

Aplicações biotecnológicas na avicultura: uma abordagem dos alimentos nutritivos convencionais

[Aurora da Silva Melo](#)^{1*}; [Lívio Carvalho de Figueirêdo](#)²; [Alex Martins Varela de Arruda](#)³; [Raimunda Thyciana Vasconcelos Fernandes](#)¹; [Jéssica Berly Moreira Marinho](#)⁴; [Claudionor Antonio dos Santos Filho](#)⁵; [Ayala Oliveira do Vale Souza](#)⁵; [Vanessa Raquel de Moraes Oliveira](#)¹

¹Zootecnistas, Doutorandas em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido

²Biólogo, Docente do Departamento de Agricultura, Universidade Federal da Paraíba

³Zootecnista, Docente do Departamento de Ciências Animais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido

⁴Zootecnista, Mestranda em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido

⁵Graduandos em Zootecnia, Iniciação Científica, Universidade Federal Rural do Semi-Árido

*Autor para correspondência, E-mail: auroramelo_14@hotmail.com

RESUMO. A biotecnologia atua há muito tempo na nutrição animal. Na avicultura esteve presente no desenvolvimento de linhagens altamente produtivas assim como, juntamente com outros ramos da cadeia produtiva, impulsionou o desempenho animal a partir de melhorias na nutrição, aumento do potencial de produção, melhoria do estado de saúde e redução dos resíduos por uma melhor utilização dos recursos. Os ingredientes mais utilizados nas dietas são os que possuem uma maior gama de informações e, assim, foram os primeiros a sofrerem mudanças por processos biotecnológicos visando à melhoria na nutrição animal. Esta revisão visa demonstrar como a biotecnologia aplicada aos ingredientes das dietas participou no desenvolvimento da nutrição de aves e atua para possibilitar os altos índices produtivos alcançados pela atividade.

Palavras chave: Aminoácidos, biotécnicas, transgênicos, vitaminas

Biotechnological applications in poultry: an approach to the nutritional foods conventional

ABSTRACT. The biotechnology acted, and works at long time in animal nutrition, been present in many process of the ingredients in a balanced diet. Corn, soybean meal, amino acids and vitamins, were the ingredients of animal diet first undergo changes by biotechnological processes aimed at the production. This article aims to demonstrate how biotechnology, applied in the diet ingredients, participated in the development of poultry nutrition and is, even today, working to enable high production rates achieved by the production.

Keywords: Amino acids, biotechnics, transgenics, vitamins

Introdução

A avicultura industrial caracteriza-se pela alta produtividade aliada ao acelerado ciclo produtivo, sendo justamente essas características um dos pontos de maior preocupação dos consumidores em relação à qualidade e garantia de um produto sadio e seguro.

Em se tratando de comportamento de consumidor de carne de frango em relação ao bem estar animal e os fatores relevantes na hora da compra, Bonamigo et al. (2012) observaram

que a falta de informação do consumidor sobre o sistema de produção, pode explicar a menor tolerância ao aumento do preço do produto quando melhores condições de bem estar são aplicadas. Nessa mesma pesquisa, os autores ressaltaram que cerca de 74% dos entrevistados tem o preço da carne como atributo de maior importância na hora da compra.

Para atingir a variável que mais atrai os consumidores, o preço, a avicultura passou por modificações na cadeia produtiva decorrentes de

inovações tecnológicas que visam aumentar a produtividade e o faturamento das indústrias (Belusso & Hespanhol, 2010). O crescimento da avicultura iniciou-se na década de 70 com inúmeras tentativas de aumentar produtividade com redução de custos e exploração de diversas áreas da biotecnologia, sendo este fator determinante para o crescimento em toda da cadeia produtiva.

Este artigo visa demonstrar como a biotecnologia aplicada aos ingredientes das dietas participou no desenvolvimento da nutrição de aves e atua para possibilitar os altos índices produtivos alcançados pela atividade.

A biotecnologia e a avicultura

A biotecnologia tradicional praticada a mais de dois mil anos é definida como um conjunto de técnicas de manipulação de seres vivos ou parte dele (Silveira et al., 2005). A primeira biotécnica aplicada na avicultura foi a inseminação artificial, a partir do desenvolvimento do método de massagem abdominal e pressão na região da cloaca para coleta de sêmen de galo, explorado por Burrows & Quinn (1937). Essa tecnologia permitiu o avanço de outras técnicas essenciais para a preservação de material genético das aves.

