalerato (um BCKA). Esta reação é catalisada pela enzima BCAA aminotransferase (BCAT). Ocorre principalmente nos músculos e mucosa intestinal; (5) o α -ceto- β -metilvalerato é irreversivelmente descarboxilado para formar isobutiril-CoA (um acil-CoA de cadeia ramificada). Esta etapa é catalisada pelo complexo α -cetoácido desidrogenase de cadeia ramificada (BCKD). O processo de desaminação oxidativa, da qual esta etapa faz parte, ocorre nas mitocôndrias hepáticas ou musculares; (6) a isoleucina é finalmente convertida em propionil-CoA e acetil-CoA; (7) o propionil-CoA pode ser direcionado para a gliconeogênese (produção de glicose); (8) o acetil-CoA pode entrar no ciclo do ácido cítrico (Ciclo de Krebs) para produção de energia ou ser usado na síntese de corpos cetônicos; (9) essa dualidade classifica a isoleucina como um aminoácido glicogênico e cetogênico; (10) a isoleucina é utilizada diretamente para a síntese de proteínas (e.g., no músculo para ganho de massa muscular, em ovos para produção); (11) os produtos do seu catabolismo contribuem para a produção de ATP.

5.2. INTERAÇÕES COM LEUCINA E VALINA (AMINOÁCIDOS DE CADEIA RAMIFICADA - BCAAS)

A interação entre leucina, isoleucina e valina é um aspecto crítico de seu metabolismo, levando ao que é conhecido como antagonismo de BCAAs (Ospina-Rojas et al., 2020; Zouaoui et al., 2021). Devido à sua semelhança estrutural, os BCAAs competem pelos mesmos sistemas de transporte através das membranas celulares e utilizam os mesmos complexos enzimáticos para sua degradação (Zouaoui et al., 2021; Kim et al., 2022; Scottá et al., 2014). A leucina é considerada o BCAA

mais influente e o principal regulador do catabolismo dos BCAAs (Zouaoui et al., 2021). O excesso de leucina na dieta pode estimular a atividade do complexo BCKD, aumentando a degradação de todos os três BCAAs, e consequentemente, reduzindo a disponibilidade de valina e isoleucina no sangue e tecidos (Zouaoui et al., 2021). Isso foi observado em estudos com leitões e aves, onde a leucina dietética elevada diminuiu o consumo de ração e o ganho de peso (Zouaoui et al., 2021).

Dietas com alta inclusão de farelo de grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS), que têm alta relação leucina:lisina, podem afetar negativamente o peso corporal, ganho de peso, consumo de ração, peso da carcaça e a altura das vilosidades jejunais e ileais em frangos de corte (Goo et al., 2024). A suplementação com isoleucina e valina pode aliviar os efeitos negativos do excesso de leucina no desempenho (Zouaoui et al., 2021; Ospina-Rojas et al., 2020). A isoleucina e a valina parecem ter uma afinidade menor pelas enzimas BCAT e BCKD em comparação com a leucina, sugerindo um efeito menos pronunciado no catabolismo dos outros BCAAs (Zouaoui et al., 2021).

Um estudo com codornas japonesas em postura mostrou que o excesso de isoleucina (até 1,248% em dietas com 16% de proteína bruta, em que 0,672% foi suficiente para atender as exigências) não resultou em efeitos lineares significativos negativos sobre o desempenho ou qualidade dos ovos, com exceção do consumo de isoleucina (Santos et al., 2016). No entanto, um estudo com galinhas poedeiras de 25 a 32 semanas de idade mostrou que concentrações de isoleucina acima de 0,75% (atingindo 0,81% e 1,05%) levaram a uma redução significativa no consumo de ração, produção de ovos e massa diária de ovos (Peganova e Eder, 2002). Além disso, os BCAAs podem competir com o triptofano pelo transporte através da barreira hematoencefálica, afetando a produção de serotonina, um neurotransmissor que influencia o comportamento alimentar dos animais (Scottá et al., 2014; Wessels et al., 2016). Níveis elevados de valina, isoleucina e leucina estão associados à baixa produção de serotonina no cérebro de frangos de corte (Harrison e D'Mello, 1986).

