

Artigo Número 74

USO DE META-ANÁLISES E MODELAGEM NA NUTRIÇÃO DE MONOGÁSTRICOS

Gladstone Brumano¹

Introdução

Na pesquisa científica, é crescente o número de artigos similares conduzidos e publicados nas diversas áreas do conhecimento, gerando interesse, muitas vezes, de realizar síntese destes resultados.

A complexidade das interações entre os muitos fatores que afetam a cadeia produtiva avícola e suinícola, torna praticamente impossível prever, com grande certeza, as consequências de uma implantação ou mudança de alguma estratégia de manejo, nutricional, de seleção, entre outras, para longo prazo e/ou para o sistema total de produção.

Uma alternativa para ajudar na tomada de decisões e definição de produtos melhores e mais econômicos, tanto na indústria como na pesquisa, é o uso da modelagem computacional, assim como, para a utilização de um grande número de resultados de trabalhos aplicando uma ou mais técnicas estatística, extraíndo assim, uma nova conclusão; pode-se usar a meta-análise.

A meta-análise se oferece como um método ou mesmo um paradigma, a partir do qual o pesquisador adota um novo enfoque ao reunir resultados e conclusões alheias. Ela se distingue da usual revisão bibliográfica, comum na atividade científica, porque nela as técnicas quantitativas assumem lugar de destaque. Os métodos estatísticos empregados na meta-análise asseguram a obtenção de uma estimativa combinada e precisa, sobretudo em virtude do aumento do número de observações e, conseqüentemente, do poder estatístico e da possibilidade de examinar a variabilidade entre os estudos (Fagard et al., 1996).

A modelagem computacional procura transformar conceitos e conhecimentos pertinentes em equações matemáticas e implementá-las por meio de processos lógicos, simulando situações reais em computador. A partir de modelos biológicos razoáveis para um sistema em particular, pode-se ainda proceder a simulações que permitam avaliações simultâneas de problemas estudados em vários projetos de pesquisa, as quais poderiam ser economicamente inviáveis em uma experimentação física.

Nos últimos vinte anos, em decorrência da evolução dos programas computacionais, das técnicas de modelagem e da capacidade de processamento dos computadores, ocorreu um grande aumento no número de pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de modelos que tentam prever as respostas dos animais em diferentes tipos de situações. Conseqüentemente, vários programas que utilizam a modelagem computacional para tentar prever o desempenho de sistemas biológicos e/ou de produção estão sendo lançados no mercado.

Dessa forma, as informações coletadas por indústrias e instituições de pesquisa podem ser aplicadas para avaliar sistemas avícolas e suínícolas comerciais e para definir prioridades de pesquisa com grande economia (Black, 1995).

¹ gbrumano@yahoo.com.br

Meta-análise

Uma meta-análise visa extrair informação adicional de dados preexistentes através da união de resultados de diversos trabalhos e pela aplicação de uma ou mais técnicas estatísticas.

É um método quantitativo que permite combinar os resultados de estudos realizados de forma independente, geralmente extraído de trabalhos publicados, e sintetizar as suas conclusões ou mesmo extrair uma nova conclusão.

Como são analisados em conjunto resultados obtidos em trabalhos distintos, nesta análise considera-se o efeito de diferentes fatores que interferem diretamente na variabilidade dos resultados como: época do ano e ano de realização do trabalho, local de execução do experimento, idade e sexo dos animais utilizados, número de repetições e metodologia utilizada na determinação da variável resposta, dentre outros. De acordo com Giannotti (2004), um ponto fundamental na meta-análise é essa variabilidade existente entre os estudos.

Segundo Finney (1995), o termo meta-análise foi utilizado pela primeira vez, no sentido aqui adotado, por G.V. Glass, em 1976, em um artigo intitulado "Primary, secondary and meta-analysis of research", na revista Educational Research. Antes disso, em diversos trabalhos foram utilizadas técnicas estatísticas para combinar ou reunir dados já publicados ou utilizados em outros estudos, sem entretanto ter-se cunhado um termo específico para definir o método utilizado.

O surgimento de um termo específico para definir esse procedimento ocorreu ao mesmo tempo em que aumentava muito a sua utilização em diversas áreas do conhecimento. A explicação para esse aumento da popularidade da meta-análise nas últimas três ou quatro décadas pode estar na atual explosão de informação por que passa o mundo todo e, em especial, o mundo científico ou acadêmico.