Na década de 70 a biotecnologia avançou com o desenvolvimento da técnica do DNA recombinante permitindo a transferência de material genético entre organismos vivos através de meios bioquímicos, passando a existir além da biotecnologia tradicional, a biotecnologia moderna. Dessa forma, houve a possibilidade de obtenção de novos produtos e substâncias a partir das novas técnicas genéticas, e não só do cruzamento de espécies já existentes na natureza (Albagli, 1998). Os avanços individuais na genética molecular resultaram em melhorias gerais, possibilitando o desenvolvimento de novas linhagens industriais altamente específicas com alta produtividade, ciclo produtivo rápido e maior resistência a doenças, graças às ferramentas do melhoramento genético. Além disso, a galinha (*Gallus gallus*) foi a primeira espécie animal doméstica a ter o sequenciamento do genoma publicado (Hillier et al., 2004).

Se observarmos a linha do tempo das linhagens de produção é possível vermos o aumento linear da produtividade com menor tempo para atingir o pico de produção. Essa mudança na produtividade ocorre principalmente com o início da aplicação de biotécnicas,

havendo também, crescimento conjunto de outros ramos da cadeia, impulsionando o desempenho animal a partir de melhorias na nutrição, aumento do potencial de produção, melhoria do estado de saúde e redução dos resíduos por uma melhor utilização dos recursos (Bonneau & Laarveld, 1999).

Alimentação das aves e a biotecnologia

A biotecnologia atua há muito tempo na nutrição animal. Está presente em vários ingredientes de uma dieta balanceada, como nos ingredientes basais e aditivos nutricionais. Os ingredientes mais utilizados nas dietas são os que possuem uma maior gama de informações e, assim, foram os primeiros a sofrerem mudanças por processos biotecnológicos visando à melhoria na nutrição animal. Neste artigo, essas aplicações biotecnológicas serão analisadas de forma separada, de acordo com o ingrediente nutricional mais utilizado nas dietas, podendo dessa forma observar como a mesma ajudou no desenvolvimento da nutrição de frangos de corte e poedeiras.

Soja

O grão de soja, farelo de soja e óleo de soja, está presente atualmente em cerca de 40% das dietas para aves, sendo imprescindíveis nas rações para o fornecimento de proteína altamente digestível e energia metabolizável prontamente disponível, respectivamente.

A presença da soja na alimentação de monogástricos e o alto grau de sua inclusão nas dietas animais, juntamente com o aumento significativo do consumo de soja pela população humana (Bedani et al., 2008), demandou um aumento no potencial produtivo da leguminosa. De acordo com Borém (2005) o aumento da produção de alimentos pode ser realizado de três maneiras: expansão da área cultivada, o que não deve ser considerada em muitos casos alternativa de aumento de produção; melhoria das condições do ambiente, como adubação e controle de pragas; ou por meio de melhoramento genético das plantas, foco da atual revisão.

Em relação a biotecnologia aplicada aos vegetais direcionadas a melhoria na alimentação animal, pode-se citar: as plantas, não mais como alimentação genérica e sim como alimentos específicos adaptados a proposta de produção e espécie animal; melhorias na composição nutricional; redução de fatores anti nutricionais;

melhorias nas características de processamento de produtos para alimentação; incorporação de vacinas comestíveis para proteger contra doenças infecciosas; anticorpos específicos para a doença entérica, hormônios e pré-bióticos produzidos por plantas transgênicas (Bonneau & Laarveld, 1999).

As primeiras características exploradas nas plantas pelos melhoristas foram às agronômicas. Assim, a criação de organismos geneticamente modificados (OGM) permitiu a evolução das plantas com o intuito de aumentar a produtividade e também resistência a pragas e doenças.

O melhoramento genético propriamente dito está relacionado à biotécnica da transgenia que consiste na criação de organismos geneticamente modificados, permitindo a introdução de genes específicos no genoma de cultivares comerciais e permite o fluxo de genes para plantas, que não poderiam obtê-los através de cruzamentos sexuais ou outras técnicas convencionais (Vercesi et al., 2009). Para esses autores, a grande vantagem da técnica é sua precisão, pois o melhorista consegue inserir somente a característica planejada, sem trazer outros genes indesejáveis.