5.3. EXIGÊNCIA DE ISOLEUCINA PARA AVES

A isoleucina (Ile), um dos aminoácidos de cadeia ramificada (BCAA) junto com a valina (Val) e a leucina (Leu), é um nutriente essencial crucial para a síntese proteica, produção de energia e crescimento muscular em aves. Os BCAAs compartilham as mesmas enzimas de degradação, o que pode levar a um antagonismo metabólico se suas proporções na dieta estiverem desequilibradas. O equilíbrio entre esses aminoácidos é fundamental para otimizar o desempenho e a saúde das aves.

Requisitos Nutricionais por Fase: A isoleucina é frequentemente considerada o quinto aminoácido limitante em dietas à base de milho e farelo de soja com baixo teor de proteína bruta. As exigências variam com a fase de crescimento e a linhagem do frango.

5.3.1. Frangos de corte

As exigências nutricionais de aminoácidos para as aves são influenciadas por múltiplos fatores, o que gera variações nas recomendações entre diferentes autores e fontes. Fatores como genética e linhagem (Tabela 5.2) são cruciais, pois o contínuo avanço genético em desempenho de crescimento e produção requer atualizações periódicas das necessidades nutricionais. A idade (Tabela 5.2) e o estágio de desenvolvimento do animal, bem como o sexo, também alteram significativamente as exigências. As condições ambientais, como temperatura e umidade, afetam o consumo de ração e, conseqüentemente, a concentração de nutrientes necessária. O nível energético da ração e o consumo de ração são interdependentes, influenciando diretamente a densidade necessária de aminoácidos.

Tabela 5.2. Recomendações de Isoleucina para Frangos de Corte

Autor	Fase	Níveis (%)	Iso: Lis (%Dig)	Consumo AA (g/ave/dia)
Desempenho Superior				
Rostagno (2024)	Pré inicial (0 – 8)	0,916	67	0,23
Rostagno (2024)	Inicial (8 – 17)	0,894	67	0,63
Rostagno (2024)	Crescimento I (17 – 27)	0,842	67	1,20
Rostagno (2024)	Crescimento II (27 – 35)	0,806	67	1,60
Rostagno (2024)	Final I (35 - 43)	0,796	68	1,72
Rostagno (2024)	Final II (43 – 49)	0,773	68	1,61
Rostagno (2011)	Pré inicial (0 – 7)	0,887	67	0,22
Rostagno (2011)	Inicial (8 – 21)	0,816	67	0,69
Rostagno (2011)	Crescimento I (22 – 33)	0,769	68	1,21
Rostagno (2011)	Crescimento II (34 – 42)	0,721	68	1,44
Rostagno (2011)	Final (43 - 46)	0,684	68	1,43
Rostagno (2005)	Pré inicial (0 – 7)	0,886	65	0,21
Rostagno (2005)	Inicial (8 – 21)	0,773	65	0,52
Rostagno (2005)	Crescimento I (22 – 33)	0,736	67	1,04
Rostagno (2005)	Crescimento II (34 – 42)	0,702	67	1,33
Rostagno (2005)	Final (43 - 46)	0,680	67	1,41
Desempenho Médio - Superior				
Rostagno (2017)	Pré inicial (0 – 7)	0,895	66	0,21
Rostagno (2017)	Inicial (8 – 21)	0,875	67	0,66
Rostagno (2017)	Crescimento I (22 – 33)	0,840	68	1,34
Rostagno (2017)	Crescimento II (34 – 42)	0,726	68	1,53
Rostagno (2017)	Final (43 - 46)	0,658	68	1,47