Tipos de dados utilizados na meta-análise

A forma como os dados poderão ser tratados dependerá quase totalmente da fonte de onde eles foram obtidos, pois essa determina o seu detalhamento. Se só dispusermos das estatísticas dos dados, como médias, coeficientes angulares, proporções, as técnicas disponíveis para a análise conjunta serão diferentes daquelas que poderão ser aplicadas quando se dispuser dos dados brutos ou originais.

No caso dos dados serem provenientes de trabalhos já publicados, a sua obtenção é bastante simples, exatamente igual à que se utiliza em uma revisão bibliográfica comum. Não há necessidade de autorização para uso, pois os dados já são de domínio público, sendo apenas indispensável à citação correta da fonte.

Em contrapartida à facilidade de obtenção, uma desvantagem deste tipo de dados é que raramente as revistas publicam artigos com os dados originais. Na maioria das vezes, só são apresentados os resultados já analisados, na forma de estatísticas como média, variância, coeficiente de determinação, etc., o que limita os tipos de técnicas que poderão ser aplicadas na meta-análise. Geralmente as técnicas mais adequadas nesses casos serão do tipo não paramétrico.

Apesar de os métodos não paramétricos serem menos exigentes que os paramétricos em termos de suposições sobre os dados, continuam sendo necessárias algumas características fundamentais para a garantia de uma análise consistente e

confiável. As suposições que ainda permanecem obrigatórias são: todas as amostras são aleatórias dentro de suas respectivas populações; as amostras são independentes entre si; a escala de medida é sempre a mesma ou linearmente transformável (Conover, 1999).

Cuidados extras devem ser tomados para verificar se as condições "ambientais" onde foram desenvolvidos os diversos trabalhos não variaram significativamente em algum importante fator influente sobre a variável de interesse. Isso não inviabiliza a meta-análise, mas, se ocorrer, precisa ser incorporado de alguma forma pela técnica de análise escolhida. Para evitar que esse tipo de detalhe passe despercebido é fundamental que os artigos utilizados como fonte de dados sejam lidos integralmente, e não apenas copiados os dados das suas tabelas.

O pesquisador poderá ter acesso aos dados brutos de pesquisas anteriores de diversas formas além de trabalhos publicados. É o caso de dados coletados e armazenados ao longo do tempo por empresas, universidades ou institutos de pesquisa, que eventualmente serviram a um ou outro propósito, como teses, diagnósticos, publicações, etc., mas nunca foram reunidos em uma única análise. Infelizmente, nem sempre as instituições estão preocupadas ou preparadas para disponibilizar esses dados de maneira eficiente. Teoricamente, os sistemas de bancos de dados eletrônicos podem armazenar os dados originais dos estudos individuais e mantê-los acessíveis por longo tempo para uso, entre outras coisas, em meta-análises. Entretanto, a implementação dos registros completos e o armazenamento eletrônico dos dados requerem enorme capacidade organizacional, boa vontade dos cientistas em colaborar, e considerações éticas (Irwig, 1995).

Em casos excepcionais, pode-se conseguir dos autores de trabalhos publicados que forneçam os dados originais para serem submetidos à meta-análise. Nesse caso, esbarra-se em problemas de relacionamento pessoal, institucional e até internacional, que podem raramente facilitar e, mais freqüentemente, dificultar a obtenção dos dados.

De qualquer maneira, conseguidos os dados brutos, as possibilidades de análise estatística passam a ser enormes, sendo definida pelos objetivos e linha de trabalho do pesquisador e, também, pelas características dos dados. A fonte dos dados, nessa situação, pouco interfere na escolha da análise.

Um outro obstáculo à utilização de dados brutos é a heterogeneidade entre bases de dados, tanto dentro de uma mesma instituição, ao longo do tempo, como entre instituições. Ou seja, para uma variável que vem sendo coletada ao longo dos últimos 50 anos por um órgão qualquer, pode ter havido várias mudanças na forma de sua obtenção, que impeçam ou dificultem sua utilização em conjunto. O mesmo pode ocorrer, até com mais freqüência, entre órgãos distintos, que se utilizam de diferentes métodos para o cálculo do valor de uma determinada variável.

A fonte de dados alheios pode ser de trabalhos já publicados ou de dados brutos, acrescida de um conjunto de dados novos, coletados pelo próprio pesquisador.