A primeira cultura utilizada na dieta animal a ser aprovada para plantio e comercialização como OGM foi a da soja, na década de 80. A tecnologia foi criada pela empresa Monsanto que resultou na Soja RR (Roundup Ready), tolerante a herbicida à base de glifosato, usado para dessecção pré e pós-plantio, conhecido por sua eficiência em eliminar qualquer tipo de planta daninha. De acordo com os criadores da técnica, além do fator de contenção de defensivo, haveria benefícios ao meio ambiente devido a uma maior economia de água, despendida nos diferentes herbicidas, além do aumento da produtividade, a eliminação eficiente do mato competição e a redução no teor de impureza e umidade nos grãos colhidos.

A liberação de produção e venda de organismos geneticamente modificados levantou questionamentos por parte de consumidores e ativistas em relação à qualidade desse produto, assim como as consequências do consumo destes (Kleba, 1998). Para evitar futuros problemas, cientistas tentam demonstrar para a população que a criação de OGMs possibilita alavancar a produção sem malefícios, principalmente à saúde do consumidor.

Resultados que afirmam a ineficiência do grão de soja transgênica em relação a convencional com redução na germinação, viabilidade e vigor são demonstradas por Carvalho et al. (2012). Todavia, resultados preliminares de Nakatani et al. (2013) afirmam não haver diferenças na fixação de nitrogênio pela planta nem as características protéicas do grão quando comparadas sojas transgênicas com convencionais. Outros estudos demonstram a superioridade da soja transgênica sobre a convencional relacionadas a resistência ao estresse hídrico por inundação, a partir do aumento da atividade do hormônio antidiurético (Adh), permitindo aumento da taxa de germinação e aceleração do crescimento de plântulas submetidas ao estresse (Tougo et al., 2012).

Além de alterações nas características agronômicas, o melhoramento genético também pode resultar em melhoria na qualidade nutricional da semente, visando sua utilização na alimentação, tanto humana como animal (Qin et al., 2012), ao compararem dez linhagens de soja transgênica e a soja convencional, observaram superioridade nutricional da primeira sobre a segunda em relação ao perfil de ácidos graxos, incluindo os essenciais. Além disso, os autores afirmaram não haver diferenças entre as diferentes linhagens nos conteúdos de aminoácidos e composição proximal de nutrientes, assim como para fatores anti nutricionais, como inibidores de lecitina e tripsinas. Isso nos permite observar que as melhorias na qualidade nutricional na soja transgênica possibilitam a inclusão de ingredientes com superioridade nutricional com redução nos custos de produção por reduzir a quantidade de outros ingredientes ou aditivos nas dietas de aves.

A não influência da inclusão de soja transgênica na alimentação de aves também foi demonstrada por alguns autores, não havendo alterações nas características de desempenho e rendimento de carcaça de frango (Tan et al., 2012), assim como a não observação de sinais de toxicidade e de anti nutrição (Herman et al., 2011).

Na cadeia produtiva de aves, a utilização de farelo e óleo de soja advindo de soja transgênica é uma realidade, e permite aos produtores se beneficiarem, de forma direta e indireta, com a oferta constante de produto, principalmente pelo

aumento da produção dos grãos e melhoria da qualidade nutricional, interferindo na qualidade da ração e assim, no produto final que chega ao consumidor.

Milho

O grão de milho tem sido utilizado durante muitos anos na alimentação animal como principal componente energético das dietas de aves e suínos, tornando-se o alimento básico de maior concentração em uma ração balanceada. Além de ser rico em energia, o grão de milho apresenta alta eficiência de metabolização de energia quando comparada com outros ingredientes, como sorgo e triticale (Fischer Júnior et al., 1998), o que o torna essencialmente importante na nutrição animal.

Em décadas passadas, um dos maiores entraves para o avicultor era a falta de oferta constante e o alto preço do grão devido a também utilização do grão em outros ramos, que não a avicultura. A necessidade do aumento de produção foi inevitável para garantir a oferta constante ao mercado, sem encarecer demasiadamente o produto.

Buscando esse objetivo, técnicas de hibridação somática surgiram na década de 80. Essas técnicas baseiam-se na fusão celular que possibilita obter híbridos sem passar pela reprodução sexual, o que possibilita transferir caracteres poligênicos, sem ter conhecimento detalhado dos genes, não sendo possível controlar a ação dos genes desejados e por isso está sendo aplicada somente em culturas limitadas (Matsumoto, 2001). A tecnologia da hibridação é altamente difundida no mercado e comprovada pela grande quantidade de linhagens híbridas encontradas, o que permite ao agricultor a escolha a partir de características desejadas como produtividade, maturidade fisiológica (Borba et al., 1994), dentre outras.