Desempenho Médio				
Rostagno (2024)	Pré inicial (0 – 8)	0,876	67	0,22
Rostagno (2024)	Inicial (8 – 17)	0,854	67	0,60
Rostagno (2024)	Crescimento I (17 – 27)	0,802	67	1,15
Rostagno (2024)	Crescimento II (27 – 35)	0,764	67	1,53
Rostagno (2024)	Final I (35 - 43)	0,750	68	1,64
Rostagno (2024)	Final II (43 – 49)	0,730	68	1,54
Rostagno (2011)	Pré inicial (0 – 7)	0,878	67	0,22
Rostagno (2011)	Inicial (8 – 21)	0,787	67	0,60
Rostagno (2011)	Crescimento I (22 – 33)	0,733	68	1,13
Rostagno (2011)	Crescimento II (34 – 42)	0,687	68	1,38
Rostagno (2011)	Final (43 - 46)	0,636	68	1,33
Rostagno (2005)	Pré inicial (0 – 7)	0,865	65	0,20
Rostagno (2005)	Inicial (8 – 21)	0,745	65	0,49
Rostagno (2005)	Crescimento I (22 – 33)	0,719	67	0,97
Rostagno (2005)	Crescimento II (34 – 42)	0,681	67	1,21
Rostagno (2005)	Final (43 - 46)	0,650	67	1,27
Desempenho Regular Médio				
Rostagno (2017)	Pré inicial (0 – 7)	0,876	67	0,20
Rostagno (2017)	Inicial (8 – 21)	0,842	67	0,62
Rostagno (2017)	Crescimento I (22 – 33)	0,764	68	1,20
Rostagno (2017)	Crescimento II (34 – 42)	0,690	68	1,43
Rostagno (2017)	Final (43 - 46)	0,649	68	1,43
Médios e Grandes				
Cobb500 (2022)	Iniciante 0 – 12	0,81	64	0,31
Cobb500 (2022)	Crescimento I 13 – 28	0,75	64	1,05
Cobb500 (2022)	Crescimento II 29 – 39	0,69	65	1,45
Cobb500 (2022)	Final I 40 – 49	0,63	66	1,47
Cobb500 (2022)	Final II > 50	0,57	66	-
Ross (2022)	0 – 10	0,88	67	-
Ross (2022)	11 – 24	0,80	68	-
Ross (2022)	25 – 39	0,75	69	-
Ross (2022)	40 – 51	0,70	69	-
Ross (2022)	> 52	0,67	70	-
Autor	Fase	Níveis (%Total)	Iso:Lis (%Total)	Consumo AA (g/ave/dia)
NRC (1994)	0 – 3 Semanas	0,80	73	0,32
NRC (1994)	3 – 6 Semanas	0,73	73	0,83
NRC (1994)	6 – 8 Semanas	0,62	73	0,89

As exigências nutricionais de isoleucina (Ile) para frangos de corte têm sido alvo de diversos estudos, com o objetivo de otimizar o desempenho produtivo e a eficiência alimentar das aves. De acordo com o NRC (1994), recomenda-se um nível de 0,73% de isoleucina total na ração para frangos de corte com idade entre 22 e 42 dias (Scottá et al., 2014; NRC, 1994). No entanto, outros autores sugerem níveis ligeiramente inferiores. Corzo et al. (2004), por exemplo, indicam a necessidade de 0,66% de isoleucina digestível para frangos na faixa etária de 20 a 40 dias (Corzo et al., 2004; Scottá et al., 2014), enquanto Baker et al. (2002) propõem uma relação de isoleucina em relação à lisina digestível de 61% para essa mesma fase produtiva (Baker et al., 2002; Scottá et al., 2014).

A literatura mais recente tem avançado na busca por relações ideais entre isoleucina e lisina digestível, considerando diferentes linhagens e faixas etárias. Por exemplo, estudos com frangos de corte machos da linhagem Ross 708 x Ross YP, entre 0 e 18 dias de idade, apontam que a relação ideal de Ile:Lisina digestível varia entre 63% e 73% para promover melhores ganhos de peso e peso corporal. Para a conversão alimentar (FCR), os valores ótimos situam-se entre 68% e 74% (Brown et al., 2022). Em frangos de 14 a 28 dias de idade, outra pesquisa identificou faixas de 62% a 68% para ganho de peso e de 67% a 70% para FCR, confirmando a importância da adequação da proporção entre esses aminoácidos essenciais para o desempenho zootécnico (Brown et al., 2021).

Além da idade, o peso corporal também influencia a exigência de isoleucina. Para frangos com peso entre 1,0 e 4,0 kg, a relação ideal de Ile:Lisina digestível varia entre 0,63 e 0,73, conforme proposto por Wise et al. (2021). Esses autores também destacam que dietas compostas por milho e farelo de soja, formuladas com relações entre 0,67 e 0,69, são eficazes para promover crescimento ideal e rendimento de carcaça em frangos de corte.