Os exemplos mais conhecidos de utilização desse tipo de dados em meta-análise, embora não sejam associados a esse termo nem tenham um caráter estritamente científico, são as pesquisas de opinião, especialmente as eleitorais. Nessas pesquisas existe uma parte essencial dos dados que é coletada pelo pesquisador, que são as opiniões e características dos entrevistados. Entretanto, para que possa extrapolar a opinião de duas a três mil pessoas, de forma a representar a opinião de mais de cem milhões de eleitores, é necessário lançar mão de dados auxiliares, que permitem a distribuição correta da proporção da intenção de voto por sexo, idade, região, classe socioeconômica, grau de instrução, etc.

Cuidados na aplicação da meta-análise

Apesar de sua reconhecida utilidade, como qualquer método ou técnica, a meta-análise pode ser mal utilizada, levando a conclusões errôneas ou tendenciosas (Bailar III, 1995). Algumas das causas da má aplicação da meta-análise podem e devem ser evitadas, entre elas estão a tendenciosidade na escolha dos dados e a inadequação dos mesmos aos objetivos propostos. É importante lembrar que, como em toda a atividade humana, o mau uso não é inerente ao método, e sim devido à má intenção ou formação do seu usuário.

A tendenciosidade pode se insinuar na escolha dos dados que serão utilizados na meta-análise de diversas maneiras. A primeira e mais freqüente delas é a escolha de trabalhos favoráveis à hipótese que o pesquisador quer provar. O favorecimento pode até não ser consciente, mas se manifesta inclusive na forma como se buscam os trabalhos publicados, através do tipo de palavras-chave escolhidas, da linha das revistas consultadas, e até do período pesquisado.

Outra maneira de incutir tendência aos dados é, por exemplo, a restrição quanto à língua em que os trabalhos foram publicados, que terá uma forte associação com a distribuição geográfica dos dados, o que pode repercutir de forma decisiva nas conclusões encontradas.

O importante é ter em mente que, apesar de não ser possível, no estrito sentido do termo, aleatorizar os dados que comporão uma meta-análise, deve-se procurar garantir que a forma de escolha dos ensaios a serem incluídos, a ocorrência de dados discrepantes, a heterogeneidade associada ao ambiente de coleta e a presença de causas de variação não controladas não contaminem de forma tendenciosa o conjunto a ser estudado (Anello & Fleiss, 1995).

Outra possível fonte de frustração para os usuários da meta-análise pode ser a inadequação dos dados existentes na literatura aos objetivos propostos. Isso também pode ocorrer em experimentos tradicionais, onde os dados são gerados especificamente para o estudo em questão e mesmo assim, ao final da análise, se mostram insuficientes para sustentar quaisquer conclusões. No caso da meta-análise, entretanto, esse risco é maior, pois o pesquisador não está totalmente livre para delinear seus experimentos, sendo "obrigado" a trabalhar sobre dados que foram produzidos para atender a outros objetivos (Anello & Fleiss, 1995). Apesar desse risco aumentado, como os custos desse método são geralmente muito inferiores aos custos do estabelecimento de experimentos ou levantamentos da forma tradicional, a relação custo/benefício permanece favorável ao uso da meta-análise.

Uso da meta-análise na nutrição de monogástricos

Sauer et al. (2007) baseados em uma vasta pesquisa de literatura, utilizaram a meta-análise para calcular a eficiência relativa de utilização da metionina hidroxí-análoga (MHA-AL) comparada a DL- metionina (DLM) em ganho diário de peso para frangos de corte. A dose-resposta de ambas as fontes de metionina no ganho de peso pode ser descrita com uma regressão não-linear. O resultado da meta-análise indicou para frangos de corte uma eficiência de 78% por MHA-FA em comparação a DLM baseado no parâmetro ganho de peso.

Um conjunto de relatórios de ensaios de 1993 a 2003 foi analisado estatisticamente por Hooge (2004), com o objetivo de determinar os efeitos da parede celular de

Saccharomyces cerevisiae variedade *boulardii* como mananoligossacarídeo (MOS) para frangos de corte, suplementado em dietas controle negativo (nCON) e dietas controle positivo (pCON). Foram utilizados os parâmetros, ganho de peso, conversão alimentar e mortalidade. Para os resultados foram calculados a média "através de tratamentos" (todas as comparações) e "através de tentativas" (comparações calculando a média por tentativa antes das análises) usando teste t emparelhado para comparar nCON e pCON significativos com meios de MOS correspondentes. Concluiu-se que o recomendado ótimo de MOS em adição a alimentação de frangos de corte é de 0,2% na idade de 0 a 7 dias, 0,1% na idade de 7 a 21 dias, e 0,05% na idade de 21 a 42 dias.

Visando obter equações de predição para estimar os valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) de alimentos concentrados comumente utilizados nas rações de frangos de corte, utilizando o princípio da meta-análise, Nascimento (2007) realizou uma revisão bibliográfica de estudos realizados no Brasil, para catalogar informações sobre valores de EMAn e composição química dos alimentos concentrados. Foram considerados os efeitos sexo (macho, fêmea e mistos), idade (1ª e 2ª semana de vida, 3ª e 4ª semana, 5ª e 6ª semana, acima da 6ª semana ou indefinido), e metodologia empregada no ensaio de metabolismo (coleta total de excretas e alimentação forçada + coleta total de excretas). Foi realizado o fatorial entre os códigos dos efeitos (3x4x2), podendo totalizar até 24 grupos, os quais foram submetidos à análise dos mínimos quadrados ponderados, realizando-se a meta-análise. As equações que melhor se ajustaram para os alimentos energéticos foram $EMAn = 4371,18 - 26,48PB + 30,65EE - 126,93MM - 52,26FB - 25,14FDN + 24,40FDA$ ($R^2=0,81$) e $EMAn = 4205,23 + 30,58EE - 130,35MM - 58,29FB - 28,31FDN + 16,71FDA$ ($R^2=0,81$). Para os alimentos protéicos foi $EMAn = 2707,71 + 58,63EE - 16,06FDN$ ($R^2=0,81$). Já para os concentrados, duas se ajustaram $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$ ($R^2= 0,84$) e $EMAn = 4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN$ ($R^2= 0,83$).

Modelagem computacional na produção animal

O conceito de modelagem é estreitamente ligado à noção de sistema. Um estudo de síntese realizado por Sauvart (1999) sobre a definição de sistema, estabelecida por diferentes autores, identificou a presença comum de termos como conjunto de elementos, relações, totalidade, organização, finalidade e não aditividade. Nesse sentido, o conceito de Spedding (1988) é o que melhor integra esses termos: modelagem é a abstração e simplificação da realidade capaz de integrar as principais interações e comportamento do sistema estudado, apta a ser manipulada com o objetivo de prever as consequências da modificação de um ou de vários parâmetros sobre o comportamento do sistema. A modelagem é, sobretudo, uma tentativa de integração de diferentes fenômenos, sendo limitada pelos recursos humanos e materiais disponíveis e/ou utilizados na sua construção.

Tipologia de modelos

Na pesquisa avícola e/ou suinícola, um "modelo" pode ser a descrição matemática, ou seja, por meio de equações, de fenômenos biológicos como crescimento, produção de ovos, digestão e absorção de nutrientes etc. Assim, variáveis quantitativas são tomadas para representar fatores que influenciam o fenômeno.

O modelo matemático mais simples que é empregado na pesquisa avícola e/ou suinícola é o modelo de um delineamento inteiramente ao acaso, dado por:

$$Y_{ij} = m + t_j + e_{ij} \quad (1),$$

o qual assume que cada valor observado (y_{ij}) é determinado por uma quantidade que é constante a todas unidades experimentais (m) mais a quantidade que é comum às unidades que receberam o mesmo tratamento (t_i) e ainda uma quantidade específica de cada observação (e_{ij}).

Nota-se que toda a observação, de qualquer experimento, pode ser representada pelo modelo (1). Entretanto, a qualidade e a confiabilidade das informações extraídas com o auxílio do modelo vão depender de quanto o modelo se ajusta aos dados. Assim, em algumas ocasiões, é mais apropriada a utilização de modelos que descrevem um maior número de fatores, como tratamento, sexo e linhagem (t_i , s_j e l_k) e interações entre esses fatores (ts_{ij} , tl_{ik} e sl_{jk}):

$$y_{ijk} = m + t_i + s_j + l_k + ts_{ij} + tl_{ik} + sl_{jk} + e_{ijk} \quad (2)$$

Os modelos (1) e (2) podem ser classificados como modelos lineares. Um modelo é considerado linear quando todos os parâmetros estão linearmente dispostos, mesmo quando existirem termos elevados ao quadrado, ao cubo etc. Assim, outro exemplo de modelo linear é o modelo de regressão polinomial comumente empregado na determinação de exigências nutricionais:

$$Y_{ij} = b_0 + b_1X_i + b_2X_i^2 + e_{ij} \quad (3),$$

em que y_{ij} pode ser o peso do animal j que recebeu o nível de proteína X_i , e os parâmetros da regressão são b_0 , b_1 e b_2 , e o termo referente a variação aleatória é o e_{ij} estão linearmente dispostos.