A transgenia é outra técnica biotecnológica aplicada à cultura do milho, presente a menos tempo, mas que evoluiu no Brasil e no mundo com o argumento de que faltará grãos para suprir a demanda do mercado. Após vários entraves e discussões sobre a segurança alimentar entre produtores de grão e a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), a lei da biossegurança foi regulamentada e a utilização de OGM liberada na cadeia produtiva, desde que ficasse claro para o consumidor que aquele produto que estava consumindo teve, em algum

momento da cadeia produtiva, inserido organismos geneticamente modificados. As vantagens da criação de organismos transgênicos podem ser citadas com o aumento de produtividade, menor custo de produção, menor necessidade de trabalho e maior facilidade de controle das ervas daninhas mediante utilização de herbicidas (Andrioli, 2013).

Várias linhagens de milhos transgênicos estão sendo criadas com objetivos de melhorias diversas na cultura, como milho Bt, resistente a insetos sensíveis a toxina de *Bacillus thuringiensis*, Milho Libertlink, resistente ao glufosinato de amônia, e o Milho RR, tolerante ao glifosato. Pavão & Ferreira Filho (2011) ao avaliar os impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil concluíram que a inclusão do produto no mercado resultaria em redução dos custos de produção no setor de milho e nos demais elos da sua cadeia e assim possibilitando o repasse desses custos para os demais segmentos da cadeia de comercialização, que também se beneficiam dele.

Outra aplicação da biotecnologia é a produção de alimentos nutricionalmente fortificados com a melhoria da qualidade nutricional. A possibilidade de aumentar a densidade nutricional, quantidade de óleo ou proteína e aminoácidos do grão do milho, permite ao avicultor uma redução das quantidades de outros ingredientes na ração que possuem o preço por quilo mais elevado do que o grão de milho. Segundo Carneiro et al. (2000) para possibilitar melhoria na qualidade nutricional do milho é preciso alterar genes endógenos que codificam proteínas raras de alta qualidade, com adição de promotores de proteína de reserva de alta atividade, o que foi realizado até o momento em outras espécies vegetais. A produção de plantas melhoradas geneticamente pode ser futuramente o maior benefício da biotecnologia vegetal para a humanidade, fornecendo suporte para as exigências atuais e futuras de segurança alimentar, para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável e para a preservação dos recursos naturais (Carrer et al., 2010).

A nova vertente da biotecnologia está se revelando em uma pesquisa realizada na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) com divulgação midiática (Brito, 2003, comunicação pessoal), com pesquisas *in vitro*, mas por enquanto sem resultados técnicos em animais, que revela a possibilidade de

alterações na composição gênica no grão de milho com inclusão de um peptídeo que pode combater a forma infectante do protozoário causador da coccidiose. Essa evolução resultaria na redução da necessidade de medicamentos preventivos na alimentação de aves, com menores índices de mortalidade de aves acometidas pela coccidiose, menor custo da produção, sem rastros de substâncias na carne.

Em relação aos efeitos da utilização de milhos transgênicos nas dietas animais para o consumidor, ainda não existe uma conclusão definitiva. A falta de informação e o receio de consumidores sobre o que essa alteração gênica pode acarretar a população humana, faz com que países mais conservadores, tenham uma política de rejeição aos produtos transgênicos, alegando que esse pode acarretar futuros problemas na população ou ao meio ambiente. Todavia é necessário enfatizar que um campo de milho transgênico provoca exatamente o mesmo impacto ambiental que um campo de milho não transgênico (Colli, 2011). Esse mesmo autor em sua revisão sobre organismos transgênicos no Brasil, conclui que as razões pela qual os OGM ainda não são aceitos são difíceis de entender e que é de suma importância por parte do poder público entender que o excesso de regulamentação favorece as empresas com muito poder econômico na criação de novos OGM.