Um estudo mais recente realizado por Oliveira et al. (2022) em dietas com baixo teor proteico recomenda uma relação de isoleucina padronizada digestível (SID) em relação à lisina de aproximadamente 66% para frangos de 1 a 21 dias de idade e de 65% para a fase de 22 a 44 dias. Esses dados reforçam a importância da formulação precisa de dietas, especialmente em contextos de redução proteica, visando não apenas o desempenho, mas também a sustentabilidade da produção avícola.

5.3.2. Poedeiras comerciais leves e semipesadas

As tabelas consideram múltiplos fatores como peso corporal, ganho de peso, produção de ovos e temperatura ambiente para oferecer programas nutricionais dinâmicos e de precisão, visando a máxima produtividade e a formulação de rações mais econômicas e eficientes (Tabela 5.3).

Tabela 5.3. Recomendações de Isoleucina para Poedeiras Comerciais

Autor	Fase	Níveis (%Dig)	Iso: Lis (%Dig)	Consumo AA (g/ave/dia)
Hy-line W-36	Pico	0,64	80	0,64
Hy-line W-36	Postura 3	0,55	79	0,55
Rostagno (2011)	Leve (1,650 kg)	0,515	76	0,53
Rostagno (2011)	Semipesada (1,9 kg)	0,477	76	0,54
NRC (1994)	Postura	0,55	80	0,55
Desempenho Superior				
Rostagno (2024)	Leve (1,6 kg)	0,602	89	0,60
Rostagno (2024)	Semipesada (1,9kg)	0,556	80	0,61
Desempenho Médio – Superior				
Rostagno (2017)	Leve (1,450 kg)	0,619	78	0,60
Rostagno (2017)	Semipesada (1,980 kg)	0,556	78	0,63

Estudos em poedeiras entre 25 e 32 semanas de idade observaram que o consumo de ração e a produção de ovos foram significativamente menores com 0,81% de isoleucina dietética, em comparação com concentrações de 0,39% a 0,75% (Peganova e Eder, 2002). O requisito de Ile para o máximo desempenho (95% ou 99% do máximo) em poedeiras foi de 416 a 472 mg/d (Peganova e Eder, 2002).

5.3.3. Matrizes

A formulação de dietas para Matrizes Reprodutoras é uma área altamente especializada da nutrição avícola, focada em otimizar tanto a saúde e produtividade da ave reprodutora quanto a qualidade da prole. As Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos, amplamente utilizadas, fornecem diretrizes essenciais baseadas em pesquisa nacional, além dos manuais de linhagem e trabalhos científicos publicados em periódicos (Tabela 5.4).

Tabela 5.4. Recomendações de Isoleucina para Matrizes Comerciais

Autor	Fase	Níveis (%Dig)	Iso:Lis (%Dig)	Consumo AA (g/ave/dia)
Até 28 Semanas				
NOVOgen Brown	Ingestão 120g	0,64	90	0,77
NOVOgen Brown	Ingestão 110g	0,70	91	0,77
28 a 45 Semanas				
NOVOgen Brown	Ingestão 120g	0,60	90	0,72
NOVOgen Brown	Ingestão 110g	0,66	90	0,73

45 Semanas até o Descarte				
NOVOgen Brown	Ingestão 120g	0,60	90	0,72
NOVOgen Brown	Ingestão 110g	0,66	90	0,73
Matriz				
Matriz Cobb500	Crescimento	0,42	70	-
Matriz Cobb500	Postura 2	0,42	70	-
Reprodutoras Pesadas				
Rostagno (2024)	4,200kg	0,497	92	0,826
Rostagno (2024)	3,800kg	0,542	92	0,925

5.3.4. Codornas Japonesas e Europeias

As informações sobre as exigências de isoleucina para codornas são limitadas nas fontes. Os dados disponíveis referem-se principalmente a codornas japonesas em fase de postura (Tabela 5.5).

Tabela 5.5. Exigência de Isoleucina para Codornas Japonesas e europeias

Autor	Fase	Níveis (%Dig)	Iso:Lis (%Dig)	Consumo AA (g/ave/dia)
Codornas Japonesas				
Silva (2012)	1 – 21	0,89	75	-
Silva (2012)	22 – 42	0,74	70	-
Silva (2012)	Postura 1	0,87	92	-
Silva (2012)	Postura 2	0,96	91	-
Rostagno (2024)	Cria (1 – 14)	0,896	64	0,140
Rostagno (2024)	Recria (15 – 35)	0,817	71	0,183
Rostagno (2024)	Postura	0,645	65	0,164
Santos et al.,(2016)	Postura	0,672	-	-
Codornas Europeias				
Silva et al., (2012)	Inicial (1 – 21)	1,14	83	-
Silva et al., (2012)	Crescimento (22 – 42)	1,03	84	-
Rostagno (2024)	Inicial (1 – 14)	2,466	83	0,285
Rostagno (2024)	Crescimento (15 – 35)	2,391	88	0,541
Rostagno (2024)	Completa (1 – 35)	2,421	86	0,440

Para codornas japonesas alimentadas com dietas de 16% de proteína bruta (PB), o nível de isoleucina de 0,672% foi suficiente para obter desempenho satisfatório de postura. A taxa de postura não foi afetada pelos níveis de isoleucina na dieta, mantendo uma média de 87,39% (Santos et al., 2016). Os níveis de isoleucina avaliados não causaram alterações significativas nos parâmetros de qualidade interna do ovo, como altura do álbumen, unidades Haugh, cor da gema, força ou espessura da casca.

O nível de 0,672% de isoleucina em dietas com 16% de PB promoveu uma redução na excreção de nitrogênio. Os níveis de isoleucina utilizados no estudo, mesmo os que foram até 30% acima das recomendações, não foram suficientes para provocar antagonismo entre os BCAAs nas codornas, o que sugere uma margem de segurança para este aminoácido nesta espécie dentro dos níveis testados. Os resultados de Santos et al. (2016) indicam que, para a maioria dos parâmetros de desempenho e qualidade de ovos (consumo de ração, porcentagem de postura, massa de ovo, conversão alimentar), os níveis testados de isoleucina (de 0,672% a 1,248% na dieta) não resultaram em diferenças significativas. Isso sugere que o nível basal de 0,672% já atendia às exigências das aves para esses parâmetros, e aumentos adicionais de isoleucina não geraram melhorias lineares ou quadráticas notáveis nesses aspectos, embora o consumo de isoleucina tenha aumentado linearmente.

5.4. EFEITOS DE DEFICIÊNCIA E EXCESSO

5.4.1. Deficiência de Isoleucina

A deficiência de isoleucina na dieta de aves de corte pode resultar em diversos prejuízos ao desempenho produtivo, sendo observada, principalmente, uma redução no ganho de peso corporal, piora na conversão alimentar e menor rendimento tanto de carcaça quanto de carne de peito. Além disso, tal deficiência pode afetar a uniformidade dos lotes, uma vez que o coeficiente de variação tende a diminuir conforme os níveis dietéticos de aminoácidos se aproximam das exigências nutricionais adequadas.

Em frangas de corte, mesmo uma deficiência marginal de isoleucina pode impactar negativamente alguns parâmetros imunológicos. No entanto, esses efeitos não necessariamente comprometem a imunidade de forma significativa, sugerindo uma certa tolerância fisiológica à redução moderada deste aminoácido. Em situações de desafio sanitário, como em casos de enterite necrótica (EN), observou-se que a deficiência de isoleucina não exerce um impacto tão relevante sobre o desempenho ou o consumo de ração quanto a deficiência de valina. Isso indica que os efeitos negativos da deficiência de valina e da presença de EN podem atuar de maneira independente.

5.4.2. Excesso de Isoleucina

Por outro lado, o excesso de isoleucina na dieta também pode ser prejudicial, especialmente por causar antagonismo com outros aminoácidos de cadeia ramificada (BCAAs), como leucina e valina. Esse desequilíbrio pode resultar em redução do consumo de ração e no ganho de peso. Além disso, o excesso de isoleucina pode induzir uma deficiência funcional dos demais BCAAs nos sítios de síntese proteica, comprometendo o metabolismo proteico de forma geral.

Em dietas com baixo teor proteico, a suplementação excessiva de isoleucina particularmente acima de 0,26% adicional tem sido associada à redução nos níveis de lipídios séricos, menor acúmulo de gordura hepática e diminuição da porcentagem de gordura abdominal. Tais efeitos parecem estar relacionados à ativação de vias metabólicas específicas, como AMPK e JAK2/STAT, que regulam o metabolismo lipídico. Além disso, altos níveis totais de BCAAs, e não apenas de leucina, têm sido implicados na redução da proporção de músculo do peito, o que reforça a importância do equilíbrio entre esses aminoácidos na formulação de dietas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A isoleucina, como aminoácido essencial de cadeia ramificada (BCAA), desempenha um papel fundamental no metabolismo e desempenho produtivo das aves, com destaque para frangos de corte, poedeiras e codornas. Sua importância vai além da simples participação na síntese de proteínas, abrangendo também funções regulatórias, imunológicas e energéticas que sustentam o crescimento, a produção de ovos e a manutenção da saúde intestinal.

Do ponto de vista metabólico, a isoleucina é classificada como glicogênica e cetogênica, o que a torna uma molécula versátil tanto para a produção de energia quanto para a síntese de glicose. Sua metabolização envolve etapas bem definidas, com destaque para a transaminação via BCAT e a descarboxilação oxidativa via BCKD, processos que ocorrem predominantemente no músculo esquelético e nas mitocôndrias. A eficiência da sua utilização depende diretamente da adequação dos níveis dietéticos, da forma digestível suplementada, e do equilíbrio com os demais BCAAs.

A literatura destaca que desequilíbrios entre leucina, isoleucina e valina podem gerar antagonismos metabólicos, prejudicando o consumo de ração, o crescimento e o desempenho reprodutivo. Em dietas à base de milho e farelo de soja, especialmente aquelas com redução de proteína bruta (PB), a isoleucina torna-se frequentemente limitante, sendo essencial sua suplementação com base nas exigências específicas da fase de produção e da linhagem da ave.

Além disso, a isoleucina participa de vias de sinalização celular, como a via mTOR, que regula a síntese proteica e está intimamente ligada ao crescimento muscular e à eficiência produtiva. Ainda, sua influência sobre a microbiota intestinal, a integridade da mucosa e o sistema imune reforça seu papel multifuncional.

Portanto, uma compreensão aprofundada da fisiologia, metabolismo e exigências nutricionais da isoleucina, aliada a uma formulação de dietas equilibradas, é indispensável para atender às crescentes demandas por produtividade, qualidade e sustentabilidade na avicultura moderna. O ajuste preciso desse aminoácido, em conjunto com os demais BCAAs, deve ser considerado uma ferramenta estratégica para otimizar o desempenho zootécnico, garantir a saúde intestinal e promover a eficiência do sistema produtivo como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAMEH, S.; TOGHYANI, M. Effect of dietary valine supplementation to low protein diets on performance, intestinal morphology and immune responses in broiler chickens. **Livestock Science**, v. 229, p. 137–144, 2019.

BAKER, D. H.; BATAL, A. B.; PARR T. M. et al. Ideal Ratio (Relative to Lysine) of Tryptophan, Threonine, Isoleucine, and Valine for Chicks During the Second and Third Weeks Posthatch. **Poultry Science**, v. 81, p.485–494, 2002.

BODOY, S.; MARTÍN, L.; ZORZANO, A.; PALACÍN, M.; ESTÉVEZ, R.; BERTRAN, J. Identification of LAT4, a novel amino acid transporter with system L activity. **Journal of Biological Chemistry**, v. 280, n. 12, p. 12002–12011, 2005.

BROSNAN, J. T.; BROSNAN, M. E. Branched-chain amino acids: enzyme and substrate regulation. **Journal of Nutrition**, v. 136, n. 1, p. 207S–211S, 2006.

BROWN, A. T.; LEE, J.; ADHIKARI, R.; HAYDON, K.; WAMSLEY, K. G. S. Determining the optimum digestible isoleucine to lysine ratio for Ross 708 x Ross YP male broilers from 0 to 18 d of age. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 30, art. 100205, 2021.

BROWN, A. T.; LEE, J.; ADHIKARI, R.; HAYDON, K.; WAMSLEY, K. G. S. Determining the optimal digestible isoleucine to lysine ratio of Ross 708 x Ross YP male broilers from 14 to 28 days of age. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 31, art. 100262, 2022.

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

GOO, D.; KO, H.; CHOI, J.; LEE, J.; WHITE, D. L.; SHARMA, M. K.; KIM, W. K. Valine and isoleucine deficiency in necrotic enteritis challenge impact growth performance, intestinal health, and muscle growth in broilers. **Poultry Science**, v. 104, art. 105143, 2025.

GOO, D.; SINGH, A. K.; CHOI, J.; SHARMA, M. K.; PANERU, D.; LEE, J.; KATHA, H. R.; ZHUANG, H.; KONG, B.; BOWKER, B.; KIM, W. K. Different dietary branched-chain amino acid ratios, crude protein levels, and protein sources can affect the growth performance and meat yield in broilers. **Poultry Science**, art. 104313, 2024.

HALE, L. L.; PHARR, G. T.; BURGESS, S. C.; CORZO, A.; KIDD, M. T. Isoleucine needs of thirty- to forty-day-old female chickens: immunity. **Poultry Science**, v. 83, p. 1979–1985, 2004.

HARRISON, L. M.; D’MELLO, J. P. F. Large neutral amino acids in the diet and neurotransmitter concentrations in the chick brain. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 45, p. 72A, 1986.

JIAN, H.; XU, M.; LIU, F.; ZHANG, L.; HUANG, Q.; MA, J.; ZOU, X.; DONG, X. Branched-chain amino acids induce hyperammonemia via gut-liver axis-mediated ammonia overproduction in laying hens. **Animal Nutrition Journal**, 2025.

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

KIM, W. K.; SINGH, A. K.; CHOI, J.; GOO, D.; LEE, J.; PANERU, D.; SHARMA, M. K. Functional role of branched chain amino acids in poultry a review. **Poultry Science**, v. 101, art. 101732, 2022.

LIMA, M. B.; SAKOMURA, N. K.; DORIGAM, J. C. P.; SILVA, E. P.; FERREIRA, N. T.; FERNANDES, J. B. K. Maintenance valine, isoleucine, and tryptophan requirements for poultry. **Poultry Science**, v. 95, n. 4, p. 842–850, 2016.

LIMA, M. B.; SAKOMURA, N. K.; SILVA, E. P.; DORIGAM, J. C. P.; FERREIRA, N. T.; MALHEIROS, E. B.; FERNANDES, J. B. K. The optimal digestible valine, isoleucine and tryptophan intakes of broiler breeder hens for rate of lay. **Animal Feed Science and Technology**, v. 238, p. 29–38, 2018.

LIU, C.; RADEBE, S. M.; ZHANG, H.; JIA, J.; XIE, S.; SHI, M.; YU, Q. Effect of *Bacillus coagulans* on maintaining the integrity intestinal mucosal barrier in broilers. **Vet. Microbiol.**, v. 266, p. 109357, 2022

MAYRARD, C. W.; MULLENIX, G. J.; MAYNARD, C. J.; WELLS-CRAFTON, S. C.; LEE, J. T.; RAO, S. K.; BUTLER, L. D.; ORLOWSKI, S. K.; KIDD, M. T. Titration of dietary isoleucine and evaluation of branched-chain amino acid levels in female Cobb 500 broilers during a 22- to 42-day finisher period. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 31, art. 100245, 2022.

MIRANDA, D. J. A.; VIEIRA, S. L.; FAVERO, A.; ANGEL, C. R.; STEFANELLO, C.; NOGUEIRA, E. T. Performance and meat production of broiler chickens fed diets formulated at different crude protein levels supplemented or not with L-valine and L-isoleucine. **Animal Feed Science and Technology**, v. 206, p. 39–47, 2015

MIRANDA, D. J. A.; VIEIRA, S. L.; FAVERO, A.; ANGEL, C. R.; STEFANELLO, C.; NOGUEIRA, E. T. Performance and meat production of broiler chickens fed diets formulated at different crude protein levels supplemented or not with L-valine and L-isoleucine. **Animal Feed Science and Technology**, v. 206, p. 39–47, 2015.

Nie, C.; He, T.; Zhang, W.; Zhang, G.; Ma, X. Branched chain amino acids: beyond nutrition metabolism. **J Mol Sci.**, v. 19, p. 954, 2018.

OLIVEIRA, C. H. de; BERNARDES, R. D.; DIAS, K. M. M.; RIBEIRO, A. M.; RODRIGUEIRO, R. J. B.; CALDERANO, A. A.; ALBINO, L. F. T. The influence of different isoleucine lysine ratios on the growth performance of broiler chickens fed low protein diets. **Poult. Sci.**, 2024

OLIVEIRA, C. H.; BERNARDES, R. D.; DIAS, K. M. M.; RIBEIRO, A. M.; RODRIGUEIRO, R. J. B.; KOO, B. K.; TAK, J.; PARK, C.; CALDERANO, A. A.; ALBINO, L. F. T. The influence of different isoleucine: lysine ratios on the growth performance of broiler chickens fed low-protein diets. **Poultry Science**, v. 101, art. 102553, 2022.

OSPINA-ROJAS, I. C.; POZZA, P. C.; RODRIGUEIRO, R. J. B.; GASPARINO, E.; KHATLAB, A. S.; MURAKAMI, A. E. High leucine levels affecting valine and isoleucine recommendations in low-protein diets for broiler chickens. **Poultry Science**, v. 99, n. 11, p. 5946–5959, 2020.

PEGANOVA, S.; EDER, K. Interactions of various supplies of isoleucine, valine, leucine and tryptophan on the performance of laying hens. **Poultry Science**, v. 82, p. 100-105, 2003.

PEGANOVA, S.; EDER, K. Studies on Requirement and Excess of Isoleucine in Laying Hens. **Poultry Science**, v. 81, n. 11, p. 1714–1721, 2002.

SANTOS, G. C. dos; GARCIA, E. A.; VIEIRA FILHO, J. A.; MOLINO, A. de B.; PELICIA, K.; BERTO, D. A. Performance of Japanese quails fed diets with low-protein and isoleucine. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 38, n. 2, p. 219-225, abr.-jun. 2016.

SCOTTÁ, B. A.; CAMPOS, P. F.; GOMIDE, A. P. C.; BARROCA, C. C.; FORMIGONI, A. S.; OLIVEIRA, B. L. de. Valina, isoleucina e leucina para aves. **PUBVET**, Londrina, v. 8, n. 1, Ed. 250, Art. 1652, jan. 2014.

WESSELS, A. G.; KLUGE, H.; HIRCHE, F.; KIOWSKI, A.; SCHUTKOWSKI, A.; CORRENT, E.; BARTELT, J.; KÖNIG, B.; STANGL, G. I. High leucine diets stimulate cerebral branched-chain amino acid degradation and modify serotonin and ketone body concentrations in a pig model. **PLoS One**, v. 11, n. 3, e0150376, 2016.

WISE, T. L.; TILLMAN, P. B.; SOTO, J.; TOUCHETTE, K. J.; DOZIER, W. A. Determination of the optimum digestible isoleucine to lysine ratios for male Yield Plus \times Ross 708 broilers between 1.0 and 4.0 kg body weight utilizing growth performance and carcass characteristics. **Poultry Science**, v. 100, p. 101307, 2021.

ZHANG, S.; ZENG, X.; REN, M.; MAO, X.; QIAO, S. Novel metabolic and physiological functions of branched chain amino acids: a review. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 8, p. 1–12, 2017

ZHAO, J.; LIU, Y.; JIANG, J.; WU, P.; JIANG, W.; LI, S.; TANG, L.; KUANG, S.; FENG, L.; ZHOU, X. Effects of dietary isoleucine on the immune response, antioxidant status and gene expression in the head kidney of juvenisoleucine Jian carp (*Cyprinus carpio* var. *Jian*). **Fish Shellfish Immunology**, v. 35, p. 572-580, 2013.

ZOUAOU, M.; LAMBERT, W.; SIMONGIOVANNI, A.; LÉT OURNEAU-MONTMINY, M. P. Comparative meta-analysis of broiler and piglet response to dietary valine taking into account isoleucine and leucine interactions. **Animal Feed Science and Technology**, v. 282, art. 115110, 2021.