A maioria dos modelos empregados em experimentação avícola e/ou suinícola é do tipo modelo linear, uma vez que eles são mais facilmente implementados nas análises estatísticas. Entretanto, muitos fenômenos biológicos são mais bem descritos por modelos não-lineares como os modelos que descrevem o crescimento, como o aumento do peso em função do tempo, utilizando a função de Gompertz (Gous, 1998; Emmans, 1995), cuja expressão é dada por:

$$W_t = W_0 \exp\{(L/K) (1 - e^{-kt})\} \quad (4),$$

em que W_t é o peso ao tempo t , W_0 é o peso ao nascer, L é a taxa inicial de crescimento, e K é a taxa exponencial de redução do crescimento L .

Segundo Baldwin (1995), os modelos matemáticos ainda podem ser classificados como:

- estáticos ou dinâmicos,
- determinísticos ou estocásticos,
- e como empíricos ou mecanísticos.

Os modelos estáticos descrevem o fenômeno em determinado momento ou instante, enquanto que nos modelos dinâmicos os parâmetros podem variar no tempo. Os modelos empregados nas determinações de exigências nutricionais para uma idade específica (NRC, 1994 e 1998) podem ser classificados como estáticos, enquanto que as curvas de crescimento são exemplos de modelos dinâmicos.

Modelos determinísticos são aqueles que só têm uma única resposta, enquanto que nos modelos estocásticos (ou probabilísticos) possíveis respostas dependem de uma distribuição de probabilidade. Ao definir que as variáveis e_{ij} e e_{ijk} dos modelos (1), (2) e

(3) podem assumir valores amostrados ao acaso de uma distribuição de probabilidade, esses modelos podem ser considerados como exemplos de modelos estocásticos. A distribuição normal é a distribuição de probabilidade mais empregada nos modelos estocásticos das pesquisas avícolas e suínolas.

O modelo (4) é um exemplo de modelo determinístico, uma vez que para determinados parâmetros da curva de crescimento (W_0 , L e K) e para determinada idade (t) é obtida apenas uma resposta (W_t), o que poderia representar o peso médio esperado de uma linhagem para a idade (t). Entretanto, adicionando um fator de variação aleatória (e_i), obtém-se um modelo estocástico do tipo:

$$W_{ti} = W_0 \exp\{(L/K) (1 - e^{-kt})\} + e_i \quad (5),$$

em que W_{ti} pode ser interpretado como sendo o peso do animal i ao tempo t . Os modelos estocásticos permitem a estimação dos parâmetros de dispersão, os quais medem a variabilidade dos indivíduos que compõem a população.

Na área de nutrição e manejo, a maioria dos modelos de simulação disponíveis atualmente, é determinística, enquanto que os modelos estocásticos são os mais usados nos estudos de melhoramento animal.

Os modelos empíricos são baseados apenas em correlações ou associações entre duas ou mais variáveis, sem levar em consideração os mecanismos que controlam o fenômeno. Por outro lado, os modelos mecanísticos tentam explicar ou descrever os mecanismos envolvidos, baseando-se nas leis da física, química, bioquímica etc.

A dificuldade em se definir os mecanismos envolvidos nos fenômenos biológicos faz com que a maioria dos modelos propostos para aves e suínos sejam empíricos. Os modelos geralmente só descrevem o crescimento ou a produção de leite e de ovos do ponto de vista da composição corporal ou do leite e do ovo (energia, proteína, gordura, cinzas ou aminoácidos). Entretanto, é muito importante tentar desenvolver modelos mecanísticos que descrevam fenômenos como o metabolismo de nutrientes, a digestão, o crescimento de tecidos, a postura e o desenvolvimento embrionário, para se aprofundar nos conhecimentos dos processos envolvidos (Baldwin, 1995; McNamara et al., 2000).

O termo modelo também é adotado para a representação de um sistema, com diagramas de fluxo. Nesse caso, vários modelos matemáticos podem estar envolvidos na implementação dos diversos fatores que explicam a eficiência do sistema. Esses fatores são colocados em uma seqüência lógica de acontecimentos e a forma de implementação é variável em função do grau de conhecimento e interesse do pesquisador sobre determinados fatores e dos recursos computacionais. Esses tipos de modelos são chamados de modelos por compartimentos (Baldwin, 1995; Rosenblatt, 1998).

Obtenção e avaliação dos modelos

A credibilidade dos modelos empregados nas simulações depende desses estarem baseados em dados provenientes de pesquisas que empregam métodos científicos de experimentação, os quais requerem avaliações por meio de metodologias estatísticas apropriadas. Dentre os procedimentos estatísticos empregados nas experimentações, as análises de regressão linear, não-linear ou múltipla merecem um importante destaque por serem bastante úteis na determinação da relação existente entre as variáveis respostas e os fatores considerados nos modelos. A quantificação dessas relações é fundamental para o processo de implementação dos programas de simulação.

Os estudos de crescimento (modelos 1 e 2) e de exigências nutricionais (modelo 3) se beneficiam bastante das informações obtidas em análises de regressão (Curnow, 1986). Entretanto, é importante entender as vantagens e desvantagens de cada modelo de tal forma que seja possível obter o máximo benefício (Stilborn et al., 1994).

Para avaliação de um modelo, pode-se testá-lo em populações de comportamento conhecido ou com dados da literatura, além de outras formas. Segundo Harlow & Ivey (1994), quatro aspectos básicos precisam ser avaliados em cada modelo: a calibração, a acurácia, a precisão e a viés.

A calibração é o processo de ajuste dos parâmetros que permite ao modelo estimar o crescimento em condições comerciais. Cada modelo utiliza um método de calibração diferente, podendo influenciar sua flexibilidade e/ou confiabilidade.

A acurácia de um modelo determina quão próximo o modelo estima os dados de produção. A precisão do modelo está relacionada à variabilidade de suas respostas. Um modelo pouco preciso pode apresentar resultados muito variáveis para uma mesma condição. O viés do modelo indica as falhas sistemáticas para predizer os valores, o que pode levar a super ou a subestimação de variáveis importantes.

Modelagem na determinação de exigências nutricionais

A estimação das exigências nutricionais tradicionalmente fundamenta-se em experimentos que medem a resposta do animal, em ganho de peso ou conversão alimentar, como uma média de uma linhagem genética, para um período específico, em condições ambientais e alimentares fixas. Isto indica que os valores de exigência de um nutriente são aplicáveis, com exatidão, para condições semelhantes ao que o experimento foi conduzido (Gous, 1998).

A implementação, em computador, de modelos de nutrição pode viabilizar a criação de sistemas interativos que disponibilizem informações de requerimentos para uma ampla variedade de condições.

Com a modelagem do crescimento, os nutricionistas podem predizer de maneira dinâmica as exigências de aminoácidos, proteína e energia de acordo com a taxa de crescimento ou de produção no momento da formulação (Hruby et al., 1994). Nesses programas, para se ter maior precisão nas formulações de rações, é necessário fornecer informações referentes aos animais, ao alimento, ao meio ambiente, entre outros, de tal forma que se possa predizer o consumo de cada nutriente em determinada situação ambiental (Emmans & Fisher, 1986; Emmans, 1995).

Assim, aumenta a cada dia a necessidade de se melhorar a descrição do desenvolvimento dos tecidos, os quais são resultantes do potencial genético do animal e de suas interações com o consumo de nutrientes e demais fatores ambientais.

O estudo da curva de crescimento de cada animal, por meio de modelos estocásticos, tem se mostrado bastante útil, principalmente nas pesquisas de melhoramento animal. Com esses modelos, é possível ter uma melhor avaliação da população, podendo-se planejar maneiras de se promover mudanças desejáveis na forma da curva de crescimento dos animais, o que poderia ser feito por meio de manejos de nutrição e/ou seleção de animais. Assim, as estratégias de alimentação poderiam ser otimizadas (Gous, 1998).

