

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MODELAGEM DA EXIGÊNCIA DE LISINA E DEPOSIÇÃO
DE NITROGÊNIO PARA FRANGAS DE
CRESCIMENTO LENTO

KARINE SILVA CAMARGO

Recife – PE

2015

KARINE SILVA CAMARGO

MODELAGEM DA EXIGÊNCIA DE LISINA E DEPOSIÇÃO
DE NITROGÊNIO PARA FRANGAS DE
CRESCIMENTO LENTO

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Zootecnia, da Universidade
Federal Rural de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do título de
Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello – Orientador Principal

Prof. Dr. Edney Pereira da Silva – Coorientador

Prof. Dr. Claudio José Parro de Oliveira – Coorientador

KARINE SILVA CAMARGO

MODELAGEM DA EXIGÊNCIA DE LISINA E DEPOSIÇÃO
DE NITROGÊNIO PARA FRANGAS DE
CRESCIMENTO LENTO

Dissertação defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 23 de fevereiro de
2015.

Orientador:

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Comissão Examinadora:

Prof. Dr^a. Helena Emília Cavalcanti da Costa Cordeiro Manso
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dr^a. Cláudia Costa Lopes
Universidade Federal da Paraíba

Dr. Guilherme Rodrigues do Nascimento
Universidade Federal Rural de Pernambuco

RECIFE-PE
2015

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

KARINE SILVA CAMARGO – Filha de Dilma Francisco da Silva, nasceu em 19 de fevereiro de 1990, na cidade de São Paulo - SP. Em fevereiro de 2008 iniciou o curso de graduação em Zootecnia, na Universidade Federal de Alagoas. Em 2009 foi selecionada para ser monitora das disciplinas Agroinformática e Introdução à Agroinformática, função na qual permaneceu até 2010. Neste mesmo ano, tornou-se bolsista do programa Bolsa Permanência, onde realizou atividades no Laboratório de Informática, e também no Laboratório de Nutrição Animal, desenvolvendo atividades de análises laboratoriais. De 2010 a 2013 fez parte do grupo de pesquisa Melhoramento Vegetal e Nutrição, atuando na linha de pesquisa Análise e Avaliação de Alimentos. De 2011 a 2013 foi estagiária do setor de Nutrição de Não Ruminantes. Em 2012 foi selecionada para ser monitora da disciplina Análise e Avaliação de Alimentos, permanecendo na função até janeiro de 2013. Em 30 de janeiro de 2013 recebeu o título de Bacharel em Zootecnia e, em março do mesmo ano, iniciou suas atividades no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, na área de Nutrição de Não Ruminantes, na Universidade Federal Rural de Pernambuco. Em 23 de fevereiro de 2015 submeteu-se à defesa de dissertação para obtenção do título de Mestre.

DEDICO

Ao meu Papai do Céu, Deus todo poderoso, pela bênção concedida mesmo sem merecimento, pelo infinito amor, pela proteção e pela força que me deste para enfrentar todos os desafios que surgiram.

“Não a nós, Senhor, nenhuma glória para nós, mas sim ao teu nome, por teu amor e por tua fidelidade!”

Salmos 115:1.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao meu Senhor Deus, por lá no início, o meu sonho de entrar no mestrado ter sido o mesmo sonho que Ele tinha pra mim. Por não permitir que eu desistisse e ter me dado força, quando ela já não havia mais em mim, e me fazer lembrar que grandes esforços nos trazem grandes recompensas. Foram dois anos difíceis demais, em todos os sentidos, mas sei que sem a Tua presença tudo teria sido muito pior. Obrigada, Pai, por tamanho amor.

À minha guerreira, meu milagre, minha amada mãe Dilma, por nunca ter medido esforços quando o assunto era minha educação, por ter me apoiado imensamente quando decidi ir em busca do crescimento profissional em outro Estado, por acreditar e apostar tanto em mim, por todo amor, carinho, dedicação e, principalmente, por não ter permitido que eu desistisse... eu seria hoje a pessoa mais arrependida do mundo!

Ao meu noivo, amigo, cúmplice, parceiro e por muitas vezes orientador. Levi, agradeço-te por tudo: pelo amor, carinho, paciência, incentivo, por cuidar de mim e, mesmo seguindo por áreas diferentes, mostrar-se sempre disposto a me ajudar em todas as fases da pesquisa. Por enxugar minhas lágrimas e nunca ter me deixado enfrentar sozinha os meus medos. Nada do que eu fale aqui, neste pequeno espaço, seria capaz de mensurar toda minha gratidão! Você foi e é importante demais, obrigada.

À minha família, em especial minha Vó Dinda, meu Avô José, tia Denilza, tio Adenilton, meu primo e afilhado Rodrigo, tia Gleyde, tia Geane, tia Mariza, aos meus sogros D. Ana e Sr. Múcio, e a avó Cacá, cada um me ajudou de alguma imensa forma na fase inicial e no decorrer desses dois anos. Se não vocês, nada teria sido possível! Agradeço por compreenderem e perdoarem as minhas ausências, pelas palavras de

apoio, incentivo, carinho, por acreditarem mais em mim do que eu mesma acredito. Amo vocês, amo muito vocês!

Aos grandes amigos Paulinha, Kássia, Jey, Erica, Allisson Dantas, Talita e toda sua família, por tudo que fizeram para que eu chegasse até aqui. Amigos de verdade são uma raridade e, pra mim, vocês são minhas joias raras!

Aos meus anjos, como os chamo, meus amigos, parceiros de experimento: Carol, Rogério, Zé, Jéssica, Letícia, Daniela, e as agregadas Day e Ju Bochecha, por me ensinarem tudo, absolutamente tudo. Se esta pesquisa foi iniciada e concluída foi porque vocês me ensinaram como se faz! Obrigada pelas manhãs, tarde e noites, finais de semana, feriados e Carnaval de risos sem freio, cantorias, dancinhas (né Carol e Zé?), pelos conselhos, por toda a força, por acreditarem que seríamos capazes, por aguentarem meu terrível mau humor às 7 da manhã ou quando eu estava com fome. Vocês são incríveis, de um potencial admirável; agradeço a Deus por ter criado cada um e ter permitido que vocês fizessem parte de minha vida.

À Cláudia Lopes, uma grande amiga que ganhei assim que iniciei o curso. Foram palavras de motivação, grandes ensinamentos, direcionamento, muitas risadas, dias vividos e compartilhados que entrarão para história e jamais serão esquecidos. Serei eternamente grata por tudo o que fizeste por mim.

À Elayne, Priscila Pereira, Bárbara, Ricardo, Camilla, João, Juliana Neves, Débora, Edjane, Yruama, Priscila Antão e Izaura, agradeço por de alguma forma vocês terem contribuído com o meu crescimento profissional e/ou pessoal.

Ao Sr. Biu, por me ajudar no experimento e pelos inúmeros momentos de descontração, um grande amigo.

À Fátima Sampaio, por ter sempre sua mão estendida, pelas conversas e por sempre providenciar ajuda durante a realização do experimento.

Ao professor Carlos Bôa-Viagem Rabello, por me orientar, pelos ensinamentos e por ter sido humano nos dois momentos mais difíceis pra mim deste mestrado, um deles o mais difícil da minha vida. Por compreender que há horas em que a vida profissional precisa dar uma pausa, pois a família e nossa saúde são mais importantes; sem elas não somos nem podemos nada.

Aos coorientadores Cláudio Parro e Edney da Silva, pela colaboração e ensinamentos.

A todos que contribuíram de alguma forma para realização deste sonho, o meu mais sincero obrigada!

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	10
Lista de Figuras.....	11
Introdução.....	12
Capítulo 1	14
Revisão de Literatura	15
Proteína Ideal.....	15
Lisina.....	16
Métodos para Estimar as Exigências de Aminoácidos para Aves.....	17
Modelos Matemáticos para Predizer as Exigências Nutricionais para Aves	19
Referências Bibliográficas	24
Capítulo 2 - Modelagem da Exigência de Nitrogênio e Deposição de Lisina para Frangos de Crescimento Lento	28
Resumo.....	29
Abstract	30
Introdução.....	31
Material e Métodos	33
Resultado e Discussão.....	38
Conclusões.....	45
Referências Bibliográficas	46

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2 - Modelagem da Exigência de Nitrogênio e Deposição de Lisina para Frangas de Crescimento Lento

1. Composição das dietas experimentais 34
2. Composição nutricional das dietas experimentais 35
3. Peso corporal (PC, kg), a ingestão de matéria seca (CMS, g/dia), o consumo diário de nitrogênio (NI, mg/pv kg^{0,67}), a excreção de nitrogênio por dia (NEX, mg/PV kg^{0,67}) e deposição de nitrogênio média diária (ND, mg/PV kg^{0,67}) obtidos em ensaio de balanço de nitrogênio com fêmeas alimentadas com diferentes níveis de proteína. 39
4. Exigência de nitrogênio para manutenção (NMR) e máximo teórico de deposição de nitrogênio (NDmaxT) de frangas de crescimento lento, dependendo da idade.....39
5. Cálculo da ingestão de lisina digestível (ilys) e sua concentração na dieta (clys) para frangos de corte redbro fêmeas em cada período 43

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2 - Modelagem da Exigência de Nitrogênio e Deposição de Lisina para Frangas de Crescimento Lento

1. Estimação no requerimento de nitrogênio pra manutenção (NMR) através de uma função exponencial entre o nitrogênio ingerido (NI) e depositado (ND) para frangas alimentadas com diferentes níveis de nitrogênio na dieta..... 40

INTRODUÇÃO

A avicultura possui uma enorme importância para a economia nacional, tendo em vista que é um dos setores de produção mais modernos e eficientes. Os principais responsáveis por essa grande importância são o melhoramento genético e a nutrição animal.