Aminoácidos

A suplementação de aminoácidos sintéticos em dietas para aves iniciou-se após vários estudos demonstrando a superioridade de dietas formuladas com base nos aminoácidos digestíveis em vez de totais (Pack, 1995, Toledo et al., 2004) e a necessidade de atender as exigências específicas dos animais em aminoácidos. Dessa forma, houve a possibilidade de reduzir custos com ingredientes básicos mais baratos, havendo melhoria na predição da qualidade da proteína da dieta e do desempenho dos animais (Rostagno et al., 1995), além da maior eficiência de utilização da proteína e a redução da poluição ambiental em função da menor excreção de nitrogênio (Duarte et al., 2013). De acordo com a fase de desenvolvimento ao qual a ave se encontra, é possível, a partir da suplementação de aminoácidos reduzir o nível protéico em até três pontos percentuais sem prejudicar o desempenho dos frangos de corte (Gomide et al., 2011).

Os aminoácidos largamente utilizados na avicultura são, por escala de limitação, a DL-metionina, L-lisina, L-triptofano e L-treonina, sendo a L-valina como o próximo da lista e sua produção industrial na América Latina iniciada no ano de 2010, permitindo assim a inclusão destes na dieta sem encarecer demasiadamente o custo de alimentação.

De acordo com Leuchtenberger et al. (2005), o rápido desenvolvimento do mercado de aminoácidos ocorreu em grande parte aos processos de baixo custo de fabricação e aos processos biotecnológicos de fermentação e catálise enzimática, apresentando vantagens econômicas e ecológicas, que são responsáveis por esse crescimento espetacular.

Apenas os aminoácidos na forma L-isômero são produzidos a partir de biotécnicas. Para o processo de fermentação, o princípio básico é a inclusão de microorganismos específicos inserido em substratos com fonte de carbono, para permitir aos microrganismos a produção de metabólitos primários (Hermann, 2003). A cultura, então sob condições definidas, produz o aminoácido que é isolado do meio fermentativo e cristalizado para comercialização.

A L-Lisina, aminoácido referência para aves, é fabricado no Brasil a partir da utilização da cana de açúcar como substrato e as estirpes são exclusivamente mutantes, de alto desempenho de *Corinebacterium*. O L-triptofano e a L-treonina são produzidos a partir de estirpes recombinantes de *Escherichia coli*. Assim, quase todos os aminoácidos proteínogênicos, com algumas exceções podem ser produzidos industrialmente por mutantes especialmente desenvolvidos de *Corinebacterium glutamicum* ou *E. coli* (Leuchtenberger et al., 2005).

O processo enzimático de produção de aminoácidos é realizado a partir de resolução enzimática com acilase de *Aspergillus oryzae* no reator de membrana enzimática, esta tecnologia é utilizada principalmente para a produção de L-valina, podendo ser também utilizada para produção de DL-metionina, produzida em maior escala por meios químicos (Wöltinger et al., 2005).

A principal razão por se utilizar microrganismos para produção de aminoácidos que poderiam ser extraídos e isolados a partir de plantas, animais ou sintetizados quimicamente é a facilidade de aumento da produção pela

manipulação genética e do ambiente (Demain, 2007).

Vitaminas

Vitaminas é um grupo de substâncias orgânicas ou nutrientes encontrados apenas em organismos vivos (Binod et al., 2010). As vitaminas estão entre os nutrientes fisiológicos funcionais mais essenciais pelo organismo, e por não participar de funções estruturais, e sim tendo cada vitamina participação em diversas funções altamente específicas no organismo são requeridas em pequenas porções nas dietas (Berchielli et al., 2011).

Dependendo da espécie animal e do ambiente ao qual o organismo se encontra, existe a possibilidade de síntese de vitamina, e apesar de encontrarem em quantidades variáveis nos diferentes ingredientes das dietas, a suplementação na forma de níveis de garantias das pré-misturas vitamínicas (premix), tentam fornecer aos animais o mínimo de vitaminas para evitar deficiências, tendo em vista que a deficiência crônica severa de micronutrientes é debilitante ao sistema imune (Rutz et al., 2002), prejudicando assim a saúde do animal e consequentemente sua produção. Além da produtividade, é preciso atentar na hora da suplementação a variáveis como interação entre vitaminas e outros nutrientes, qualidade da carne e segurança alimentar (Félix et al., 2009).

Para a produção de premix é necessário produzir a vitamina individualmente para posterior mistura. A produção de vitaminas pode ser realizada por processos químicos ou biotecnológicos (fermentação ou biorreatores). As vitaminas produzidas por meio de fermentação são algumas do complexo B e o ácido ascórbico.