Referências Bibliográficas

Anello, C.; Fleiss, J. L. Exploratory or analytic meta-analysis: should we distinguish between them? **Journal of Clinical Epidemiology**, New Haven, v. 48, n. 1, p. 109-116, 1995.

Bailar III, J. C. The practice of meta-analysis. **Journal of Clinical Epidemiology**, New Haven, v. 48, n. 1, p. 149-157, 1995.

Baldwin RL. **Modeling ruminant digestion and metabolism**. London (UK): Chapman & Hall; 1995.

Black JL. The evolution of animal growth models In: Moughan PJ, Verstegen MWA, Visser-Reyneveld MI, editores. **Modelling growth in the pig**. Wageningen (The Netherlands): Wageningen Pers; 1995 p. 3-9.

Conover, W. J. **Practical nonparametric statistics**. 3. ed. New York: John Wiley, 1999. 584 p.

Curnow RN. A smooth population response curve based on an abrupt threshold and plateau model for individuals. **Biometrics**, 1986; 29(1):1-10.

Emmans GC. Problems in modelling the growth of poultry. **World's Poultry Science Journal**, 1995; 51(1):78-89.

Emmans GC, Fisher C. Problems in nutritional theory. In: Fisher C, Boorman NK, editores. Nutrient Requirements of Poultry and Nutritional Research, **British Poultry Science Symposium**, London (UK): Butterworths; 1986. p. 9-39.

Fagard, R.H.; Staessen, J.A.; Thijs, L. Advantages and disadvantages of the meta-analysis approach. **Journal of Hypertension**, v.14, suppl.2, p.9-13, 1996.

Finney, D. A statistician at meta-analysis. **Journal of Clinical Epidemiology**, New Haven, v. 48, n. 1, p. 87-103, 1995.

Giannotti, J. D. G. **Meta-análise de parâmetros genéticos de características de crescimento em bovinos de corte sob enfoques clássico e bayesiano**. 2004. 86 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

Gous RM. Making progress in the nutrition of broilers. **Poultry Science**, 1998; 77(1):111-117.

Harlow HB, Ivey FJ. Accuracy, precision, and commercial benefits of growth modeling for broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, 1994; 3(4):391-402.

Hooge, D. M. Meta-analysis of Broiler Chicken Pen Trials Evaluating Dietary Mannan Oligosaccharide (1993-2003). **International Journal of Poultry Science**, V.3, 163-174, 2004.

Hruby M, Hamre ML, Coon C. Growth modeling as a tool for predicting amino acid requirements of broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, 1994; 3(4):403-415.

Irwig, L. A statistician at met-analysis: discussion. **Journal of Clinical Epidemiology**, New Haven, v. 48, n. 1, p. 105-108, 1995.

McNamara JP, France J, Beever D. **Modeling nutrient utilization in farm animals**. London (UK):CAB International; 2000.

Nascimento, G. A. J. **Equações de predição dos valores energéticos de alimentos para aves utilizando o princípio da mate-análise**. 2007. p. 212, Tese (Doutorado), Universidade Federal de Lavras, 2007.

National Research Council – NRC. **Nutrient Requirements of Poultry**, 9 ed. Washington, National Academy os Sciences, 1994. 155p.

National Research Council – NRC. **Nutrient Requirements of Swine**, 3 ed. 1998. 189p.

Rosenblatt J. The mathematics behind modeling. In: Clifford AJ, Müller Hans-Georg, editores. **Mathematical modeling in experimental nutrition**. New York (NY):Plenum Press; 1998. p. 115-129.

Sauer N., Piepho H.-P., Emrich K., Lemme A., Mosenthin R.: Meta-analysis on the biological efficiency of two different methionine-sources in broiler chickens. In: Berichte der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. **Proc. Soc. Nutr. Physiol**, v. 16, S. 121, Frankfurt, 2007.

Sauvant, D. **Analyse systémique et modélisation: introduction**. Cours Supérieur d’Alimentation des Animaux Domestiques. Paris : INAPG-DSA, 1999. 9p.

Spedding CRW. **General aspects of modelling and its application in livestock production** In: Korver S, Van Arendonk JAM, editores. Modelling of livestock production systems. Brussels (Belgium): Kluwer Academic Publishers; 1988. p. 3-9.

Stilborn HL, Moran Jr ET, Gous RM, Harrison MD. Experimental data for evaluating broiler models. **Journal of Applied Poultry Research**, 1994; 3(4):379-389.