Dentre os tipos existentes de sistema de criação avícola, o sistema caipira de produção vem ganhando espaço no mercado devido ao aumento no número de consumidores que estão mais conscientes em relação ao bem-estar animal e à segurança alimentar. A fim de atender este novo mercado da avicultura, várias linhagens de crescimento lento são criadas no Brasil; porém, mesmo com a existência de diversas tabelas de recomendações nutricionais das aves (NRC, 1994; DEGUSSA, 1997; GRRS, 1999; ROSTAGNO et al., 2005; 2011), que servem como fonte de consulta para estabelecer programas nutricionais, as reais exigências nutricionais das aves de crescimento lento ainda são desconhecidas.

Sabe-se que as linhagens apresentam diferentes potenciais de crescimento e, para que elas possam expressar esse potencial, é imprescindível que suas exigências aminoacídicas sejam atendidas. Segundo Liebert et al. (2000), o máximo potencial de deposição proteica pode ser usado como referencial para a estimativa das exigências dos aminoácidos com base na eficiência de sua utilização.

Alguns estudos utilizando modelos não lineares baseados nos princípios fisiológicos do crescimento vêm sendo desenvolvidos por pesquisadores para gerar os coeficientes de crescimento e manutenção. O método conhecido como método Göttingen tem como base o máximo teórico de retenção (NR_{maxT}), deposição de nitrogênio (ND_{maxT}) e o requerimento de nitrogênio para manutenção (NMR). Uma vez estimados

esses valores, é possível, no mesmo ensaio, obter dados que possibilitam modelar as exigências de aminoácidos.

Pelo fato da lisina ser considerada o aminoácido referência para a proteína ideal, e os demais aminoácidos essenciais serem adicionados à dieta com uma relação a ela, estimar a exigência real de lisina torna-se de suma importância. Assim, o objetivo desta pesquisa foi estimar as exigências de nitrogênio e deposição de lisina para aves da linhagem Pesadão Vermelho.

CAPÍTULO 1

REVISÃO DE LITERATURA

Proteína Ideal

Durante muitos anos, as formulações de rações para monogástricos foram baseadas no conceito de proteína bruta, o que resultou em dietas com conteúdo de aminoácidos acima do exigido pelos animais (BARBOSA et al., 1999). O excesso de proteína bruta na dieta, além de representar um custo adicional nas rações, também representa uma ameaça ao ambiente, visto que a emissão de amônia nas instalações avícolas se torna um problema potencial, tanto para as aves quanto para os seres humanos (MORAES, 2011). De acordo com Araújo et al. (2004), pesquisas confirmaram que o excesso de proteína bruta consumido compromete o desempenho das aves, eleva o custo de formulação da dieta, incrementa o calor metabólico e contribui para o aumento na excreção de nitrogênio.

Pensando em otimizar a utilização da proteína da dieta e minimizar a excreção de nitrogênio, Mitchell (1964) propôs o conceito de proteína ideal, que consiste em uma mistura de aminoácidos ou proteína com total disponibilidade de digestão e metabolismo, cuja composição atende às exigências dos animais para os processos de manutenção e crescimento, no sentido de favorecer a deposição proteica com máxima eficiência, e todos os aminoácidos devem estar presentes na dieta, exatamente nos níveis exigidos, sendo a relação entre eles preservada. Nesse contexto, Leclercq (1998) afirma que os aminoácidos digestíveis, principalmente os aminoácidos essenciais, são limitantes na mesma proporção, onde nenhum aminoácido deve estar em excesso comparado aos demais.

Segundo Dorigam (2012), a vantagem da aplicação da relação ideal para atender às exigências dos aminoácidos para qualquer animal, uma vez que esta relação ideal tenha sido estabelecida para certa idade ou período, é que os estudos para determinar a

exigência destes aminoácidos precisam se concentrar em apenas um único aminoácido referência e a exigência dos demais aminoácidos essenciais é calculada em relação a este aminoácido referência. Outra vantagem do uso da proteína ideal é minimizar a interação de fatores que influenciam as exigências dos animais em aminoácidos, tais como a densidade energética, nível proteico e potencial genético do animal para ganho em carne magra (PARSONS; BAKER, 1994).

Lisina

No Brasil, as dietas para aves são formuladas basicamente com milho e farelo de soja, o que acarreta uma dieta deficiente em alguns aminoácidos essenciais, tornando, assim, necessário a sua suplementação por meio de aminoácidos industriais para que as exigências nutricionais das aves possam, então, ser atendidas e, conseqüentemente, elas possam expressar o seu potencial genético.

Dentre os aminoácidos constituintes da proteína, a lisina possui uma enorme importância na nutrição das aves por ser considerada o segundo aminoácido limitante, depois da metionina, pelo seu papel fisiológico principal consistir na síntese de proteínas musculares (BAKER; HAN, 1994; COSTA et al., 2001; LANA et al., 2005), sua exigência está diretamente relacionada com o potencial de deposição de proteína, apresentar baixo custo de suplementação (JORDÃO FILHO et al., 2006), existir um grande número de estudos concluídos e sua análise nos alimentos ser relativamente simples (BAKER; HAN, 1994).

Por estas razões, a lisina foi escolhida como o aminoácido referência para proteína ideal, em que todos os outros aminoácidos essenciais são formulados na dieta, fazendo uma relação à lisina (EMMERT; BAKER, 1997). Desse modo, alterações na concentração de lisina das dietas resultarão em modificações nas exigências de todos os

outros aminoácidos essenciais, o que salienta a importância da obtenção de estimativas acuradas e precisas das exigências de lisina para frangos de corte (SIQUEIRA, 2009).

De acordo com alguns autores (BAKER; HAN, 1994; BERCOVICI, 1998; COSTA et al., 2001), as exigências de aminoácidos das aves são influenciadas por uma série de fatores, tais como linhagem genética, sexo, densidade populacional, teor de proteína das rações, condições ambientais e estado sanitário dos animais. Dessa forma, é grande o número de resultados divergentes sobre as exigências de aminoácidos para a manutenção das aves (LEVILLE; FISHER, 1959; BAKER et al., 1996; HRUBY, 1998; FISHER, 1998; EDWARD et al., 1999 a,b; SAKOMURA; COON, 2003); tomando como base o aminoácido lisina, existem resultados que variam de zero (HRUBY, 1998) a $114 \text{ mg/kg}^{0,75}$ (EDWARD et al., 1999).

Além das informações divergentes sobre as exigências de aminoácidos, existe um agravante, que é a falta de informação sobre as reais exigências de aminoácidos para aves de crescimento lento. Na literatura existem referências que estabelecem as recomendações nutricionais para frangos de corte (NRC, 1994; ROSTAGNO, 2005, 2011), porém, essas referências não fornecem informações sobre as exigências nutricionais para aves de crescimento lento. Dessa forma, utilizar como base essas recomendações contidas na literatura pode levar a erros nutricionais, uma vez que as aves de crescimento lento possuem diferenças entre tempo e ciclo de produção, manejo, e ambiente de criação (ROSA, 2012).

Métodos para estimar as exigências de aminoácidos para aves

Atualmente existem dois métodos para se determinar as exigências de aminoácidos dos animais, o dose-resposta e o fatorial. O método dose-resposta determina a exigência total com base na resposta de desempenho dos animais

alimentados com dietas contendo níveis crescentes do nutriente estudado; já o método fatorial baseia-se no fracionamento da exigência em manutenção e crescimento e/ou produção (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

A resposta encontrada no método dose-resposta, devido às diferenças entre os animais (manutenção e potencial de crescimento), é curvilínea (CURNOW, 1973; FISHER et al., 1973; PESTI; MILLER, 1997). O formato da curva pode variar de acordo com critérios de respostas adotados e com a variabilidade entre os animais. De maneira geral, esse método possibilita descrever leis de respostas de populações.

Por ser prático e de fácil execução, o método dose-resposta tem sido a base para a elaboração de tabelas de exigências nutricionais, como, por exemplo, as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2005; 2011), nas quais são informadas concentrações dos aminoácidos que devem estar presentes nas dietas, de acordo com a fase de criação.