A vitamina B2 ou riboflavina participa de processos do sistema metabólico como a oxidação de carboidratos e aminoácidos, estando ativo na forma livre como coenzima do tipo FAD ou flavoproteínas (Binod et al., 2010). A fabricação dessa vitamina é realizada tanto por processo químico como por fermentativo; porém o segundo é a principal via de produção, as estirpes utilizadas para a fermentação biológica são de *Ashbya gossypii* que chega a produzir 40.000 vezes mais vitamina do que ele precisa para o seu próprio crescimento. Além de haver a possibilidade de processos combinados ou isolados com estirpes de *Eremothecium ashbyii*,

Bacillus subtilis e *Candida famata* (Demain, 2007), *Corynebacterium ammoniagenes* (Survase et al., 2006) com a utilização de meio nutritivo com melação ou óleo vegetal (Özbas & Kutsal, 1986).

Fatores como a cepa microbiana, fonte de carbono, sais minerais, e o pH afetam a fermentação na produção das vitaminas (Survase et al., 2006).

Importante no metabolismo de proteínas e carboidratos, principalmente na formação de enzimas nesses processos, a vitamina B12 ou cobalamina, é usada para descrever os compostos do cobalto em particular os grupos da cobalamina. A produção industrial dessa vitamina é realizada por processo fermentativo a partir de vários microrganismos, incluindo *Propionibacterium*, *Methanosarcina* e *Butribacterium* (Silva et al., 2005) e *Pseudomonas denitrificans* (Spalla et al., 1989) produzindo cerca de 100.000 vezes mais vitamina B12 do que o necessário para o próprio microrganismo, porém essa produção é altamente dependente de betaína (Demain, 2007).

A vitamina C é um importante antioxidante no metabolismo animal (Berchielli et al., 2011). O processo de produção dessa vitamina foi durante muitos anos por síntese química (processo de Reichstein). Atualmente no processo químico está inserida uma reação de bioconversão com a oxidação de D-sorbitol a L-sorbose, utilizando um mutante de *Gluconobacter oxydans* (Demain, 2007). A L-sorbose é convertida por processo enzimático a 2-ceto-L-ácido gulônico (2KGA), precursor da vitamina C (Asakura & Hoshino, 1999).

O processo de fabricação da biotina, outra vitamina, tem sido realizado quimicamente, mas novos processos biológicos estão se tornando cada vez mais econômico (Demain, 2007). Os processos fermentativos seriam realizados por bactérias *Serratia marcescens* ou sistemas múltiplos de enzimas com *Bacillus sphaericus* (Gloeckler et al., 1990). Essa vitamina tem importante papel no metabolismo das proteínas e carboidratos, agindo diretamente na formação da pele, a principal função dessa vitamina é neutralizar o colesterol, ou seja, regulação da obesidade (Araújo et al., 2010).

É importante ressaltar que na pré mistura de vitaminas adicionadas na alimentação de aves, todas as vitaminas são adicionadas em diferentes

concentrações para determinada fase animal, as vitaminas citadas nesse artigo tem sua produção industrial de forma fermentativa bem detalhada na literatura, enquanto que as demais possuem processos químicos de produção ou biotecnológicos não explorados na bibliografia técnica.

Considerações finais

A biotecnologia participa de forma ativa na nutrição de aves e foi fator predominante para o desenvolvimento da atividade. É preciso atentar para esse ramo de produção, pois a partir de novas biotecnologias podem-se surgir também, novas possibilidades na avicultura industrial.

