

**INTERAÇÃO ENTRE IMUNIDADE E NUTRIÇÃO DAS AVES: REVISÃO DE  
LITERATURA**

INTERACTION BETWEEN IMMUNITY AND NUTRITION POULTRY:  
LITERATURE REVIEW

Ana Lúcia SICCHIROLI PASCHOAL CARDOSO

Instituto Biológico, Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio  
Avícola, Rua Bezerra Paes 2278, 13690-000, Descalvado, SP 13690-000, Brasil.  
alspcardoso@biologico.sp.gov.br

Eliana N. CASTIGLIONI TESSARI

Instituto Biológico, Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio  
Avícola, Rua Bezerra Paes 2278, 13690-000, Descalvado, SP 13690-000, Brasil.



## RESUMO

A nutrição pode ser usada como uma ferramenta para modular o sistema imunológico das aves, a fim de produzir um estado ideal de imunidade, pois as alterações do sistema imunológico necessitam de energia e de vários nutrientes para a formação de células e outras substâncias envolvidas no sistema de defesa do organismo. Vários estudos são conduzidos para indicar quais os nutrientes, e em quais níveis de inclusão, capazes de determinar imunocompetência e maior resistência a desafios sanitários nos animais. O objetivo desta revisão é abordar os fundamentos da imunonutrição, alguns de seus principais imunomoduladores e atuação do sistema imunológico das aves.

**Palavras-chave:** aves, avicultura, imunologia, imunomoduladores, nutrição

## ABSTRACT

Nutrition can be used as a tool to modulate the immune system of poultry, to produce an ideal state of immunity, since the immune system changes require energy and various nutrients for cell formation and other substances involved in the system of defense. Several studies are conducted to determine which nutrients, and inclusion levels which are capable of determining the immunocompetence and increased resistance in animal health challenges. The objective of this review is to address the fundamentals of immunonutrition, some of its key immunomodulatory activity and the immune system of poultry.

**Key words:** poultry, aviculture, immunology, immunomodulators, nutrition

## INTRODUÇÃO

A avicultura industrial é um forte segmento da agroindústria brasileira. A produção nacional de carne de frango foi de 12,308 milhões de toneladas em 2013, e um crescimento entre 3 e 4% é esperado para 2014 (UBABEF, 2014).

O crescimento da avicultura no Brasil deve-se principalmente as melhorias na genética, no manejo sanitário e nutricional das aves. Para suprir a grande demanda do produto, esse setor adotou novas estratégias a fim de produzir frangos com alto potencial zootécnico em um menor tempo e isso acabou influenciando indiretamente a saúde dos animais. Com isso, muitos ingredientes vêm sendo empregados e estudados na alimentação das aves a fim de melhorar o sistema imunológico e desempenho animal



(KIDD, 2004; KLASING, 1998). Desde essa época até hoje, várias ferramentas, sobretudo a biologia molecular, permitiu um grande avanço no conhecimento sobre o sistema imunológico, o que permitiu maior esclarecimento sobre os complexos mecanismos de interação entre a condição nutricional e a resposta imunológica, mas ainda há muito a ser esclarecido (SANTIN; MORAES, 2014).

A saúde das aves é um fator com profundas implicações para a indústria avícola, devido aos desafios associados com as práticas de produção intensiva, envolvendo as variáveis de manejo, genética e nutrição. Desta maneira, as aves precisam de mecanismos de defesa contra a invasão por agentes infecciosos, e resistir à sua proliferação, o que pode resultar em doença, sendo o sistema imunológico das aves, o responsável pela defesa das mesmas. Uma das áreas da pesquisa que mais tem atraído a atenção dos técnicos em avicultura ultimamente é a imunomodulação através da nutrição. Existem pesquisas que demonstram os efeitos de doses de vitaminas, minerais e aminoácidos sobre a imunidade humoral e celular (CARDOSO, 2004).

Durante o período de estresse imunológico de frangos de corte, há queda no consumo de alimento, o que torna seguro fazer manipulação na densidade energética da ração via ingredientes, associando-se a planos nutricionais, em função da fase da criação, que hoje são considerados essenciais para a obtenção do máximo desempenho e de uma adequada imunidade. Assim, vem se tornando cada vez mais importante a imunonutrição, que pode ser entendida como a capacidade de aumentar a resistência do organismo a doenças utilizando-se nutrientes imunomoduladores. A suplementação dos micronutrientes como os minerais e as vitaminas na dieta pode favorecer o desempenho das aves, atuando ao nível de sistema imune, aumentando a resistência destas a organismos invasores, sendo importante ainda para o bem estar animal (SILVA et al., 2013).

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão de literatura, apontando uma breve introdução sobre as particularidades do sistema imunológico das aves, seguido dos fundamentos da imunonutrição e alguns dos principais imunomoduladores.