Entretanto, sabe-se que as exigências de aminoácidos variam de acordo com o potencial genético, sexo, idade, condições ambientais, níveis nutricionais, manejo, e também sofrem influência direta do modelo utilizado para interpretar as respostas (PESTI et al., 2009; SIQUEIRA et al., 2009). Sendo assim, para um melhor estabelecimento dos níveis nutricionais, a partir deste método, seria necessário, então, repetir as pesquisas em várias condições semelhantes àquelas em que os experimentos foram realizados para melhor definição das exigências (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

O método fatorial é baseado no princípio de que a exigência em energia ou nutrientes do animal é a quantidade a ser fornecida para a sua manutenção, crescimento proteico, engorda e/ou produção. Este método tem sido a base para modelos que estimam as exigências nutricionais levando em conta as diferenças de pesos,

composição corporal, potencial de crescimento e de produção dos animais, assim como o ambiente na definição das exigências (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

Segundo Siqueira (2009), para frangos de corte, a aplicação do método fatorial depende do conhecimento dos parâmetros que expressam as exigências dos aminoácidos para manutenção, das exigências líquidas de aminoácidos para crescimento e da eficiência de utilização do aminoácido em questão. As exigências de aminoácido para manutenção de aves têm sido determinadas através das técnicas de balanço de nitrogênio (LEVEILLE; FISHER, 1959; NONIS; GOUS, 2008; DORIGAM et al., 2014; SANTOS et al., 2014; KHAN et al., 2015) ou pela técnica do abate comparativo (BROWN et al., 2006).

Para estudos com modelagem, o método fatorial representa uma ferramenta para elaborar modelos matemáticos capazes de estimar as exigências nutricionais das aves, o que é de suma importância, uma vez que estudos de modelagem visam definir um sistema adequado para a produção, levando em consideração a realidade do produtor, além de favorecer a obtenção de benefícios econômicos e ambientais para a atividade.

Modelos matemáticos para prever as exigências nutricionais para aves

A modelagem é determinada como uma ferramenta útil para a determinação das exigências nutricionais. Os modelos matemáticos, segundo Oviedo-Rondon et al., (2014), são uma representação simplificada do que é conhecido sobre um processo biológico, produtivo ou econômico.

Segundo Silva et al. (2014), os primeiros modelos de predição das exigências de aminoácidos para aves foram desenvolvidos por Hurwitz et al. (1973), para aves de postura. Além da representação matemática do fracionamento das exigências, esses autores evidenciaram a necessidade de prever o crescimento e a produção de ovos.

Ainda segundo Silva et al. (2014), a descrição matemática já existia desde a década de 1930, porém, a associação com modelos de predição de exigência de aminoácidos foi realizada na década de 1980. Tendo em vista a complexidade da interpretação do fenômeno na postura, apenas em meados de 1980 foi possível entender o fenômeno e predizê-lo por modelos matemáticos.

Em pesquisas tradicionais não é possível estudar fatores que afetam, por exemplo, o crescimento, produção de ovos, ingestão, digestão, absorção ou metabolismo de nutrientes, concomitantemente. Segundo Baldwin (1976), a complexidade dentre os fatores envolvidos com o desempenho animal não pode ser avaliada quantitativamente e de forma dinâmica, tanto pela mente humana quanto pela pesquisa tradicional. Com isso, os modelos matemáticos têm se tornado cada vez mais importantes para o meio científico, uma vez que possibilitam a ampliação da percepção humana com o auxílio de computadores e da própria matemática.

Um novo método para estimar as exigências de aminoácidos para aves vem sendo desenvolvido por um grupo de pesquisadores do Instituto de Fisiologia Animal e Nutrição Animal da Universidade de Georg-August, em Göttingen, na Alemanha. O modelo é baseado no método fatorial e no conceito de que cada animal possui um potencial genético para a sua máxima deposição de proteína (PD_{maxT}), sendo este e outros parâmetros obtidos por meio de ensaios de balanço de nitrogênio. Neste contexto, vários trabalhos de pesquisa vêm sendo realizados a partir de um modelo de utilização de nitrogênio, com base nos princípios fisiológicos do crescimento, desenvolvido por Gebhardt em 1966, e seu aprimoramento subsequente (SAMADI; LIEBERT, 2006 a, b; SAMADI; LIEBERT, 2007 a, b; SAMADI; LIEBERT, 2008). Um modelo não linear exponencial é usado para avaliar os parâmetros do metabolismo

da proteína usando uma descrição matemática fisiologicamente adequada da relação entre a ingestão de nitrogênio e deposição de nitrogênio.

Esta metodologia diferencia das demais pelas concepções teóricas de exigências de manutenção e crescimento. As diferenças se iniciam pelo modelo matemático adotado para determinação, que se baseia nos modelos não lineares, como já comentado anteriormente. Outra diferença é que o método para determinar a exigência de nitrogênio para manutenção considera a existência de uma quantidade considerável de proteína sintetizada, mesmo que as aves estejam em estado fisiológico de equilíbrio de nitrogênio. A mínima retenção de nitrogênio descrita desta forma contribui para compreender a resposta das aves associadas à retenção de nitrogênio, pois quanto maior a deposição de nitrogênio ou proteína menores são as taxas de excreção (DORIGAN, 2012). Da mesma forma, ao se aproximar do limite de deposição de nitrogênio (ND_{maxT}), a taxa de excreção aumenta e este aumento está limitado ao potencial de deposição que cada genótipo apresenta.

O modelo exponencial fundamenta-se para explicar os pequenos acréscimos na resposta animal, ou seja, leva em consideração que as respostas das aves às concentrações de aminoácidos nas dietas obedecem à “lei dos mínimos retornos” (OVIEDO-RONDÓN; WALDROUP, 2002; PACK et al., 2003; LEMME, 2005; SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007), que, segundo Robbins (1979), Pack et al. (2003) e Siqueira et al. (2009) não é admitido em modelos lineares.

A definição de exigência de manutenção proposta pelos idealizadores (SAMADI et al., 2004; SAMADI; LIEBERT, 2006a,b; 2007; 2008), consiste em sua essência que a ave em estado de jejum continua excretando (perda endógena). Desta forma, estes pesquisadores propuseram que o total requerido, seja expresso em nitrogênio, obtido por

meio da regressão exponencial entre a ingestão de nitrogênio (NI) e o total excretado de nitrogênio, (NEX), sendo estas informações obtidas em ensaio de balanço de nitrogênio.

Outra característica fundamental desta metodologia para estimar as exigências aminoacídicas é a utilização de uma técnica alternativa de formulação das dietas proposta por Fisher e Morris (1970), denominada “técnica de diluição da dieta”. Este método consiste em diluir sequencialmente uma dieta alta em proteína e deficiência relativa do aminoácido teste, com uma dieta isoenergética livre de proteína, obtendo-se dietas com diferentes níveis de nitrogênio ou proteína, sendo estes deficientes no aminoácido teste. A técnica da diluição de dietas proporciona relações aminoacídicas constantes entre os tratamentos produzindo resultados mais confiáveis. Dessa forma, os princípios da técnica da diluição têm sido aplicados para melhorar o método (SAMADI; LIEBERT, 2006 a,b; 2007a,b; 2008).

Inicialmente, é necessário realizar um ensaio para determinar o máximo teórico de retenção (NRmaxT) e deposição de nitrogênio (NDmaxT) e o requerimento de nitrogênio para manutenção (NMR). A partir da determinação destas variáveis, utilizando-se uma dieta com um aminoácido limitante, pode-se estimar, em um único ensaio de balanço de nitrogênio, tanto os parâmetros citados quanto a eficiência de utilização do aminoácido. Vale salientar que o NRmaxT é a retenção máxima teórica dependente do genótipo do animal e o NDmaxT descreve o potencial teórico da máxima deposição proteica. O termo "teórico" indica o valor limiar estimado (NDmaxT e NRmaxT), bem como os valores derivados de PDmaxT, e não representam exatamente a faixa de crescimento observada em campo, mas caracterizam a estimativa do potencial genético da linhagem, o qual não é atingido devido a fatores dietéticos, sanidade e ambiente.

Alguns estudos com modelagem para estimar as exigências de lisina para frangos em crescimento foram realizados (THONG; LIEBERT, 2004 a,b,c; SAMADI;

LIEBERT, 2006 a,b; DORIGAM, 2014; SANTOS, 2014), porém, estudos relacionando tal metodologia com as exigências nutricionais das aves caipiras fêmeas criadas no Brasil são inexistentes.

Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, L. F.; JUNQUEIRA, O. M.; ARAÚJO, C. S. S. Redução do nível protéico da dieta, através da formulação baseada em aminoácidos digestíveis. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n 4, p.1197-1201, 2004.
- BAKER, D. H.; HAN, Y. Ideal amino acid profile for broiler chicks during the first three weeks posthatching. **Poultry Science**, v. 73, p. 1441-1447, 1994.
- BALDWIN, R. L. Principles of Modelling Animal Systems. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production, Hamilton, v. 36, p. 128-139, 1976.
- BARBOSA, B. A. C. et al. Exigência Nutricional de Lisina para Galinhas Poedeiras de Ovos Brancos e Ovos Marrons, no Segundo Ciclo de Produção. Característica Produtivas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 3, p. 534-541, 1999.
- BERCOVICI, D. Nutrição protéica de frangos de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO ANIMAL E TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, Campinas,SP. **Anais...**, Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologias Avícolas, p.39-49, 1998.
- BROWN, J. et al. Digestible Lysine Requirements for Maintenance in the Starting Turkey. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, p. 740-743, 2006.
- COSTA, F.G.P. et al. Níveis dietéticos de lisina para frangos de corte de 1 a 21 e 22 a 40 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 20, n. 5, p. 1490-1497, 2001.
- CURNOW, R.N. A smooth population response curve based on an abrupt threshold and plateau model for individuals. *Biometrics*, v. 29, p. 1-10, 1973.
- DEGUSSA, A. G. **Amino Acid recommendation for poultry**. Frankfurt, 1997.
- DORIGAM, J.C.P. Modelagem das Respostas de Frangos de Corte Submetidos a Diferentes Ingestões de Lisina. 2012. Disponível em: <<http://base.repositorio.unesp.br/handle/11449/95225>>. Acesso em 23 de nov. 2014.
- DORIGAM, J. C. P. et al. Reevaluation of the digestible lysine requirement for broilers based on genetic potential. **Scientia Agricola**, v. 71, p. 195–203, 2014.
- EMMERT, J. L.; BAKER, D. H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 6, p. 462-470, 1997.
- FISHER, C.; MORRIS, T. R. The determination of the methionine requirement of laying pullets by a diet dilution technique. **British Poultry Science**, v. 11, p. 67-82, 1970.

FISHER C.; MORRIS, T. R.; JENNINGS, R.C. A model for the description and prediction of the response of laying hens to amino acid intake. **British Poultry Science**, v. 14, p. 469-484, 1973.

HURWITZ, S.; BORNSTEIN, S. The Protein and Amino Acid Requirements of Laying Hens: Suggested Models for Calculation. **Poultry Science**, v, 52, p. 1124-1134, 1973.

JORDÃO FILHO, J. et al. Exigência de lisina para poedeiras semipesadas durante o pico de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1728-1734, 2006.

KHAN, D. R.; WECK, C.; SHARIFI, A.; LIEBERT, F. Evaluating the Age Dependent Potential for Protein Deposition in Naked Neck Meat Type Chicken. **Animals**, v. 5, p. 5670, 2015.

LANA, S.R.V. et al. Níveis de lisina digestível em rações para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade mantidos em ambiente de termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1614-1623, 2005.

LECLERCQ, B. El concepto de proteína ideal y el uso de aminoácidos sintéticos: estudio comparativo entre pollos y cerdos. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA. Fundación Española para el desarrollo de la nutrición animal, 14., 1998, Firá de Barcelona. **Anais...** Firá de Barcelona, p.191-202, 1998.

LEMME, A. Optimum dietary amino acid level for broiler chicken. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p. 117-144. 2005.

LEVEILLE, G. A.; FISHER, H. Amino acid requirements for maintenance in the adult rooster II. The requirements for glutamic acid, histidine, lysine and arginine. **Journal of Nutrition**, Bethesdo, v. 69, p. 289-294, 1959.

LIEBERT, F.; RIMBACH, M.; PEISKER, M. Model for estimation of amino acid utilization and its requirements in growing animals In: BENALVE D, Australian Poultry Science Symposium. Sydney: **Poultry Research Foundation**, v. 12, p. 88-92. 2000.

MENDOZA, M.O.B. et al. Desempenho de frangos de corte, sexados, submetidos a dietas formuladas pelos conceitos de proteína bruta versus proteína ideal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 111-115, 2001.

MITCHELL, H.H.; BLOCK, R.J. Some relationships between amino acid contents of proteins and their nutritive value for the rat. **Journal of Biological Chemistry**, v. 163, p. 599-620, 1946.

MORAES, S.A.N. Exigências nutricionais de valina, isoleucina e triptofano digestível para frangos de corte. 2011. Disponível em: <http://www.cca.ufpb.br/ppgz/www/files/teses2011/Exigencias_nutricionais_de_valina_i_soleucina_e_triptofano_Digestvel_para_frangos_de_corte__Srgio_Antonio_de_Norman_do_Mor.pdf>. Acesso em 15 de fev. de 2015.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Poultry Nutrition. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy of Sciences, p. 155, 1994

NONIS, M.K.; GOUS, R.M. Threonine and lysine requirements for maintenance in chickens. **South African Journal of Animal Science**. Pretoria, v. 38, p. 75-82, 2008.

OVIEDO-RONDÓN, E. O; POMAR, C; CONCEIÇÃO, L. E. C. Modelagem na Nutrição de Monogástricos. In: Nutrição de Não Ruminantes. Jaboticabal: FUNEP, p. 678, 2014.

OVIEDO-RONDÓN, E.O.; WALDROUP, P. W. Models to estimate amino acid requirements for broiler chickens: A Review. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, p. 106-113, 2002.

PACK, M.; HOEHLER, D.; LEMME, A. Economic assessment of amino acid responses in growing poultry. In: D’MELLO, J. P. F. (Ed.) Amino acids in animal nutrition. Cambridge: CABI Publishing, p. 459-483, 2003.

PESTI, G. M. et al. A comparison of methods to estimate nutritional requirements from experimental data. **British Poultry Science**, v. 50, n. 1, p. 16-32, 2009.

PESTI, G. M.; MILLER, B. R. Modelling for precision nutrition. **Journal Applied Poultry Research**, v. 6, p. 483-494, 1997.

ROBBINS, K.R.; NORTON, H.W.; BAKER, D.H. Estimation of nutrient requirement from growth data. **Journal of Nutrition**, v. 109, p. 1710-1714, 1979.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, p. 186, 2005.

_____. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, p. 252, 2011.

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

SAMADI; LIEBERT, F. Estimation of nitrogen maintenance requirements and potential for nitrogen deposition in fast-growing chickens depending on age and sex. **Poultry Science**, v. 85, p. 1421–1429, 2006a.

_____. Modeling of threonine requirement in fast-growing chickens, depending on age, sex, protein deposition, and dietary threonine efficiency. **Poultry Science**, v. 85, p. 1961–1968, 2006b.

_____. Lysine requirement of fast growing chickens – effects of age, sex, level of protein deposition and dietary lysine efficiency. **The Journal of Poultry Science**, v. 44, p. 63–72, 2007a.

_____. Threonine requirement of slow-growing male chickens depends on age and dietary efficiency of threonine utilization. **Poultry Science**, v. 86, p. 1140–1148, 2007b.

_____. Modelling the optimal lysine to threonine ratio in growing chickens depending on age and efficiency of dietary amino acid utilisation. **British Poultry Science**, v. 49, p. 45–54, 2008.

SANTOS, M. W.; RIBEIRO, A. G. P.; CARVALHO, L. S. **Criação de galinha caipira para produção de ovos em regime semi-intensivo**. Manual Técnico 18. Niterói: Programa Rio Rural, p. 30, 2009.

SANTOS, P. A. et al. Modelling of the nitrogen deposition and dietary lysine requirements of Redbro broilers. **Animal Production Science**, v. 54, p. 1946-1952, 2014.

SILVA, E. P; SAKOMURA, N. K; HAUSCHILD, L. Modelos para Estimar as Exigências de Aminoácidos para Aves. In: **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, p. 678, 2014.

SIQUEIRA, J. C. **Estimativas das exigências de lisina de frangos de corte pelo métodos dose resposta e fatorial**. 2009. 154f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2009.

SIQUEIRA, J. C. et al. Modelos matemáticos para estimar as exigências de lisina digestível para aves de corte ISA Label. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9, p. 1732-1737, 2009.

THONG, H. T.; LIEBERT, F. Amino acid requirement of growing pigs depending on amino acid efficiency and level of protein deposition. 1st communication: lysine. *Archives of Animal Nutrition*, v. 58, p. 69–87, 2004a.

_____. Amino acid requirement of growing pigs depending on amino acid efficiency and level of protein deposition. 2nd communication: threonine. **Archives of Animal Nutrition**, v. 58, p. 157– 168, 2004b.

_____. Potential for protein deposition and threonine requirement of modern genotype barrows fed graded levels of protein with threonine as limiting amino acid. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 88, p. 196–203, 2004c.