Referências Bibliográficas

- Albagli, S. 1998. Da biodiversidade à biotecnologia: a nova fronteira da informação. *Ciência da Informação*, 27, 7-10.
- Andrioli, A. I. 2013. Soja orgânica versus soja transgênica: um estudo sobre tecnologia e agricultura familiar na Região Fronteira Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Contexto & Educação*, 23, 195-222.
- Araújo, W. A. G., Lelis, G. R., Tavernari, F. C. & Teixeira, L. F. 2010. Biotina na nutrição animal. *Revista Eletrônica Nutritime*, 7, 1150-1160.
- Asakura, A. & Hoshino, T. 1999. Isolation and characterization of a new quinoprotein dehydrogenase, L-sorbose/L-sorbose dehydrogenase. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 63, 46-53.
- Bedani, R., Miguel, D. P., Chaves, I. R., Jung, E., Oliveira, P. F., Guaglianoni, D. G. & Rossi, E. A. 2008. Consumo de soja e seus produtos derivados na cidade de Araraquara-SP: um estudo de caso. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 18, 27-34.
- Belusso, D. & Hespanhol, A. N. 2010. A evolução da avicultura industrial brasileira e seus efeitos territoriais. *Revista Percurso*, 2, 25-51.
- Berchielli, T. T., Pires, A. V. & Oliveira, S. G. 2011. *Nutrição de Ruminantes*. 2th ed. FUNEP, Jaboticabal, Brazil.
- Binod, P., Sindhu, R. & Pandey, A. 2010. Production of Vitamins. In: Pandey, A. (ed.) *Comprehensive Food Fermentation and Biotechnology*.
- Bonamigo, A., Bonamigo, C. B. S. S. & Molento, C. F. M. 2012. Atribuições da carne de frango relevantes ao consumidor: foco no bem-estar animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 1044-1050.
- Bonneau, M. & Laarveld, B. 1999. Biotechnology in animal nutrition, physiology and health. *Livestock Production Science*, 59, 223-241.
- Borba, C. S., Andrade, R. V., Azevedo, J. T. & Oliveira, A. C. 1994. Maturidade fisiológica de sementes do híbrido simples BR 201 de milho (*Zea mays* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, 16, 63-67.
- Borém, A. 2005. A história da biotecnologia. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, 34, 10-12.
- Burrows, W. H. & Quinn, J. P. 1937. The collection of spermatozoa from the domestic fowl and turkey. *Poultry Science*, 16, 19-24.
- Carneiro, A., Carneiro, N., Carvalho, C., Vasconcelos, M., Paiva, E. & Lopes, M. 2000. Milho transgênico. *Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- Carrer, H., Barbosa, A. L. & Ramiro, D. A. 2010. Biotecnologia na agricultura. *Estudos Avançados*, 24, 149-164.
- Carvalho, T. C., Silva, S. S., Silva, R. C. & Panobianco, M. 2012. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de soja convencional e sua derivada transgênica RR em condições de estresse salino. *Ciência Rural*, 42, 1366-1371.
- Colli, W. 2011. Organismos transgênicos no Brasil: regular ou desregular? *Revista USP*, 148-173.
- Demain, A. L. 2007. Reviews: The business of biotechnology. *Industrial Biotechnology*, 3, 269-283.
- Duarte, K. F., Junqueira, O. M., Filardi, R. d. S., Siqueira, J. C. d., Puzotti, M. M., Garcia, E. A., Molino, A. d. B. & Laurentiz, A. C. 2013. Digestible tryptophan requirements for broilers from 22 to 42 days old. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42, 728-733.
- Félix, A. P., Maiorka, A. & Sorbara, J. O. B. 2009. Níveis vitamínicos para frangos de corte. *Ciência Rural*, 39, 619-626.