## **ALIMENTO DAS AVES**

Entende-se por alimento qualquer produto capaz de ser digerido e assimilado pelo organismo animal, proporcionando-lhe os nutrientes necessários à vida e a produção. O



alimento contém nutrientes, substâncias de mesma constituição química geral, essenciais para a manutenção da vida e responsáveis pela produção animal. Com o desenvolvimento da nutrição animal, tornou-se necessário fornecer às aves todos os nutrientes requeridos para que cresçam o mais rápido possível e produzam o máximo de carne e ovos. A ração deve conter todos os nutrientes necessários, energéticos e protéicos, balanceados conforme a idade das aves e a finalidade da criação. Qualquer carência na ração se manifesta por transtornos mais ou menos graves na saúde e desenvolvimento das aves (FUNDAÇÃO, 2013). Segundo SILVA FILHA et al. (2002), é comum o nutricionista formular rações baseando-se nas recomendações das tabelas publicadas nos Estados Unidos (NRC, 1994), na Europa (ARC, 1975) e no Brasil (ROSTAGNO et al., 2005).

## NUTRIENTES

Os nutrientes são importantes para o crescimento e saúde dos animais e devem ser fornecidos em quantidade adequada. São substratos para moléculas envolvidas na resposta imune, tendo o organismo animal menor necessidade destes para o sistema imune que para o crescimento e a produção. Portanto, são substâncias proporcionadas pelos ingredientes que compõem uma dieta, que, consumida em determinada quantidade, se diz ração. Os nutrientes essenciais são divididos em categorias que incluem os aminoácidos (proteína), minerais, vitaminas, ácidos graxos e água. As gorduras, carboidratos e também os aminoácidos proporcionam a energia da dieta, que mesmo não sendo nutriente e sim um componente da dieta é fundamental ao metabolismo e crescimento animal. Os nutrientes e energia podem ter disponibilidade variável de acordo com a fonte da matéria prima que os fornece. Muito poucos ingredientes de uma dieta apresentam 100% de disponibilidade do nutriente e isso pode ser devido a vários fatores inerentes ao ingrediente fibra dietética, toxinas, fatores anti-nutricionais, processamento e ao estado fisiológico e sanitário do animal. Os frangos exigem uma certa quantidade de nutrientes e de energia na dieta para alcançar máximo desempenho (EMBRAPA, 2003).

## AMINOÁCIDOS

Os aminoácidos dos ingredientes que compõem a dieta são as unidades mínimas de



construção da proteína animal. Existem cerca de 22 aminoácidos, mas somente 10 são essenciais, precisando ser fornecidos em quantidades adequadas na dieta. Há uma seqüência de prioridades entre os aminoácidos da dieta e aí estabeleceu-se um conceito de balanço ideal de aminoácidos na dieta, que convencionou-se chamar de proteína ideal. Formular uma dieta com base na proteína ideal significa suprir o mínimo, mas equilibrada quantidade de aminoácidos na dieta para obter o melhor crescimento. A disponibilidade dos aminoácidos varia segundo fatores como a proteína do ingrediente, tipo da fibra, fatores anti-nutricionais presentes, processamento (temperatura, pressão), metodologia de estudo e fase de vida do animal (EMBRAPA, 2003). O uso do conceito de proteína ideal só é possível porque os principais aminoácidos limitantes (lisina, metionina, treonina, triptofano e valina) estão comercialmente disponíveis a preço que a cada ano os tornam mais competitivos com relação aos custos dos aminoácidos presentes nos alimentos. A lisina, embora seja o segundo aminoácido limitante para aves, foi estabelecida como referência para as exigências dos outros aminoácidos essenciais (PESSOA et al., 2011).

## ENERGIA

Em geral, assume-se a energia como um componente restritivo da dieta, sendo alto o seu custo para a formulação da dieta. Os ingredientes precisam ter boa energia para suprir a exigência animal e, freqüentemente, busca-se diminuir a energia da dieta para diminuir o custo da mesma, claro sem prejuízo no desempenho dos frangos. A energia é exigida em quantidades diferentes por várias razões, entre as quais o sexo, a fase produtiva, a condição ambiental a capacidade digestiva e a quantidade de ração consumida por dia (EMBRAPA, 2003). Encontrar o nível ótimo de energia para melhorar o desempenho e alcançar retorno econômico é um grande desafio, pois as respostas, inclusive a qualidade de carcaça, variam neste contexto. Por isso, são relevantes os estudos visando definir os efeitos dos níveis de energia e do estresse calórico para frangos de corte, principalmente em regiões de grandes variações climáticas. A partir do conhecimento das exigências energéticas das aves, é possível ajustar os demais nutrientes, o que resulta na correta formulação dietética. Além da composição química e biológica dos alimentos, é importante conhecer a energia neles contida (BARBOSA et al., 2008).



## ÁCIDOS GRAXOS

As gorduras das dietas dividem-se em sub-unidades que são os ácidos graxos. Os ácidos graxos linoleico e alfa-linolênico são essenciais para as aves, pois exercem papel específico no metabolismo (membrana celular e hormônios) e não podem ser sintetizados, precisam estar contidos na dieta, quer seja advindo dos ingredientes ou de gorduras adicionadas. A falta de ácidos graxos essenciais leva a perda da integridade das membranas, descamação da pele, diminuição da resistência a doenças e problemas reprodutivos nas aves. Os ácidos graxos totais são adicionados à dieta também para fornecerem energia, já que a concentração energética dos óleos e gorduras é alta (EMBRAPA, 2003).

## VITAMINAS

Embora necessárias em pequenas quantidades, as vitaminas são indispensáveis para suportar ou estimular reações químicas do metabolismo animal. A exigência de algumas pode ser suprida pela dieta normal, porém outras precisam ser suplementadas na dieta. As vitaminas são classificadas em solúveis em gordura (A, D, E e K) e as solúveis em água (do grupo B e C) (EMBRAPA, 2003). As vitaminas são micronutrientes que participam de inúmeros processos metabólicos do organismo, sendo, portanto, essenciais para ótima saúde e desempenho do animal (FÉLIX et al., 2009). Dentre outras funções, as vitaminas participam no metabolismo como imunomoduladores para melhorar as funções imunológicas e a resistência a infecções em aves (RUTZ et al., 2002).

O uso de maiores níveis de vitaminas na dieta de frangos resulta em maior desempenho produtivo, melhor conversão alimentar e qualidade da carne além de elevar resposta imune principalmente em situações de estresse. Também melhora os níveis de eclodibilidade dos ovos e melhor desenvolvimento dos pintos. Melhorando a produção como um todo. Por isso é sempre necessário formular rações com as quantidades ideais, para evitar futuros problemas pela avitaminose e perdas na produção (JOHANN et al., 2012).

## MINERAIS





Os minerais podem ser divididos em macro minerais por entrarem em maiores quantidades na dieta (Ca, P, K, Na, Cl e S) e os microminerais (Cu, Zn, Fe, Mn, I, Mo, Se, Cr) (EMBRAPA, 2003). Eles são necessários para manter o metabolismo fisiológico dos seres vivos e devem ser suplementados na dieta das aves. Até há pouco tempo eram quase todos utilizados sob a forma inorgânica, com biodisponibilidade muito variável, o que ocasionava a sua utilização em níveis geralmente bastante superiores às reais exigências dos animais, levando ao desperdício de minerais e sua eliminação para o ambiente. A utilização de minerais orgânicos vem sendo bastante pesquisada, pois estes apresentam uma maior biodisponibilidade, são transportados mais facilmente e armazenados por mais tempo que os correspondentes inorgânicos. As formas mais utilizadas são os quelatos, formados pela reação do mineral com um hidrolisado de aminoácidos e/ou peptídios, e os minerais orgânicos formados através da incorporação biossintética de um mineral em um aminoácido. Embora já existam diversos minerais sob forma orgânica, destacam-se a utilização para aves de manganês, zinco e principalmente selênio, em virtude de suas funções e aplicações práticas (LAGANÁ; RIBEIRO, 2007)

## **SISTEMA IMUNOLÓGICO DAS AVES**

O estado imunológico tem papel primordial na manutenção da homeostasia e no combate a desafios contra agentes patogênicos, fatores estes determinantes para a manutenção da sanidade animal. Quando essa homeostase é quebrada, a resposta imunológica consome grande parte dos recursos orgânicos (energia e nutrientes) (KLASING; KOVER, 1997).

O sistema imunológico das aves funciona de maneira semelhante ao dos mamíferos (VAINIO; IMHOF, 1995), porém apresentam características únicas (DAVISON, 2008). A estrutura do sistema imune das aves em dois: sistema linfóide primário (bursa de Fabrícus e Timo) e sistema linfóide secundário (baço e tecidos linfóides associados a mucosas: glândula de Harder, intestino, brônquios, placas de Peyer, divertículo de Meckel, tonsilas cecais e pineal) (OLÁH; VERVELDE, 2008).

Didaticamente a resposta imune pode ser dividida em inata e adaptativa (JEURISSEN et al., 2002). A principal diferença entre elas são os componentes celulares que as compõem: macrófagos, células polimorfonucleares como os heterófilos,



trombócitos e células NK e as citocinas derivadas dos macrófagos representam a imunidade inata (JEURISSEN et al., 2002; ABBAS 2008; JUUL-MADSEN, et al. 2008). A imunidade adaptativa envolve principalmente linfócitos T e B e as citocinas produzidas por estas células (ABBAS, 2008).

A imunidade inata é a primeira resposta a invasão e quebra da homeostasia por patógenos e este é crucial na limitação da multiplicação destes microorganismos e na ativação da imunidade adaptativa em caso de persistência destes agentes. Durante muitos anos a resposta imune inata foi considerada como não específica, ou seja, acreditava-se que havia receptores únicos incapazes de reconhecer os patógenos de maneira (KAISER, 2010).

Em um conceito atual, sabe-se que o reconhecimento dos patógenos específicos pelas células (fagócitos) do sistema imune inato é realizado por meio de receptores, denominados receptores de reconhecimento padrão - PRRs, que permitem o reconhecimento de diferentes padrões moleculares associados a patógenos (PAMPs) presentes nos microorganismos como: LPS (bactérias gram negativas), ácido lipoteicóico, flagelina, peptideoglicano (bactérias gram positivas), ácido nucléico microbiano (fita simples e fita dupla), receptor de manose e receptor de debris celulares (KAISER, 2010; BROWNLIE; ALLAN, 2011).

As aves possuem uma distinção quanto as células polimorfonucleares em relação a mamíferos: possuem heterófilos, mas não possuem neutrófilos e eosinófilos (BROWNLIE; ALLAN, 2011).

Os heterófilos, equivalentes aos neutrófilos em mamíferos, são considerados importantes na resposta imune inata, desencadeando a explosão respiratória com consequente produção de reativos de oxigênio que eliminam os patógenos após a fagocitose (KAISER, 2010).

Embora, por diversas vezes, a resposta imune inata seja suficiente para debelar a invasão das barreiras naturais, em outras ocasiões a resposta imune adaptativa é requerida quando há persistência dos patógenos, resultando em células que irão promover a memória imunológica (JEURISSEN et al., 2002).

A estrutura e a diferenciação dos órgãos linfóides, nas aves, apresentam diferenças marcantes, quando comparadas às dos mamíferos (JEURISSEN et al., 1994). O frango é originado de cruzamentos de linhagens de *Gallus gallus* e não apresenta linfonodos. As





aves apresentam um órgão único, denominado bolsa de Fabricius que possibilitou a identificação dos linfócitos B e o entendimento da diferente funcionalidade entre os linfócitos T e B por Bruce Glick, em 1956 (GLICK, 1995). O timo apresenta-se na forma de dois cordões de sete lobos cada, dispostos paralelamente ao longo das jugulares. Nessa espécie, é encontrada uma concentração de tecido linfóide na região oculonasal denominada glândula de Harderian. Também estão presentes os tecidos linfóides intestinais e aquele associado ao brônquio. A medula óssea, a bolsa de Fabricius, local do desenvolvimento e diferenciação dos linfócitos B sendo os responsáveis pela produção de anticorpos, e o timo, onde os linfócitos T desenvolvem-se e se diferenciam sendo responsáveis pelas reações de hipersensibilidade e citotoxicidade mediada por células, são considerados órgãos linfóides primários. O baço é classificado como órgão linfóide secundário ou periférico. As estruturas linfóides encontradas no trato gastrointestinal representam parte importante do sistema imunológico, principalmente devido ao fato de existirem inúmeros patógenos que podem estar presentes na luz do tubo digestivo. Para o frango, essa porção do sistema imunológico representa papel fundamental, já que patógenos de importância econômica multiplicam-se no epitélio intestinal (MORGULIS, 2002).

O sistema imunológico das aves pode ser dividido em imunidade humoral (com produção de anticorpos) e imunidade celular (realizada pelos linfócitos T). A imunidade humoral é caracterizada por uma função adaptativa do sistema imunológico através do qual os anticorpos são produzidos em resposta a um antígeno. A imunidade celular envolve mecanismos através dos quais células infectadas com agentes estranhos, tais como vírus, são destruídos, o que é feito diretamente por um efetor (célula T ativada) em contato com a célula ativada (WEINSTOCK et al., 1989). Ambas atuam conjuntamente nas respostas a invasão microbiana (JEURISSEN et al., 2002; HOLT et al., 2005). A imunidade humoral é mediada por células e têm funções únicas, mas funcionam de forma cooperativa para derrotar o agente invasor. A imunidade humoral é estimulada pelas imunoglobulinas produzidas pelos linfócitos B. Avaliar o estado imunológico é importante para compreender a etiologia de uma doença e determina possíveis soluções ou medidas preventivas. A avaliação humoral estima a capacidade da ave estabelecer uma resposta imunológica através de níveis de imunoglobulinas no plasma ou no soro (FERKET; QURESHI, 1998). Há cinco tipos de imunoglobulinas



principais: IgY (corresponde a IgG de mamíferos), IgM, IgA, IgD e IgD). A IgY medeia reações anafiláticas, é o mais importante anticorpo na defesa contra uma infecção e é responsável pela proteção da prole. A imunidade humoral tem importância fundamental na criação de frangos já que grande parte dos vírus patogênicos induzem este tipo de imunidade (MORGULIS, 2002).

## NUTRIÇÃO E SISTEMA IMUNOLÓGICO

A nutrição pode ser usada como uma ferramenta para modular o sistema imune, a fim de produzir um estado ideal de imunidade, pois as reações do sistema imunológico necessitam de energia e de vários nutrientes para a formação de células e de outras substâncias envolvidas no sistema de defesa do organismo (KLASING, 1998).

As aves precisam de mecanismos de defesa contra agentes infecciosos e resistir à sua proliferação, para não resultar em doença, sendo o sistema imunológico das aves, o responsável por essas possuem mais riscos de desenvolver doenças. Além disso, o ambiente estressante também atua como imunossupressor, tornando os animais mais susceptíveis (SQUIRES, 2003).

O sistema imune pode ser considerado relativamente resistente a deficiências nutricionais e possui prioridade no atendimento de suas exigências pelos nutrientes disponíveis. A quantidade aparente de nutrientes para manter este sistema, assim como a produção de leucócito e produção de anticorpos durante uma infecção, são muito pequenas quando comparadas às necessidades para crescimento e produção de ovos (KLASING, 1998).

A interação imunologia e nutrição em aves compreende uma área de conhecimento que vem recebendo grande importância pelos nutricionistas, com o objetivo de utilizar a nutrição como ferramenta para modular o sistema imunológico, produzindo um estado ideal de imunidade (SILVA; RIBEIRO, 2009).

A imunonutrição atua na modulação de atividades do sistema imune dos animais por meio de nutrientes ou de alimentos específicos em quantidades adequadas, objetivando propiciar resistência e melhoria ou cura de infecções e/ou doenças (GRIMBLE, 2002). É uma ação efetiva não apenas em estados patológicos de imunodepressões, como também para a manutenção de estados saudáveis em aves sem comprometimento do seu sistema imune (SILVA; RIBEIRO, 2009).



As características da dieta podem modular a resposta imune das aves e pequenas alterações nos níveis nutricionais ou no de ingredientes usados podem tornar a ave mais ou menos susceptível a doenças. Existem vários pontos em que a nutrição está ligada a imunologia e nas aves, isso ocorre desde o ovo até as primeiras semanas de vida, visto que a deficiência de micronutrientes envolvidos na formação de órgãos linfoides e proliferação de linfócitos tem impacto negativo na vida futura das aves. A resposta imune de fase aguda tem maior exigência de nutrientes que o sistema imune como um todo (KLASING, 1998). Um alimento balanceado adequadamente, destinado à alimentação animal, é nutricionalmente completo quando reduz o estresse, minimizam deficiências, melhora a competência imunológica e produz carcaça de qualidade, com melhor (BUTOLO, 1998).

Conforme FIGUEREDO (2006) é fundamental conhecer o funcionamento do sistema imune das aves para conhecer suas necessidades nutricionais. Em condições de repouso, o sistema imune utiliza muito pouco os recursos orgânicos, porém uma vez ativado desvia muito destes recursos e, desta forma, interfere na produtividade dos animais. Nutrientes com participação mais expressiva para deposição de carne e menos expressiva para funções de defesa, como a lisina, passam a ter importância reduzida para o organismo animal, enquanto outros, que participam mais expressivamente do sistema imune, como metionina, treonina, triptofano e arginina, vitaminas e minerais passam a ser mais exigidos sob tal circunstância. Os nutrientes utilizados em rações de frangos está fundamentado em pesquisas que avaliaram as funções produtivas economicamente importantes, como ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e rendimento de cortes; porém não leva em consideração a imunidade ou à resistência a doenças (KIDD, 2004). Em situação de campo, muitas vezes os frangos são submetidos a agentes estressores infecciosos ou não que ativam o sistema imune desses animais (NORUP et al., 2008).

Assim, ocorrem alterações fisiológicas e metabólicas no organismo das aves quando o sistema imune é ativado. Nesta condição, a prioridade do organismo animal passa a ser caracterizada pela proliferação de células de defesa, pela expressão de receptores para reconhecer moléculas estranhas, pela produção de citocinas moduladoras de resposta imune e de anticorpos, além de outras moléculas efetoras. A produção de moléculas efetoras, assim como intermediário reativo de oxigênio e



nitrogênio, podem modificar as necessidades nutricionais das aves (TAHAKASHI, 2006). Os componentes bioativos de dietas podem interagir com a resposta imune, pois apresentam potencial para reduzir a susceptibilidade das aves a doenças infecciosas (KOGUT; KLASING, 2009).

Os níveis da maioria dos nutrientes que maximizam a produção geralmente proporcionam um substrato adequado para o sistema imune funcionar satisfatoriamente. As exigências nutricionais estabelecidas pelo NRC estão baseadas em níveis que maximizam as taxas de crescimento e o desempenho reprodutivo e previnem os sintomas de deficiência. Porém, esses padrões são exigências mínimas e raramente consideram a imunidade ou uma saúde ótima (RIBEIRO, 2000).

Há muitas situações nas quais as dietas, incluindo níveis vitamínicos, que maximizam o desempenho produtivo, não propiciam a máxima proteção imunológica. Isto pode ser facilmente verificado ao examinar tabelas de exigências nutricionais que otimizam o desempenho produtivo em condições de ausência quase que completa de desafio sanitário. É importante ressaltar que a deficiência crônica severa de micronutrientes (vitaminas e minerais) é mais debilitante ao sistema imunológico do que energia e proteína (CARDOSO; TESSARI, 2010).

QURESHI (2002) cita que uma melhoria imunológica via alimentação poderia reduzir a necessidade do uso de substâncias químicas como melhoradores do crescimento tais como antibióticos. Enquanto uma melhoria imunológica é um aspecto desejável na produção avícola, ao mesmo tempo tem que se considerar os possíveis efeitos patológicos mediados via uma super estimulação do sistema imunológico.

## IMUNOMODULADORES

O termo imunomodulação é mais indicado para se referir a um produto que possa melhorar a resposta imune dos animais. Entende-se por este termo que determinado produto ou microorganismo teria a capacidade de estimular a resposta imune, principalmente das mucosas, para a mobilização de células imunes, porém devido a seu baixo grau de patogenicidade rapidamente teria a capacidade de induzir a tolerância imunológica de maneira que ele não estaria estimulando constantemente este sistema com mobilização de recursos que poderia comprometer o desempenho dos animais.



Podem ser chamados de imunomoduladores os prebióticos, probióticos, extratos de plantas, vitaminas, minerais e outros (SANTIN, 2009).

Os minerais e as vitaminas são considerados os principais imunomoduladores (SILVA et al., 2013). Muitas vitaminas e minerais que são reconhecidos por terem grande importância na imunidade das aves atuam de modo geral no sistema fagocitário, síntese de moléculas como leucinas e produção de imunoglobulinas (BASTOS, 2008).

Entre os imunomoduladores as mais estudadas são as vitaminas A, D, E e C mesmo a vitamina C, bioproduzida pelas aves pode ser exigida em maiores quantidades em episódios de infecção, por sua ação junto ao sistema imune (CHAMPE, 2006) e os minerais cromo, selênio e zinco. O efeito destes pode estimular o sistema imunológico das aves, tornando-as mais resistentes a infecções e melhorando o desempenho e bem-estar das aves.

As vitaminas são nutrientes que participam do desenvolvimento animal, por atuarem como cofatores em reações metabólicas e permitirem maior eficiência dos sistemas no organismo. Além disso, participam do metabolismo como imunomoduladores, a fim de melhorar as funções imunológicas e a resistência a infecções nos animais domésticos (RUTZ et al., 2002).

Independentemente dos fatores do ambiente, a maioria dos organismos animais são incapazes de sintetizar todas as vitaminas das quais necessitam, razão pela qual precisam ser incluídas nas dietas, em geral, sendo exigidas em micro quantidades (BASTOS, 2008).

A deficiência de uma ou mais vitaminas pode levar a distúrbios metabólicos, resultando em queda na produtividade, no crescimento e no desenvolvimento de doenças. Por outro lado, o aumento da suplementação de certas vitaminas tem efeito positivo, principalmente quanto à imunidade (ABBAS; LICHTMAN, 2005).

Os minerais podem ser fornecidos complexados (forma orgânica) ou não a substâncias orgânicas. Na forma complexada, os minerais são mais eficientemente absorvidos, uma vez que, como são transportados pelos carreadores intestinais de aminoácidos e peptídeos não competem com outros minerais pelos mesmos mecanismos de absorção. Portanto, não só a biodisponibilidade é superior, mas os minerais na forma orgânica são prontamente armazenados por períodos mais longos que os inorgânicos. Assim, os minerais quelatados representam uma excelente alternativa



para o aprimoramento nutricional de aves. Dentre os minerais utilizados na suplementação de aves, são de grande importância o zinco, cromo, selênio, e o ferro (RUTZ et al., 2003).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A nutrição passou a ser vista como uma ferramenta capaz de ocasionar respostas mais eficientes na situação de desafio e minimizar as conseqüentes perdas. Porém, apesar do conhecimento das necessidades nutricionais que maximizam o desempenho produtivo e reprodutivo das aves além de prevenir deficiências, já ser bastante evoluído, muito ainda se estuda a fim de definir quais são e em que níveis de inclusão são capazes de ocasionar imunocompetência e maior resistência a desafios sanitários.

## REFERÊNCIAS

ABBAS, A.K.; LICHTMAN, A.H.; PILLAI, S. **Imunologia celular e molecular**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 564 p.

ABBAS, A.K.; LICHTMAN, A.H. Propriedades gerais das respostas imunológicas. In: \_\_\_\_\_ **Imunologia Celular e Molecular**. 5.ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. p.580.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of farm livestock**. London: 1975. 154p.

BASTOS, M.C.A. **Bioquímica básica**: introdução a bioquímica dos hormônios, sangue, sistema urinário, processos digestivos, absorptivos e micronutrientes. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 213p.

BARBOSA, F.J.V.; LOPES, J.B.; FIGUEIRÊDO, A.V.; ABREU, M.L.T.; DOURADO, L.R.B.; FARIAS, L.A. PIRES, J.E.P. Níveis de energia metabolizável em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.849-855, 2008.





BROWNLIE, R.; ALLAN, B. Avian toll-like receptors review. **Cell tissue research**, Berlin, v.343, n.7, p.121-130, 2011.

BUTOLO, J.E. Agentes antimicrobianos em rações de aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Botucatu. **Anais...** Botucatu, v.3, p.237-254, 1998.

CARDOSO, A.L.S.P. **Influência de níveis de zinco e vitamina E, isolados e associados, sobre o desempenho e a resposta imunológica humoral em frangos de corte.** dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10135/tde-23082007-115654/>>. Acesso em: 22/07/2014.

CARDOSO, A.L.S.P.; TESSARI, E.N.C. Nutrição e imunidade das aves. **Comunicado técnico. Instituto Biológico**, 2010. Disponível em: <[http://www.biologico.sp.gov.br/artigos\\_ok.php?id\\_artigo=130](http://www.biologico.sp.gov.br/artigos_ok.php?id_artigo=130)>. Acesso em: 28/11/2014.

CHAMPE, P.C. **Bioquímica básica**. Rio de Janeiro: UFLA, 2006, 544p.

DAVISON, F. The importance of the avian immune system and its unique features. In: \_\_\_\_\_ **Avian Immunology**. 1.ed. San Diego: Elsevier, 2008. cap.1, p.1-11.

EMBRAPA - **Produção frangos de corte**. Embrapa suínos e aves. Versão eletrônica, julho de 2003. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/SP/aves/Nutricao-geral.html>>. Acesso em 29/10/2014.

FÉLIX, A.P.; MAIORKA, A.; SORBARA, J.O.B. Níveis vitamínicos para frangos de corte. **Ciência Rural. Santa Maria**, v.39, n.2, p.619-626, mar-abr, 2009.



FERKET, P.R.; QURESHI, M.A. Função imune em aves e interações nutricionais. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE NUTRIÇÃO MINERAL E SEU EFEITO NA IMUNIDADE DAS AVES, 1., 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: Nutron Alimentos Ltda. e Zinpro Animal Nutrition, 1998. sem paginação.

FIGUEREDO, D.F. **Efeito do estresse sobre a expressão de hsp70 em embriões e a resposta imune pós-eclosão em frangos de corte.** 2006, 97f. Tese. Faculdade de veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.

FUNDAÇÃO DEMOCRÁTICO ROCHA - Formação para o trabalho. Produtor de galinha caipira. **Alimentando as aves.** 2013. Disponível em: <<http://fdr.com.br/formacao/2013/produtor-de-galinha-caipira/alimentando-as-aves>>. Acesso em: 29/12/2014.

GLICK, B. Embryogenesis of bursa of Fabricius: stem cell, microenvironment, and receptor-paracrine pathways. **Poultry Science**, v.74, p.419-426, 1995.

GRIMBLE, R. Use of n-3 fatty acid-containing lipid emulsions in the intensive care unit environment: the scientist's view. **Clinic Nutrition**. p.15-21, 2002.

HOLT, P.S.; STONE, H.D.; MOORE, R.W.; GAST, R.K.; Development of a lavage procedure to collect lung secretions from chickens for evaluating respiratory humoral immunity. **Avian Pathology**, Athens, v.34, n.5, p.396-398, 2005.

JEURISSEN, S.H.M.; LEWIS, F.; VAN DER KLIS, J.D.; MROZ, Z.; REBEL, J.M.J.; HUURNE, A.A.H.M. Parameters and techniques health of poultry as constituted by immunity, integrity, and functionality. **Curr. Issues Intestinal Microbiology**, Netherlands, v.3, n.1, p.1-14, 2002.

JEURISSEN, S.H.M.; VERVELDE, L.; JANSE, E.M. Structure and function of lymphoid tissues of the chicken. **Critical Reviews in Poultry Biology**, v.6, p.183-207, 1994.



JOHANN, M.; ROSA, M.L.; BERSELLI, M. **Avitaminoses em aves de criação: revisão de literatura.** XVII Seminário Interinstitucional de Ensino Pesquisa e Extensão, 2012. Disponível em: <<http://www.unicruz.edu.br/seminario/downloads/anais/ccs/avitaminoses%20em%20aves%20de%20criacao%20revisao%20de%20literatura.pdf>>. Acesso em: 05/11/2014.

JUUL-MADSEN, H.R.; VIERTLBOECK, B.; SMITH, A.L.; GÖBEL, T.W.F. Avian innate immune responses. In: \_\_\_\_\_ **Avian Immunology**. 1.ed. San Diego: Elsevier, 2008. cap.7, p.129-158.

KAISER, P. Advances in avian immunology - prospects for disease control: a review. **Avian pathology**, Oxford, v.39, n.5, p.309-324, 2010.

KIDD, M.T. Nutritional modulation of immune function in broilers. **Poultry Science**, v.83, n.4, p.650-657, 2004.

KLASING, K.C. Nutritional modulation of resistance to infectious diseases. **Poultry Science**, v.77, n.8, p.1119-1125, 1998.

KLASING, K.; KOVER, D. Leukocytic Cytokines Regulate Growth Rate and Composition Following Activation of the Immune System. **Journal Animal Science**, v.75, n.2, p.58-67, 1997.

KOGUT, M.H.; KLASING, K. An immunologist's perspective on nutrition, immunity, and infectious diseases: introduction and overview. **Journal Poultry Research**, p.103-110, 2009.



LAGANÁ, C.; RIBEIRO, A.M.L. Uso de vitaminas e minerais em dietas para frangos de corte em ambientes quentes. **Avicultura**, 2007. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-avicultura/nutricao/artigos/uso-vitaminas-minerais-dietas-t1509/141-p0.htm>>. Acesso em: 04/12/2014.

MORGULIS, M.S. Imunologia aplicada. In: \_\_\_\_\_ **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2.ed. Jaboticabal: Funep/Unesp, 2002. p.231-245.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirement of poultry**. 9.ed. Washington. D.C: National Academy of Sciences, 1994. 155p.

NORUP, L.R.; JENSEN, K.H.; JORGENSEN, E.; SORENSEN, P.; JULL-MADSEN, H.R. Effect of mild heat stress and mild infection pressure on immune responses to an *E. coli* infection in chickens. **Journal Animal Science**, v.2, p.265-274, 2008.

OLÁH, I. VERVELDE, L. Structure of the avian lymphoid system. In: \_\_\_\_\_ **Avian Immunology**. 1.ed. San Diego: Elsevier, 2008. cap.2, p.13-50.

PESSOA, G.B.S.; TAVERNARI, F.C.; VIEIRA, R.A.; ALBINO, L.F.T. **Novos conceitos em nutrição de aves**. XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 23 a 27 de maio de 2011. Inovações tecnológicas e mercado consumidor. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/53378/1/Novos-Conceitos-em-Nutricao-de-Aves.pdf>>. Acesso em: 26/11/2014.

QURESHI, M.A. Interação entre nutrição e o sistema imune e produtividade das aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2002. p.243-254.

RIBEIRO, A.M.L.; KINDLEIN, G. Nutrição e sistema imune em aves. In: ENCONTRO TÉCNICO SOBRE AVICULTURA DE CORTE NA REGIÃO DE DESCALVADO, IV, **Anais...** Descalvado: 29 de novembro de 2000. p.12-22.



ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais (Tabelas brasileiras para aves e suínos)**. 2.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 186p.

RUTZ, F.; BERMUDEZ V.L.; PAN, E.A.; FISCHER, G. Impacto da nutrição vitamínica sobre a resposta imunológica das aves. In: SIMPÓSIO BRASILSUL DE AVICULTURA, III, **Anais...** 2002.

RUTZ, F.; PAN, E.A.; XAVIER, G.B. Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves. **Ave World**, p.52-57, 2003.

SANTIN, E. Modulando o sistema imune das aves para incrementar produtividade. **Avicultura**, 2009. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-avicultura/saude/artigos/modulando-sistema-imune-aves-t212/165-p0.htm>>. Acesso em: 02/09/2014.

SANTIN, E.; MORAES, M.L. **Imunidade e nutrição das aves**. VI Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal - SALA AVES 23 a 26 de setembro de 2014. Estância de São Pedro, SP, Brasil. Disponível em: <<http://www.cbna.com.br/site/documentos/clana/palestras/Palestras%20AVES/Palestra%20Elizabeth%20Santin%20EDITORADA.pdf>>. Acesso em: 18/11/2014.

SILVA FILHA, O.L.; BARBOZA, W.A.; LANA, G.R.Q. et al. Requerimento nutricional em energia metabolizável para frangos de corte de um a 21 dias de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Olinda. **Anais...** Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2002. (CD-ROM).

SILVA, I.C.M.; RIBEIRO, A.M.L. Interação entre a nutrição e a imunologia em aves. **Avisite Produção Animal - Avicultura**, n.22, p.18-25, 2009.



SILVA, S.R.G.; LOPES, J.B.; ALMENDRA, S.N.O.; COSTA, E.M.S. Fundamentos da imunonutrição em aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.10, n.1, p.2154-2172, artigo 186, Janeiro-Fevereiro, 2013. Disponível em: <[http://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/ARTIGO%20186%20-%20FUNDAMENTOS%20IMUNONUTRCAO%20AVES\\_.pdf](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/ARTIGO%20186%20-%20FUNDAMENTOS%20IMUNONUTRCAO%20AVES_.pdf)>. Acesso em: 12/08/2014.

SQUIRES, J.E. **Applied Animal Endocrinology**. Cambridger: GABI publishing, 2003, p.250.

TAHAKASHI, K. Nutritional control f inflammatory responses in broiler chicken. **Journal of Integrated Field Science**, v.3, p.1-7, 2006.

UBABEF - União Brasileira de Avicultura. **Receita das exportações da avicultura cresce 2,3% em 2013**. 2014. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/noticias/916?m=62>>. Acesso em: 25/08/2014.

VAINIO, O.; IMHOF, B.A. The immunology and developmental biology of the chicken. **Immunology Today**, v.6, n.8, p.365-370, 1995.

WEINSTOCK, D.; SCHAT, K.A.; CALNEK, B.W. Cytotoxic T lymphocytes in reticuloendotheliosis virus-infected chickens. **European Journal of Immunology**, v.19, n.2, p.267-272, 1989.