CAPÍTULO 2

Modelagem da Exigência de Lisina e Deposição de Nitrogênio para Frangas de Crescimento Lento

Modelagem da Exigência de Lisina e Deposição de Nitrogênio para Frangas de Crescimento Lento

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar a exigência de nitrogênio e a deposição de lisina para frangas de corte de crescimento lento, da linhagem Pesadão Vermelho. Foram realizados três ensaios de balanço de nitrogênio, nas fases: inicial (13-27 dias), crescimento (42-56 dias) e final (72-91 dias), com um total de 126 aves, sendo 42 por período. As aves foram alojadas em gaiolas individuais, equipadas com bandejas para a realização das coletas de excretas, comedouro tipo calha e bebedouro tipo nipple com copinho, e distribuídas de acordo com um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e seis repetições. Os tratamentos consistiram de seis dietas com diferentes níveis de proteína bruta, como sendo: N1=5%, N2=10%, N3=15%, N4=20%, N5=25% e N6=30% de proteína, sendo essas rações formuladas para atender às exigências das aves para cada período, com exceção da lisina, que teve uma limitação de 20% em cada dieta. O período experimental foi de 15 dias nos três ensaios, sendo os 5 primeiros dias destinados à adaptação e os outros 10 dias destinados à coleta total de excretas. As rações e as excretas foram analisadas quanto aos teores de nitrogênio e quantificou-se a ingestão e excreção de nitrogênio, sendo possível, então, calcular o nitrogênio retido. Com base nos ajustes das equações ao modelo de Göttingen, foi possível estimar a exigência de nitrogênio para manutenção ($236, 211$ e $138 \text{ mg/PV}^{0,67}$), o potencial máximo de retenção de nitrogênio ($2.992, 1.952$ e $1.984 \text{ mg/PV}^{0,67}$) e o consumo de lisina digestível ($436, 472$ e $725 \text{ mg/PV}^{0,67}$), considerando 60% do NDmaxT.

Palavras-chave: aminoácido, caipira, exponencial, modelagem

Modeling of the Requirement for Lysine and deposition of Nitrogen for females broilers
of Slow Growth

ABSTRACT

The objective of this study was to estimate the demand of nitrogen and the deposition of lysine to females broilers of slow growth, the Redebro broilers lineage. Three nitrogen balance assay were carried out in phases: initial (13-27 days), growth (42-56 days) and late (72-91 days), with a total of 126 birds, 42 per period. The birds were housed in individual cages equipped with trays for holding excreta collection, trough feeder and drinker type nipple with cup, and distributed according to a completely randomized design with six treatments and six replications. The treatments were: NI = 5%, N2 = 10% = 15% N3, N4 = 20% = 25% N5 and N6 = 30% of CP. The diets were according with requirements of the birds for each period, except for lysine, which had a limitation of 20% on each diet. The experimental period was 15 days in the three trials, with the first 5 days for adaptation and the other 10 days for total feces collection. The diets and excreta were analyzed for nitrogen and quantification of intake and nitrogen excretion, and you can then calculate the nitrogen retained. Based on adjustments to the equations of Goettingen model was able to estimate the nitrogen requirement for maintenance (236, 211 and 138 mg / $PV^{0.67}$), the maximum potential nitrogen retention (2,992, 1,952 and 1,984 mg / $PV^{0.67}$) and the consumption of digestible lysine (436, 472 and 725 mg / $PV^{0.67}$), whereas 60% ND

Keyword: amino acid, free range chickens, exponential, modeling

INTRODUÇÃO

Entre os mercados de produtos avícolas existe um segmento que vem sendo bastante explorado por consumidores mais exigentes, que buscam características diferentes daquelas encontradas em frangos industriais. Este segmento é o de aves de crescimento lento que apresentam atributos que as diferenciam, em termos de qualidade da carne, dos frangos industriais, como por exemplo, a cor da carne mais acentuada, textura e sabor.

Levando em consideração que as aves de crescimento lento apresentam características próprias, como taxa de crescimento diferente das linhagens convencionais, entende-se, então, que tais aves apresentam exigências nutricionais também diferentes; porém, trabalhos que abordem as reais exigências deste tipo de linhagem ainda são escassos na literatura.

A deposição de proteína vem sendo estudada por várias metodologias, uma delas é a técnica de balanço de nitrogênio (BN), que possui informações sobre máxima deposição de nitrogênio ou proteína (ND_{max} ou PD_{max}) escassas para aves. Um modelo matemático desenvolvido na Universidade de Georg-August, em Göttingen, na Alemanha, vêm aplicando a técnica do BN para descrever o ND_{max} e estimar as exigências de aminoácidos de aves em crescimento (SAMADI; LIEBERT, 2006a; 2006b; DORIGAM et al., 2014).

Este método é baseado em modelos matemáticos não lineares utilizando-se de relações matemáticas entre as variáveis: nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio excretado (NEX) e máximo teórico de retenção diária de nitrogênio (NR_{maxT}), sendo estas informações obtidas a partir de ensaios de balanço de nitrogênio com aves, considerando apenas a retenção de tecido magro. Inicialmente é necessário realizar um ensaio para determinar o máximo de potencial genético de retenção e deposição de

nitrogênio (NR_{maxT} e ND_{maxT}) e o requerimento de nitrogênio para manutenção (NMR). O modelo sugere que fatores dietéticos não interferem na estimativa do NR_{maxT}, do ND_{maxT} e nem do NMR (THONG; LIEBERT, 2004a; 2004b), sendo assim, utilizando-se uma dieta com um aminoácido limitante, pode-se estimar em um único ensaio de balanço de nitrogênio, além dos parâmetros citados, a eficiência de utilização do aminoácido.

A lisina é considerada o segundo aminoácido limitante para aves alimentadas com dietas à base de milho e farelo de soja; sua suplementação é economicamente viável e sua análise nos ingredientes e dietas utilizam métodos analíticos simples e sua principal função metabólica é a deposição de proteína corporal, possuindo, então, pouca interação em outros processos metabólicos. Por estas razões, a lisina foi escolhida como o aminoácido referência para proteína ideal, em que todos os outros aminoácidos essenciais são formulados na dieta como uma relação à lisina (EMMERT; BAKER, 1997). Os métodos diretos para avaliar a exigência de lisina para frangos em crescimento têm sido extensivamente conduzidos; no entanto, o número de investigações reais para exigência de lisina considerando a sua eficácia na dieta para a deposição de proteína é muito limitado.

Alguns estudos com modelos matemáticos utilizados para estimar as exigências de lisina para frangos em crescimento foram realizados (THONG; LIEBERT, 2004a, b, c; SAMADI; LIEBERT, 2006 a, b; DORIGAM, 2014; SANTOS et al. 2014), mas nenhum utilizando aves fêmeas de crescimento lento.

Com isso, esta pesquisa foi realizada com o objetivo de estimar as exigências de lisina digestível para aves fêmeas de crescimento lento, da linhagem Pesadão Vermelho, com base em seu potencial genético.

Material e Métodos

Três experimentos de balanço de nitrogênio foram realizados no Laboratório de Digestibilidade de Não Ruminantes, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.

O Protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco sob o número 23082–019795/2012

Foram utilizadas 126 frangas da linhagem Pesadão Vermelho, no período de 13 a 27, de 42 a 56 e de 77 a 91 dias de idade. As aves foram alojadas individualmente em gaiolas (0,50 x 0,50 m) equipadas com comedouro tipo calha e bebedouro tipo nipple com copinho. Todas as gaiolas possuíam bandejas para coleta das excretas, instaladas em sala de metabolismo, equipada com sistema de climatização, proporcionando conforto térmico em todas as idades das aves. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos e seis repetições, totalizando 42 aves e uma ave por parcela em cada um dos ensaios.

Foram formuladas duas rações para atender às recomendações nutricionais mínimas sugeridas pelo Manual de Manejo Linha Colonial (GLOBO AVES, 2011), para cada período, com exceção de proteínas e aminoácidos. A ração N6 foi formulada com um excesso relativo de todos os aminoácidos, no entanto, com uma deficiência relativa de 20% de lisina em relação aos outros aminoácidos. A ração diluente foi isenta de nitrogênio (N0). Os níveis experimentais foram obtidos pela técnica da diluição da dieta (FISHER; MORRIS, 1970), diluindo-se a ração N6 sucessivamente com a N0 para obtenção dos níveis intermediários (Tabela 1 e 2).

Tabela 1. Composição das dietas experimentais

Ingredientes	13-27 dias		42-56 dias		76-91 dias	
	N6	N0	N6	N0	N6	N0
Farelo de Soja	608,5	-	608,8	-	616,8	-
Farelo de Milho	236,0	-	240,0	-	200,0	-
Amido de Milho	-	599,9	-	630,0	-	630,0
Açúcar	19,2	150,0	19,2	150,0	73,0	150,0
Casca de Arroz	27,4	123,4	11,9	92,3	-	92,2
Óleo de Soja	65,0	18,1	80,5	23,0	82,2	34,4
Fosfato Bicálcico	13,6	21,6	12,5	20,5	5,5	13,5
Calcário	13,6	12,5	11,6	10,5	8,2	7,1
Sal Comum	4,1	4,5	4,1	4,5	3,5	4,0
DL-Metionina 99	4,7	-	4,4	-	4,6	-
L-Treonina 98,5	4,0	-	3,0	-	3,0	-
Premix Vitamínico ¹	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
Premix Mineral ²	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cloreto de Colina	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Cloreto de Potássio	-	9,0	0,0	8,8	-	8,7
Inerte	-	57,2	0,0	57,2	-	56,9
Antioxidante	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000

¹Conteúdo/kg: Ácido fólico (mín) = 500mg; ácido pantotênico (mín) = 13.5mg; niacina (mín) = 30g; selênio (mín) = 250mg; vitamina A (mín) = 10.000.000UI; vitamina B1 (mín) = 1.880 mg; vitamina B12 (mín) = 10.000mg; vitamina B2 (mín) = 5.000mg; vitamina B6 (mín) = 2.000 mg; vitamina D3 (mín) = 2.000.000 UI; vitamina E (mín) = 20.000 UI; vitamina K3 = 4.000 mg; xilanase (mín) = 7.500UI. Veículo q.s.q 1.000g. ²Conteúdo/kg: Manganês = 75.000mg; ferro = 50.000mg; Iodo = 1.500mg; Zinco = 70.000mg; cobre = 8.500 mg; cobalto = 200mg

Tabela 2. Composição nutricional das dietas experimentais

Composição	Dietas					
	N6	N5	N4	N3	N2	N1
Período I (13-27 dias)						
EMAn (mcal/kg)	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Proteína Bruta (g/kg)	300	250	200	150	100	50
Cálcio (g/kg)	10	10	10	10	10	10
Sódio (g/kg)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Fósforo Disponível (g/kg)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Potássio (g/kg)	11,8	10,6	9,4	8,2	7,0	5,9
Fibra Bruta (g/kg)	47,2	47,5	47,8	48	48,3	48,6
Período II (42-56 dias)						
EMAn (Mcal/kg)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Proteína Bruta (g/kg)	300	250	200	150	100	50
Cálcio (g/kg)	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Sódio (g/kg)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Fósforo Disponível (g/kg)	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Potássio (g/kg)	11,8	10,6	9,4	8,2	7,0	5,8
Fibra Bruta (g/kg)	41,1	40,4	39,6	38,8	38,1	37,3
Período III (72-91 dias)						
EMAn (Mcal/kg)	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
Proteína Bruta (g/kg)	300	250	200	150	100	50
Cálcio (g/kg)	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Sódio (g/kg)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Fósforo Disponível (g/kg)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Potássio (g/kg)	11,8	10,6	9,4	8,2	7,0	5,8
Fibra Bruta (g/kg)	36,2	36,3	36,3	36,3	36,4	36,5

As proporções da dieta rica em proteína (N6) à dieta isenta de proteína (N0) utilizadas para fazer as diluições para formulação das dietas experimentais foram, respectivamente: 17:83 para N1, 33:67 N2 para, 50:50 para N3, 67:33 para N4, 83:17 para N5 e 100:0 para N6.

O ensaio de balanço de nitrogênio teve duração de 15 dias, sendo os cinco primeiros dias destinados à adaptação das aves às gaiolas e ração, e os outros 10 dias destinados para a coleta de dados. Durante todo o período (15 dias), a água foi fornecida à vontade e a ração foi ofertada de forma controlada, com base no consumo corrigido para o peso metabólico realizado da seguinte forma: no primeiro e terceiro dia de adaptação, as aves foram pesadas e o consumo ajustado pelo peso vivo metabólico para cada uma. No quinto dia (primeiro dia de coleta de excretas), as aves foram pesadas e o consumo ajustado e estendido para os próximos 5 dias de coleta, para cada ave da parcela. No décimo dia, as aves voltaram a ser pesadas e o seu consumo ajustado novamente pelo peso vivo metabólico, sendo então extrapolado para os últimos cinco dias do período de coleta.

A coleta total de excretas foi dividida em dois períodos de cinco dias cada, conforme recomendado por Samadi e Liebert (2006a). As excretas foram coletadas duas vezes ao dia e imediatamente armazenadas em sacos plásticos, devidamente identificados, e congeladas a -20°C para análise posterior. Foi acrescido à ração o óxido férrico como marcador fecal do início e final do período de coleta total de excretas.

As amostras de excretas de cada tratamento foram descongeladas e homogeneizadas, pré-secas em estufa de ventilação forçada a 65°C durante 72 horas. Posteriormente, as amostras foram trituradas em moinho com crivo de 1 mm. A ração e as excretas foram analisadas quanto os teores de matéria seca e nitrogênio total, segundo

o método de Kjeldahl (AOAC, 2005). A proteína bruta foi calculada considerando o fator 6,25.

O balanço de nitrogênio ou deposição (ND, mg/PVkg^{0,67}) foi calculada como a diferença entre NI e NEX (ND = NI-NEX).

A exigência de nitrogênio para manutenção (NMR) foi obtida por meio de regressão exponencial entre nitrogênio depositado (ND) e nitrogênio ingerido (NI); considerando o intercepto no Y (ND) para o NI=0.

$$NEX=NMR*(\exp(b*NI)) \quad [1]$$

Onde b é o declive da curva exponencial, e e é o número de base do logaritmo natural (ln).

O procedimento estatístico para estimar o máximo teórico de retenção de nitrogênio (NRmaxT) como valor limite da função exponencial entre nitrogênio ingerido (NI) e depositado (ND) foi feito após várias etapas de interação pelo algoritmo Levenberg-Marquardt. Os princípios de modelo para a criação de monogástricos foi aplicado de acordo com estudos atuais (SAMADI; LIEBERT, 2006a, b, 2007a, b):

$$NR = NRmaxT \times (1 - e^{-b \times NI}) \quad [2]$$

$$ND=NRmaxT \times (1-e^{-bxNI}) - NMR \quad [3]$$

O modelo gerado na equação (3) foi utilizado para estimar a NRmaxT, onde b é o declive da curva de retenção de nitrogênio e e é o número da base do logaritmo natural (ln).

Para estimar as exigências de lisina digestível, o primeiro passo foi modificar a equação (2) por logaritimização e por várias conversões, o parâmetro b, usado como a

avaliação da proteína na dieta, foi calculada pela seguinte equação proposta por Samadi e Liebert (2007):

$$b = [\ln NR_{\max T} - \ln (NR_{\max T} - NR)] / NI \quad [4]$$

Onde NR corresponde ao nitrogênio retido, e o valor de b ($\times 10^{-6}$), calculado desta forma e dividido pela concentração do aminoácido limitante na proteína da dieta (c, g de AA em 16 g de N), sendo usado para expressar a eficiência de utilização do aminoácido limitado (bc^{-1}). O valor bc^{-1} ($\times 10^{-6}$) é representado pela inclinação entre a qualidade da proteína na dieta (b) e o aminoácido limitante (LAA) e a concentração (c) na dieta fornecida. Assim, a ingestão de aminoácido limitante (LAAI) na dieta foi obtida pela equação proposta por Samadi e Liebert (2007):

$$LAAI = [\ln NR_{\max T} - \ln (NR_{\max T} - NR)] / 16 \times bc^{-1} \quad [5]$$

Onde LAAI corresponde à ingestão diária necessária do aminoácido limitante para uma dada NR ($\text{mg/PV}_{\text{kg}}^{0,67}$). Para modelar as exigências de lisina digestível para diferentes objetivos de desempenho foram consideradas diferentes taxas (50, 60 e 70%) da resposta assintótica para o $NR_{\max T}$ foi aplicada na fórmula acima.

Os dados foram analisados no programa estatístico SAS (2009), utilizando o procedimento PROC NLIN para ajustar as funções exponenciais, e o método para ajustar o conjunto de dados foi Levenberg-Marquardt.

Resultado e Discussão

Os resultados obtidos nos ensaios de balanço de nitrogênio foram utilizados para determinar o NMR e o $ND_{\max T}$ (Tabelas 3). Os parâmetros do modelo estabelecido, NMR e $ND_{\max T}$, foram utilizados para posterior cálculo das exigências da lisina, dependendo da idade (Tabela 6).

Como esperado, o ND respondeu ao fornecimento crescente de proteína na dieta.

Tabela 3. Peso corporal (PC, kg), a ingestão de matéria seca (CMS, g/dia), o consumo diário de nitrogênio (NI, mg/PV kg^{0,67}), a excreção de nitrogênio por dia (NEX, mg/PV kg^{0,67}) e deposição de nitrogênio média diária (ND, mg/PV kg^{0,67}) obtidos em ensaio de balanço de nitrogênio com fêmeas alimentadas com diferentes níveis de proteína.

Dietas	N1	N2	N3	N4	N5	N6
Período I (13-27 dias)						
PC	283,79	299,93	367	414,13	401,75	394,93
CMS (g/dia)	83,85	85,26	87,99	85,95	84,89	84,58
NI	668,57	1514,66	2397,34	2890,52	3665,41	3888,64
NEX	222,63	554,17	793,23	1286,67	1803,03	1841,54
ND	445,95	960,5	1604,11	1603,84	1862,38	2047,1
ND/NI ¹	0,67	0,63	0,67	0,55	0,51	0,53
Período II (42-56 dias)						
PC	1082,43	1191,14	1214,08	1248,29	1307,58	1212,71
CMS (g/dia)	67,44	68,4	64,33	58,39	67,62	58,79
NI	633,97	1149,05	1576,13	1966,92	2853,67	2874,75
NEX	222,24	309,26	499,18	906,6	1533,61	1557,54
ND	411,73	839,78	1076,95	1060,32	1320,06	1317,21
ND/NI ¹	0,65	0,73	0,68	0,54	0,46	0,46
Período III (77-91 dias)						
PC	2402,07	2566,36	2592,64	2610,14	2562,36	2591
CMS (g/dia)	67,3	68,85	68,08	69,02	69,26	66,84
NI	526,36	1075,44	1668,06	2375,6	2892,97	3359,75
NEX	97,72	217,24	514,7	870,3	1416,39	1796,44
ND	428,64	858,2	1153,36	1505,3	1476,58	1572,4
ND/NI ¹	0,81	0,8	0,69	0,63	0,51	0,47

¹ ND/NI relação da ingestão de nitrogênio para deposição (ND/NI)

Tabela 4. Exigência de nitrogênio para manutenção (NMR)¹ e máximo teórico de deposição de nitrogênio (NDmaxT)¹ de frangas de crescimento lento, dependendo da idade

Período					
I (13-27 dias)		II (42-56 dias)		II (77-91 dias)	
NMR	NDmaxT	NMR	NDmaxT	NMR	NDmaxT
236	2756	211	1743	138	1846

¹ mg/PV^{0,67}

A regressão entre ND e NI, considerando o intercepto no Y (ND) para NI = 0 para cada fase, dependente da idade, foi ajustada por uma função exponencial para estimar o NMR (Figura 1). Os valores estimados para NMR representam a quantidade de nitrogênio que as aves devem consumir minimamente para compensar as perdas inevitáveis que são independentes da ingestão (SAMADI; LIEBERT 2006).

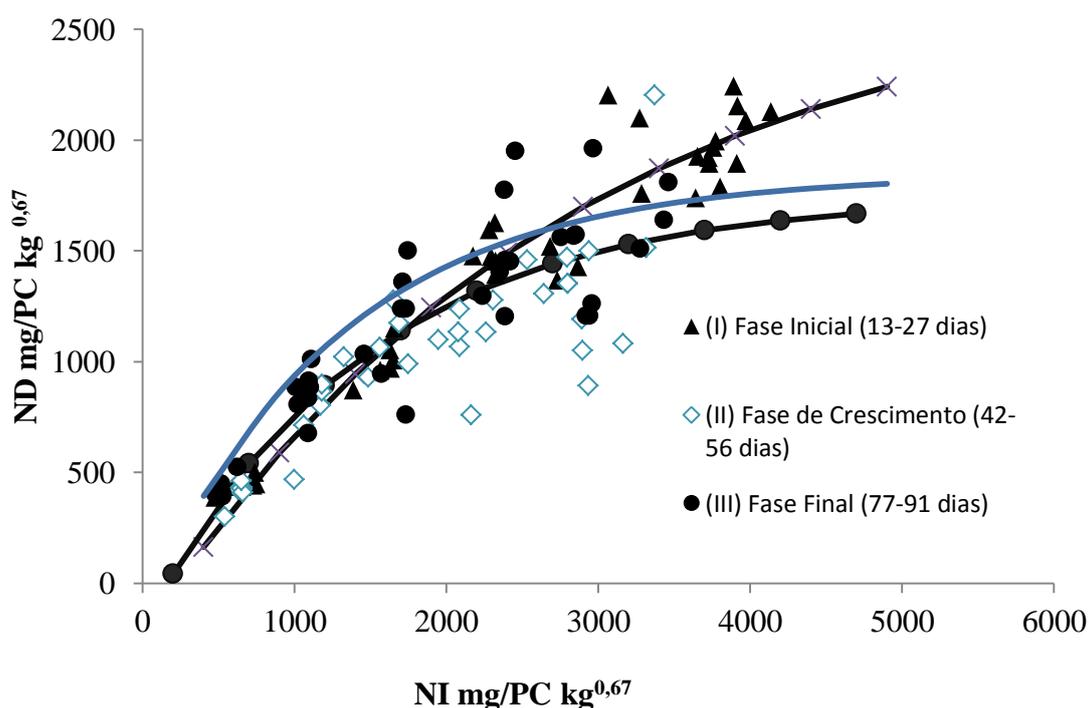


Figura 1. Estimativa do requerimento de nitrogênio pra manutenção (NMR) através de uma função exponencial entre o nitrogênio ingerido (NI) e depositado (ND) para frangas alimentadas com diferentes níveis de nitrogênio na dieta.

Os valores estimados para NMR foram de 236, 211 e 138 $\text{mg/PV}^{0,67}$ para os períodos I, II e III, respectivamente, e o valor médio de NMR para aves fêmeas da linhagem Pesadão Vermelho foi de 195 $\text{mg/PV}^{0,67}$. O valor médio encontrado no presente estudo foi inferior ao valor médio estimado por Samadi e Liebert (2006, 2007) de 252 $\text{mg/PV}^{0,67}$ para fêmeas da linhagem Cobb 500. O valor também é inferior ao valor proposto por Dorigan et al. (2014) de 255 $\text{mg/PV}^{0,67}$. Porém, quando comparado com o valor médio estimado por Santos et al. (2014), que trabalharam com machos da

linhagem Pesadão Vermelho, que foi de 160 mg/PV^{0,67}, observa-se que a quantidade mínima a ser consumida de nitrogênio para evitar as perdas endógenas, para fêmeas da linhagem Pesadão Vermelho, é maior do que a necessidade dos machos.

O procedimento utilizado para determinar a NMR permite estimar o valor limite que representa o máximo de resposta da ave (NRmaxT e NDmaxT).

Os valores propostos por Samadi e Liebert (2006) para NDmaxT foram de 3,452, 1,501 e 1,286 mg/PV^{0,67} para Cobb 500 fêmeas durante o período I(10-25 dias), III (50-65 dias) e IV (70-85 dias), respectivamente. Quando comparamos os valores encontrados no presente estudo com os valores de NMR e NDmaxT, propostos por Samadi e Liebert (2006), podemos observar que as aves fêmeas da linhagem Pesadão Vermelho, apenas no período I (13-27 dias) foram menos eficientes para a utilização de nitrogênio quando comparadas às aves Cobb 500 utilizadas no estudo dos referidos autores citados acima, pois, nos demais períodos, as aves do presente estudo necessitaram de uma quantidade menor de NMR para obter maiores valores de NDmaxT, indicando, assim, uma maior eficiência na utilização do nitrogênio. Vale ressaltar que o NDmaxT representa o limite fisiológico de deposição de nitrogênio que é específico para o genótipo.

Ainda sobre NDmaxT, é possível observar que com o avanço da idade houve uma redução no seu valor de 2,756 mg/PV^{0,67} (13-27 dias) para 1,846 mg/PV^{0,67} (72-91 dias). Isto também foi observado por Peisker et al. (2000), em estudo com frangos de corte Cobb 500 (3865, 3034 e 2696 mg/PV^{0,67}), por Santos et al. (2014), em estudo realizado com machos da linhagem Pesadão Vermelho (3051, 2450, e 2481 mg/PVkg^{0,67}), e por Dorigam et al. (2014) em estudo com fêmeas Cobb 500 (3620 mg/PVkg^{0,67} e 2048 mg/PVkg^{0,67}). Esta diminuição pode ser explicada pelo fato de que, com o avanço da idade, a taxa de degradação é mais pronunciada do que a taxa de

síntese e, em consequência, há uma menor deposição de proteína em frangos de corte mais velhos (GONZALES; SARTORI, 2002).

Os valores estimados para o NRmaxT foram de: 2992, 1952 e 1984 mg/PV^{0,67} para os períodos I, II e III, respectivamente. Este valor indica o máximo potencial genético teórico das aves da linhagem Pesadão Vermelho para a retenção de nitrogênio e, juntamente com os valores estimados de NMR, foi utilizado nos cálculos que avaliam a exigência de lisina para frangos em crescimento.

Os dados da modelagem das exigências de lisina para cada período estão apresentados na Tabela 4 e demonstram a aplicação do processo de modelagem para estabelecer os dados de requisitos da ingestão de lisina (Lys mg/PVkg^{0,67} por dia) e concentração ideal de lisina na dieta de (cLys), a partir do potencial de crescimento ou a retenção de nitrogênio (NR, mg/PVkg^{0,67}) e da eficiência de utilização do aminoácido limitante (bc-1).

Com o objetivo de ajustar os cálculos para condições práticas de desempenho das aves observados nos experimentos, foi considerado aproximadamente 50, 60 e 70% do valor do NRmaxT como a deposição de proteína por dia (SAMADI; LIEBERT, 2006; 2007a, b). Essas porcentagens foram adotadas levando-se em consideração que os animais não consigam alcançar seu NRmaxT devido à dieta limitante, sanidade e ambiente.

Outra consideração do modelo utilizado para estimar a exigência de lisina é que a iLys e cLys são influenciadas pelo consumo de ração (CR), peso corporal e NR; dessa forma, esses valores devem ser ajustados para representar a realidade de cada sistema de produção.

Tabela 5. Cálculo da ingestão de lisina digestível (iLys) e sua concentração na dieta (cLys) para frangos de corte Redbro fêmeas em cada período

	Porcentagem do máximo potencial de retenção		
	50%	60%	70%
Período I (13-27 dias)			
NR mg/kgPC ^{0,67}	672	889	1168
PC/kg	0,345	0,345	0,345
Requerimento de Lis mg/kgPC ^{0,67} /dia	330	436	572
CR/g	48	48	48
	Porcentagem de lisina na dieta		
	0,700	0,925	1,216
Período II (42-56 dias)			
NR mg/kgPC ^{0,67}	316	418	549
PC/kg	1,200	1,200	1,200
Requerimento de Lis mg/kgPC ^{0,67} /dia	357	472	620
CR/g	81	81	81
	Porcentagem de lisina na dieta		
	0,441	0,583	0,766
Período II (77-91 dias)			
NR mg/kgPC ^{0,67}	295	390	512
PC/kg	2,526	2,526	2,526
Requerimento de Lis mg/kgPC ^{0,67} /dia	549	725	953
CR/g	130	130	130
	Porcentagem de lisina na dieta		
	0,422	0,558	0,733
Potencial teórico para deposição de nitrogênio diária (NRmaxT); 13-27 dias: NRmaxT 2,756 mg/PVkg ^{0,67} /dia; 42-56 dias: NRmaxT 1,743 mg/PVkg ^{0,67} /dia; 71-91 dias: NRmaxT 1,846 mg/PVkg ^{0,67} /dia			

Na fase inicial (13-27 dias), com base nos modelos e adotando 60% do NRmaxT, a iLys foi estimada em 436mg/PVkg^{0,67} e a cLys em 0,92% (9,2g/kg). O valor da iLys encontrada no presente estudo, está abaixo dos valores estimados por Dorigan et al. (2014) de 1052 mg/PVkg^{0,67}, porém o valor estimado de 9,2 g/kg de cLys corrobora com o valor de 9,3 g/kg estimado pelos mesmo autores, em pesquisa realizada com fêmeas da linhagem Cobb 500 no período de 6 a 21 dias de idade. Valores maiores também foram encontrados por Santos et al. (2014), 1164 mg/PVkg^{0,67} para iLys e

também para cLys 12,25 g/kg, trabalhando com machos da linhagem Pesadão Vermelho no período de 1 a 28 dias de idade.

Esta variação na exigência de lisina pode ser influenciada por vários fatores, em geral, os machos possuem uma alta exigência de lisina em relação ao sexo feminino, particularmente em idades mais jovens (BAKER, 2003) e o sexo afeta a utilização eficiência do aminoácido, conduzindo a diferentes respostas entre machos e fêmeas, especialmente pela diferença na ingestão diária (D'MELLO, 2003).

Na fase de crescimento (42-56 dias), a iLys foi estimada em 472mg/PVkg^{0,67} e a cLys em 0,58% (5,8 g/kg), para um consumo de ração de 81 g/dia. O valor estimado por Han e Baker (1994) para cLys 9,1 g/kg para fêmeas da linhagem Ross, a fim maximizar o ganho de peso durante 3 a 6 semanas de idade, este valor foi 27,4% maior do que o encontrado no presente estudo. Valor maior também foi encontrado por Dorigam et al. (2014), em estudo realizado com fêmeas Cobb 500, no período de 38 a 56 dias de idade, onde obteve o valor de 910 mg/PVkg^{0,67} para iLys e 8,5g/kg para cLys. De acordo com Rostagno et al. (2011), no período de 38-53 dias de idade, as fêmeas possuem como exigência 7,9 g/kg de lisina digestível na dieta.

Sabe-se que o consumo de ração altera a cLys; essa informação justifica o valor mais baixo encontrado no presente estudo comparado ao valor observado por Dorigam et al. (2014), uma vez que o consumo de ração na pesquisa destes autores foi de 198 g/dia, e do presente estudo de 81 g/dia.

Na fase final (77-91 dias), a iLys foi estimada em 725mg/PVkg^{0,67} e a cLys em 0,55% (5,5 g/kg) para um CR de 130g/kg. O valor estimado para iLys foi maior do que o encontrado por Samadi e Liebert (2007a) para fêmeas Cobb 500 de 50-65 dias de idade, com um CR de 170 g/kg (577 mg/PV^{0,67}). Porém, a cLys estimada pelos mesmo autores (0,96%), é superior a estimada no presente estudo (0,55%). Essa diferença está

atribuída ao consumo de ração que, como já foi comentado, influencia diretamente na cLys. Valores maiores foram estimados por Santos et al. (2014) para iLys e cLys, 781 mg/PV^{0,67} e 1,08% respectivamente, para machos da linhagem Pesadão Vermelho de 57-84 dias de idade. As diferenças encontrada nos valores estimados são atribuídas ao sexo.

As diferenças encontradas nos valores estimados no presente estudo, em comparação aos demais, evidenciam a influência da genética, idade, sexo e ambiente de criação nas estimativas das exigências nutricionais das aves, confirmando que as aves da linhagem Pesadão Vermelho possuem exigências de proteína e lisina específicas para seu potencial genético.

Conclusões

Os modelos exponenciais adotados para estimar o NDmaxT e NMR permitiram as estimativas das exigências de lisina para cada fase de criação da linhagem Pesadão Vermelho. Adotando 60% do NRmaxT, a iLys e cLys estimadas para cada período foram, respectivamente, de 436mg/PVkg^{0,67} e 0,92% (13-27 dias), 472mg/PVkg^{0,67} e 0,58% (42-56 dias) e de 725mg/PVkg^{0,67} e 0,55% (77-91 dias).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS [AOAC]. Official Methods of Analysis. 18. ed. AOAC, Gaithersburg, MD, USA, 2005.

BAKER, K. et al. Digestible lysine requirements of male turkeys during the 6 to 12 week period. **International Journal of Poultry Science**, v. 2, p. 97-101, 2003.

D'MELLO, J. P. F. Adverse effects of amino acid. In: D'MELLO J.P.F. Amino acids in animal nutrition. 2. ed. Edinburgh: CABI Publishing, p.187-202, 2003.

DORIGAM, J. C. P. et al. Reevaluation of the digestible lysine requirement for broilers based on genetic potential. **Scientia Agricola**, v. 31, p. 195-203, 2014.

EMMERT, J. L.; BAKER, D. H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 6, p. 462-470, 1997.

FISHER, C.; MORRIS, T.R. The determination of the methionine requirement of laying pullets by a diet dilution technique. **British Poultry Science**, v.11, p.67-82, 1970.

GLOBOAVES. Manual de Manejo Linha Colonial. P.21, 2011.

GONZALES, E.; SARTORI, J. R. Crescimento e metabolismo muscular. In: **Fisiologia Aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. (eds. M Macari and E Gonzales), p. 168-170, FUNEP, Jaboticabal, SP. 2002.

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

MOEHN, S.; LANGE, C. F. M. The effect of body weight on the upper limit to protein deposition in a defined population of growing gilts. **Journal Animal Science**. v.76, p. 124-133, 1998.

PEISKER, M.; RIMBACH, M.; LIEBERT, F. Maximum protein deposition of growing chicken of different genotype and age In: BENALVE D, Australian Poultry Science Symposium. Sydney. **Poultry Research Foundation**, v. 12, p. 93-96, 2000.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed. Viçosa, Minas Gerais, UFV, 2011.

SAMADI; LIEBERT, F. Estimation of nitrogen maintenance requirements and potential for nitrogen deposition in fast-growing chickens depending on age and sex. **Poultry Science**, v.85, n.8, p.1421-1429, 2006a.

_____. Modeling of threonine requirement in fast-growing chickens, depending on age, sex, protein deposition, and dietary threonine efficiency. **Poultry Science**, v.85, n.11, p.1961-1968, 2006b.

_____. Lysine requirement of fast growing chickens – effects of age, sex, level of protein deposition and dietary lysine efficiency. **The Journal of Poultry Science**, v. 44, p. 63–72, 2007a.

_____. Threonine requirement of slow-growing male chickens depends on age and dietary efficiency of threonine utilization. **Poultry Science**, v. 86, p. 1140–1148, 2007b.

SANTOS, P. A. et al. Modelling of the nitrogen deposition and dietary lysine requirements of Redbro broilers. **Animal Production Science**, v. 54, p. 1946-1952, 2014

SAS (2009) 'SAS/ACCESS 9.1 interface to PeopleSoft: user's guide.' (SAS Pub.: NC)

THONG, H. T; LIEBERT, F. Amino acid requirement of growing pigs depending on amino acid efficiency and level of protein deposition 1st communication: Lysine. **Archives of Animal Nutrition**, v. 58, p. 69-87, 2004a.

_____. Potential for protein deposition and threonine requirement of modern genotype barrows fed graded levels of protein with threonine as the limiting amino acid. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 88, p. 196-203, 2004b.

_____. Amino acid requirement of growing pigs depending on amino acid efficiency and level of protein deposition. 2nd communication : threonine. **Archive of Animal Nutrition**, v. 58, p. 157-168, 2004c.