- Fischer Júnior, A. A., Albino, L. F. T., Rostagno, H. S. & Gomes, P. C. 1998. Determinação dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos usados na alimentação de aves. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 27, 314-318.
- Gloeckler, R., Ohsawa, I., Speck, D., Ledoux, C., Bernard, S., Zinsius, M., Villeval, D., Kisou, T., Kamogawa, K. & Lemoine, Y. 1990. Cloning and characterization of the *Bacillus sphaericus* genes controlling the bioconversion of pimelate into dethiobiotin. *Gene*, 87, 63-70.
- Gomide, E. M., Rodrigues, P. B., Bertechini, A. G., Freitas, R., Fassani, E., Reis, M., Rodrigues, N. & Almeida, E. 2011. Rações com níveis reduzidos de proteína bruta, cálcio e fósforo com fitase e aminoácidos para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 2405-2414.
- Herman, R. A., Dunville, C. M., Juberg, D. R., Fletcher, D. W. & Cromwell, G. L. 2011. Performance of broiler chickens fed diets containing DAS-68416-4 soybean meal. *GM Crops*, 2, 169-175.
- Hermann, T. 2003. Industrial production of amino acids by coryneform bacteria. *Journal of Biotechnology*, 104, 155-172.
- Hillier, L. W., Miller, W., Birney, E., Warren, W., Hardison, R. C., Ponting, C. P., Bork, P., Burt, D. W., Groenen, M. A. & Delany, M. E. 2004. Sequence and comparative analysis of the chicken genome provide unique perspectives on vertebrate evolution. *Nature*, 432, 695-716.
- Kleba, J. B. 1998. Riscos e benefícios de plantas transgênicas resistentes a herbicidas: o caso da soja RR da Monsanto. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 15, 9-42.
- Leuchtenberger, W., Huthmacher, K. & Drauz, K. 2005. Biotechnological production of amino acids and derivatives: current status and prospects. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 69, 1-8.
- Matsumoto, K. 2001. Híbridos somáticos. *Biociência*, 1, 26.
- Nakatani, A. S., Hungria, M., Fernandes, M., Mendes, I. C., Reis-Junior, F. B. & Oliveira, M. 2013. Fixação biológica do nitrogênio em soja transgênica e aplicação de glifosato durante três safras consecutivas no Brasil. In: EPAGRI (ed.) *Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: Congresso Brasileiro de Ciências dos Solos, Florianópolis.
- Özbas, T. & Kutsal, T. 1986. Comparative study of riboflavin production from two microorganisms: *Eremothecium ashbyii* and *Ashbya gossypii*. *Enzyme and Microbial Technology*, 8, 593-596.
- Pack, M. 1995. Proteína ideal para frangos de corte. Conceitos e posição atual. *Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas*. Fundação Apinco de Ciências e Tecnologias Avícolas Curitiba.
- Pavão, A. R. & Ferreira Filho, J. B. S. 2011. Impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 49, 81-108.
- Qin, F., Kang, L., Guo, L., Lin, J., Song, J. & Zhao, Y. 2012. Composition of transgenic soybean seeds with higher γ -linolenic acid content is equivalent to that of conventional control. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 2200-2204.
- Rostagno, H., Pupa, J. & Pack, M. 1995. Diet formulation for broilers based on total versus digestible amino acids. *The Journal of Applied Poultry Research*, 4, 293-299.
- Rutz, F., Bermudez, V. L., Pan, E. A. & Fischer, G. 2002. Impacto da nutrição vitamínica sobre a resposta imunológica das aves. *Simpósio Brasil Sul de Avicultura*. Chapecó.
- Silva, D. D. V., Walter, C., Canilha, L. & Mancilha, A. M. 2005. Aditivos alimentares produzidos por via fermentativa parte 2: Aminoácidos e vitaminas. *Revista Analytica*, 19, 62-73.
- Silveira, J. M. F. J., Borges, I. C. & Buainain, A. M. 2005. Biociência e agricultura: da ciência e tecnologia aos impactos da inovação. *São Paulo em Perspectiva*, 19, 101-114.
- Spalla, C., Grein, A., Garofano, L. & Ferni, G. 1989. Microbial production of vitamin B12. *Biotechnology of vitamins, pigments and growth factors*. Springer, Netherlands.
- Survase, S. A., Bajaj, I. B. & Singhal, R. S. 2006. Biotechnological production of vitamins.

- Food Technology and Biotechnology*, 44, 381-396.
- Tan, J., Liu, S., Zhang, Z. S. H., Wang, Y. & Liu, D. 2012. Comparison of broiler performance, carcass yields and intestinal microflora when fed diets containing transgenic (Mon-40-3-2) and conventional soybean meal. *African Journal of Biotechnology*, 11, 12371-12378.
- Toledo, G. S., López, J., Costa, P. T. & Souza, H. 2004. Aplicação dos conceitos de proteína bruta e proteína ideal sobre o desempenho de frangos de corte machos e fêmeas criados no inverno. *Ciência Rural*, 34, 1927-1931.
- Tougou, M., Hashiguchi, A., Yukawa, K., Nanjo, Y., Hiraga, S., Nakamura, T., Nishizawa, K. & Komatsu, S. 2012. Responses to flooding stress in soybean seedlings with the alcohol dehydrogenase transgene. *Plant Biotechnology*, 29, 301-305.
- Vercesi, A. E., Ravagnani, F. G. & Di Ciero, L. 2009. Uso de ingredientes provenientes de OGM em rações e seu impacto na produção de alimentos de origem animal para humanos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 441-449.
- Wöltinger, J., Karau, A., Leuchtenberger, W. & Drauz, K. 2005. Membrane reactors at Degussa. In: Kragl, U. (ed.) *Technology Transfer in Biotechnology*. Springer, Berlin.

Recebido em Novembro 18, 2015

Aceito em Dezembro 17, 2015

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited