

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DETERMINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO
E DE PRODUÇÃO DE OVOS DE QUATRO
LINHAGENS DE POEDEIRAS LEVES

Autora: Karina Milene Maia
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Simara Marcia Marcato
Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Daiane de Oliveira Grieser

MARINGÁ
Estado do Paraná
Outubro 2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DETERMINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO
E DE PRODUÇÃO DE OVOS DE QUATRO
LINHAGENS DE POEDEIRAS LEVES

Autora: Karina Milene Maia
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Simara Marcia Marcato
Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Daiane de Oliveira Grieser

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós- Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de Concentração Produção Animal.

Maringá - PR
Estado do Paraná
Outubro- 2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

M217d

Maia, Karina Milene

Determinação da curva de crescimento e de produção de ovos de quatro linhagens de poedeiras leves / Karina Milene Maia. -- Maringá, PR, 2024.

xvii, 66 f.: il., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Simara Marcia Marcato.
Coorientadora: Profa. Dra. Daiane de Oliveira Grieser.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2024.

CDD 23.ed. 636.5



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS


DETERMINAÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO
E PRODUÇÃO DE OVOS DE QUATRO
LINHAGENS DE POEDEIRAS LEVES

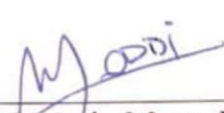
Autora: Karina Milene Maia
Orientadora: Profª Drª Simara Marcia Marcato


TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção Animal

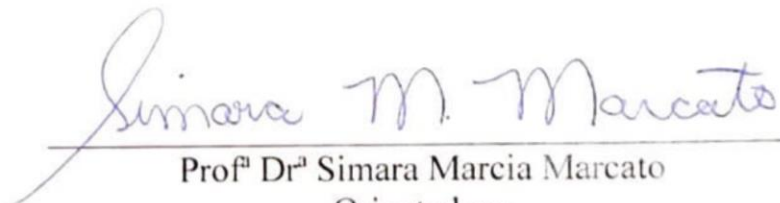
APROVADA em 16 de outubro de 2023.


Profª Drª Eliane Gasparino


Profª Drª Caroline Espejo Stanquevis


Profª Drª Maria Marta Loddi


Profª Drª Marcia Aparecida Andreazzi


Profª Drª Simara Marcia Marcato
Orientadora

- ¹Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu.
- ²Há tempo de nascer, e tempo de morrer; tempo de plantar, e tempo de arrancar o que se plantou;
- ³Tempo de matar, e tempo de curar; tempo de derrubar, e tempo de edificar;
- ⁴Tempo de chorar, e tempo de rir; tempo de prantear, e tempo de dançar;
- ⁵Tempo de espalhar pedras, e tempo de ajuntar pedras; tempo de abraçar, e tempo de afastar-se de abraçar;
- ⁶Tempo de buscar, e tempo de perder; tempo de guardar, e tempo de lançar fora;
- ⁷Tempo de rasgar, e tempo de coser; tempo de estar calado, e tempo de falar;
- ⁸Tempo de amar, e tempo de odiar; tempo de guerra, e tempo de paz.
- ⁹Que proveito tem o trabalhador naquilo em que trabalha?
- ¹⁰Tenho visto o trabalho que Deus deu aos filhos dos homens, para com ele os exercitar.
- ¹¹Tudo fez formoso em seu tempo; também pôs o mundo no coração do homem, sem que este possa descobrir a obra que Deus fez desde o princípio até ao fim.
- ¹²Já tenho entendido que não há coisa melhor para eles do que alegrar-se e fazer bem na sua vida;
- ¹³E também que todo o homem coma e beba, e goze do bem de todo o seu trabalho; isto é um dom de Deus.
- ¹⁴Eu sei que tudo quanto Deus faz durará eternamente; nada se lhe deve acrescentar, e nada se lhe deve tirar; e isto faz Deus para que haja temor diante dele.
- ¹⁵O que é, já foi; e o que há de ser, também já foi; e Deus pede conta do que passou.”

Dedico

A Deus,

Aos meus pais João Perez Maia, Terezinha das Graças Aguiar Maia,
As minhas irmãs Jéssica Aline Maia Ricardo e Érika Janine Maia Afonso, cunhados
Tiago Ricardo, Luiz Henrique Dias Afonso, a minha sobrinha Isabella Maia Ricardo, ao
meu sobrinho Lucca Maia Afonso, meu afilhado Pedro José Marques e
Ao meu companheiro da vida Wellington Marques de Souza.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida.

À Universidade Estadual de Maringá, por ter possibilitado o desenvolvimento deste trabalho.

A Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos.

Ao Prof.^a. Dr.^a. Simara Marcia Marcato, pela dedicada orientação, ensinamentos, estímulo e amizade. A Prof.^a Dr.^a. Daiane de Olivera Grieser, pela coorientação e conselhos. Ao Prof. Dr. Robson Marcelo Rossi, pelo auxílio com a estatística.

À Empresa Granja Figueiredo, pelo fornecimento dos animais e de suas instalações para a execução deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e do Departamento de Zootecnia, da UEM, pelos valiosos ensinamentos durante estes 10 anos na instituição.

Aos meus pais, por me apoiarem e auxiliarem durante todo o experimento.

Ao Wellington Marques de Souza, por todo o companherismo de acordar cedo aos domingos para a realização das coletas de dados, apoio e incentivo.

Aos meus amigos que nunca me deixaram desistir, assim como minha turma de catequisandos.

Aos colegas do grupo de pesquisa GENCO.

Aos funcionários da empresa Granja Figueiredo.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

KARINA MILENE MAIA, filha de João Perez Maia e Terezinha das Graças Aguiar Maia, nasceu em Mandaguari, Paraná, no dia 14 de junho de 1995.

No ano de 2013 iniciou na graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá. Durante a graduação participou dos projetos Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) - CNPq e Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI) - CNPq/ Fundação Araucária (bolsista) e do Programa de Iniciação Científica (PIC). Estagiou na Fazenda Experimental de Iguatemi (2013), no setor de bovinocultura de leite e na empresa Granja Figueiredo (2017), com avicultura de postura.

Em março de 2018, iniciou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, na Universidade Estadual de Maringá, tendo como orientadora a Professora Doutora Simara Márcia Marcato, concentrando seus estudos na área de Produção Animal, Nutrição de Monogástricos. No dia 28 de fevereiro de 2020, submeteu-se à banca para defesa da Dissertação.

No ano de 2020, ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, na Universidade Estadual de Maringá, sob a orientação da Professora Doutora Simara Márcia Marcato, concentrando seus estudos na área de Produção Animal, Nutrição de Monogástricos.

No mês de outubro de 2023, submeteu-se à banca para defesa da Tese.

ÍNDICE

| | Página |
|--|--------|
| LISTA DE TABELAS | xiii |
| LISTA DE FIGURAS | xiv |
| RESUMO..... | xv |
| ABSTRACT | xvii |
| I- INTRODUÇÃO | 1 |
| 1. Revisão Bibliográfica..... | 2 |
| 1.1. Panorama histórico e econômico da avicultura brasileira..... | 2 |
| 1.2 Evolução das linhagens | 3 |
| 1.3 Grupos genéticos atuantes no Brasil e desempenho das linhagens comerciais..... | 5 |
| 1.4 Crescimento e Desenvolvimento das poedeiras | 7 |
| 1.5 Uso das curvas de crescimento | 11 |
| 1.6 Curva de produção de ovos | 17 |
| 1.7 Critério para avaliação da qualidade de ajustes dos modelos não lineares | 18 |
| 1.8 Inferência bayesiana..... | 18 |
| 1.9 Considerações finais | 19 |
| 1.10 Referências..... | 20 |
| II - OBJETIVOS GERAIS | 28 |
| 2.1 Objetivos específicos | 28 |
| III - Uso de modelos não lineares no ajuste da curva de crescimento para quatro linhagens de poedeiras leves | 29 |
| Resumo..... | 29 |
| Abstract | 29 |
| Introdução | 30 |

| | |
|---|----|
| Metodologia | 31 |
| <i>Instalações, delineamento e dieta experimental</i> | 31 |
| <i>Coleta de dados</i> | 32 |
| <i>Análise estatística</i> | 32 |
| Resultados e discussões | 33 |
| Conclusões | 35 |
| Referências..... | 35 |
| IV – Ajuste da curva de crescimento de quatro linhagens de poedeiras leves por meio da equação de Gompertz..... | 42 |
| Resumo..... | 42 |
| Abstract | 42 |
| Introdução | 43 |
| Metodologia | 44 |
| 1. <i>Instalações, delineamento e dieta experimental</i> | 44 |
| 2. <i>Coleta de dados</i> | 44 |
| 3. <i>Análise estatística</i> | 45 |
| Resultados e discussões | 45 |
| Conclusões | 47 |
| Referências..... | 48 |
| V - Ajuste de curvas de produção de ovos pelo método de wood para quatro linhagens de poedeiras leves..... | 56 |
| Resumo..... | 56 |
| Descrição do problema..... | 56 |
| Materiais e métodos | 57 |
| <i>Instalações, delineamento e dieta experimental</i> | 57 |
| <i>Coleta de dados</i> | 59 |
| <i>Análise estatística</i> | 59 |
| Resultados e discussões | 60 |
| Conclusões e aplicações..... | 61 |
| Referências..... | 61 |

LISTA DE TABELAS

| | Página |
|--|--------|
| Tabela 1 Principais características de interesse zootécnico de quatro linhagens de poedeiras leves | 5 |
| Tabela 2 Equações de modelos não lineares | 13 |
| Tabela 3 Modelos não lineares considerados..... | 39 |
| Tabela 4 Estimativas Bayesianas (médias (desvio-padrão)) para os parâmetros dos modelos considerados | 40 |
| Tabela 5 Estimativas Bayesianas (média (desvios-padrão)) para os parâmetros do modelo de Gompertz* para as linhagens Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White e Lohamann LSL Lite..... | 51 |
| Tabela 6 Taxa de crescimento (g) estimado por meio da derivada da equação de Gompertz, em função da idade em dias, para as linhagens Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White e Lohamann LSL Lite | 55 |
| Tabela 7 Estimativas Bayesianas (média, desvio padrão, mediana e intervalo de credibilidade (P2,5% e P97,5%)) para os parâmetros do modelo de produção de ovos de quatro linhagens de poedeiras comerciais leves | 64 |
| Tabela 8 Estimativas Bayesianas (média, desvio padrão, mediana e intervalo de credibilidade (P2,5% e P97,5%)) para os parâmetros de interesses calculados por meio das estimativas dos parâmetros da curva de Wood. | 66 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| Figura 1 Fases de desenvolvimento dos componentes corporais de poedeiras comerciais. Fonte: Adaptado de Grieve (2007). | 8 |
| Figura 2 A) Ajustes para peso da ave da linhagem Nick Chick no período de 1 dia de idade até 80 semanas de idade; B)Ajustes para peso da ave da linhagem Lohamann NA Lite no período de 1 dia de idade até 80 semanas de idade; C)Ajustes para peso da ave da linhagem Bovans White no período de 1 dia de idade até 80 semanas de idade; D) Ajustes para peso da ave da linhagem Lohamann LSL no período de 1 dia de idade até 80 semanas de idade, considerando os modelos não lineares. | 41 |
| Figura 3 Ajustes não lineares estimados de equação de Gompertz (1999), por linhagem de poedeiras estudadas (Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White e Lohamann LSL Lite)..... | 52 |
| Figura 4 Curva de crescimento para o peso vivo (g) observado, estimado e recomendado pelo manual da linhagem, em função da idade (semanas) de poedeiras leves das linhagem: Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White e Lohamann LSL Lite. | 53 |
| Figura 5 Curva da taxa de crescimento para o peso vivo (g/dia) estimado das linhagem, em função da idade (dias) de poedeiras leves da linhagem Nick Chick; Lohamann NA Lite; Bovans White e Lohamann LSL Lite. | 54 |
| Figura 6 Comparação entre as curvas ajustadas de produção de ovos de quatro linhagens de poedeiras comerciais. | 65 |

1
2
3
4
5
6
7
8

RESUMO

9
10
11
12
13

14 Objetivou-se com este trabalho estimar a curva de crescimento e produção de ovos para
15 quatro linhagens de poedeiras leves (Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White e
16 Lohamann Lite) na fase de cria, recria e produção, utilizando diferentes modelos
17 matemáticos não lineares descritos por Brody, Gompertz (1825), Gompertz (1999)
18 reparametrizado, Logístico, Von Bertalanffy e Richards, para os dados de crescimento.
19 Estimar a curva de produção de ovos, o pico da produção ou rendimento máximo (pp),
20 dia ou ocasião do pico de produção (dpp) e persistência (s) de produção de ovos utilizando
21 a equação não linear descrita por Wood e avaliar a qualidade dos parâmetros por meio da
22 inferência Bayesiana, no período de 18 e 80 semanas de idade. O experimento foi realizado
23 numa granja comercial de postura e utilizou o total de 480 aves de um dia a 80 semanas de
24 idade, sendo 120 aves por linhagem estudada. Para determinar a curva de crescimento, os
25 pesos individuais das as aves de cada grupo genético foram pesadas semanalmente na
26 fase de cria (1 a 5 semanas), na fase de recria (6 a 17 semanas) a cada 21 dias e na fase
27 de postura a cada 28 dias. Para estimar a curva de produção de ovos, todos os ovos foram
28 coletados, por três dias em três períodos, a cada 28 dias. Os dados foram analisados em
29 função do modelo matemático descrito por Wood, por meio da inferência Bayesiana com
30 auxílio do software R. O modelo de Richards não apresentou ajuste para os dados
31 observados para as linhagens estudadas. Os modelos de Gompertz (1825) e Gompertz
32 (1999) apresentaram melhor descrição considerando os menores valores de DIC para o
33 crescimento das linhagens Nick Chick (38.600), Bovans White (35.680) e Lohamann LSL
34 (34.730), já para a Lohamann NA Lite o modelo que apresentou melhor qualidade de
35 ajuste foi o Von Bertalanffy (34.460). O modelo de Gompertz (1999) foi que mais se

1 adequou para descrever o crescimento das diferentes linhagens de poedeiras leves na fase
2 de cria, recria e produção. A linhagem Lohmann LSL Lite apresentou maior β_1 (peso
3 médio) 1.642,74 g e β_2 0,025 e menor β_3 (55 dias) quando comparada com outras
4 linhagens estudadas. O modelo de Wood foi eficiente para determinar a curva de
5 produção de ovos das linhagens estudadas (Nick Chick, Lohamann NA, Bovans White e
6 Lohamann LSL) no período de 18 a 80 semanas de idade. A linhagem Nick Chick
7 apresentou maior pico de postura (114,49 dias) com maior persistência (6,56 semanas)
8 quando comparada com as demais linhagens.

9 **Palavras-chave:** Brody, Gompertz, Logístico, Richards, Von Bertalanffy, Wood.

10

11

1
2
3
4
5
6
7
8

ABSTRACT

9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36

The objective of this work was to estimate the growth curve and egg production for four lines of light layers (Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White and Lohamann Lite) in the breeding, rearing and production phases, using different non-linear mathematical models. Described by Brody, Gompertz (1825), Gompertz (1999) reparameterized, Logistic, Von Bertalanffy and Richards, for growth data. As well as, estimating the egg production curve, peak production or maximum yield (pp), day or occasion of peak production (dpp) and persistence (s) of egg production using the non-linear equation described by Wood and also evaluate the quality of the parameters through Bayesian inference, between 18 and 80 weeks of age. The experiment was carried out on a commercial laying farm and a total of 480 birds from one day to 80 weeks of age, were used, with 120 birds per strain studied. To determine the growth curve, the individual weights of birds from each genetic group were weighed weekly in the breeding phase (1 to 5 weeks), in the rearing phase (6 to 17 weeks) every 21 days and in the laying phase every 28 days. To estimate the egg production curve, all eggs were collected for three days in three periods, every 28 days. The data were analyzed using the mathematical model described by Wood, using Bayesian inference with the aid of the R software. Richards' model did not fit the data observed for the strains studied. The models by Gompertz (1825) and Gompertz (1999) presented a better description considering the lowest DIC values for the growth of the lines Nick Chick (38,600), Bovans White (35,680) and Lohamann LSL (34,730), as for Lohamann NA Lite the model that presented the best fit quality was the Von Bertalanffy (34.460). Gompertz's model (1999) was the most appropriate to describe the growth of different lineages of light layers in the breeding, rearing and production phases. The Lohmann LSL Lite line presented a higher β_1 (average weight) 1,642.74 g and β_2 0.025 and a lower β_3 (55 days) when compared to

1 the other lines studied. Wood's model was efficient in determining the egg production
2 curve of the lines studied (Nick Chick, Lohamann NA, Bovans White and Lohamann
3 LSL) in the period from 18 to 80 weeks of age. The Nick Chick lineage presented a higher
4 laying peak (114.49 days) with greater persistence (6.56 weeks) when compared to the
5 other lines.

6 **Keywords:** Brody, Gompertz, Logistics, Richards, Von Bertalanffy, Wood.

1
2
3
4
5
6
7
8

I- INTRODUÇÃO

9
10
11

12 A determinação da curva de crescimento é o primeiro passo para a elaboração de
13 modelos de simulação, capazes de prever as exigências nutricionais e determinar os
14 efeitos de diferentes programas alimentares, manejo, condições climáticas e do
15 desempenho das aves (Oliveira *et al.*, 2018). Cada animal apresenta uma curva específica
16 de crescimento e produção. A linhagem ou sexo podem apresentar efeito em suas
17 características, como o peso a maturidade, idade ao primeiro ovo, composição e taxas de
18 deposição dos nutrientes corporais (Figueiredo, 2019).

19 Estas variáveis são importantes para a definição da curva de crescimento e que
20 devem ser observadas em condições ideais ou não limitantes. Para esta avaliação, tem-se
21 utilizado os modelos matemáticos não lineares, que expressam com precisão o
22 crescimento e desenvolvimento das aves em relação a idade, visando a otimização da
23 alimentação animal (Gous *et al.*, 1999).

24 Além das características (linhagem e sexo), outros fatores podem influenciar na
25 curva de crescimento dos animais, como densidade do alojamento, programa de
26 iluminação, manejo, sanidade do lote, ambiência, equipamentos e instalações, qualidade
27 da água e da ração, entre outros. Segundo Ivey (1999) alguns fatores apresentam maior
28 influência do que outros. Portanto, para equalizar esta influência os modelos matemáticos
29 vêm sendo utilizados para a determinação do crescimento e produção das aves,
30 possibilitam previsões mais precisas e diminuem os erros.

31 Diversos modelos matemáticos não lineares vêm sendo utilizados para a
32 determinação da curva de crescimento de aves. Podendo citar os modelos de Logística,
33 Brody, Robertson, Richards, Bertalanffy e Gompertz. Para a escolha do modelo
34 matemático a ser utilizado devendo avaliar, no mínimo, três critérios: a possibilidade da

1 interpretação biológica dos parâmetros; a qualidade do ajuste utilizado e a dificuldade
2 computacional (Ivey, 1999).

3 O crescimento das galinhas poedeiras ocorre em três fases: ascendente,
4 estabilização ou platô e descendente, seguindo o crescimento sigmoide (Brito, 2007).
5 Nestas fases, a taxa de crescimento no início é acelerada e vai desacelerando com o
6 envelhecimento da ave, com o avanço da idade o ganho de peso é menor. A metodologia
7 utilizada no modelo matemático proposto por Gompertz (1825) destaca-se entre os
8 demais modelos por considerar que a massa corporal é sempre superior a zero, ou seja,
9 este modelo considera que o animal já nasce com algum peso.

10 1. Revisão Bibliográfica.

11 1.1. Panorama histórico e econômico da avicultura brasileira

12 A domesticação das aves de produção (*Gallus domesticus*) ocorreu a cerca de
13 3000 anos A.C. Estudiosos indicam que quatro espécies selvagens contribuíram para o
14 desenvolvimento das linhagens utilizadas atualmente, sendo elas: a galinha da ilha de
15 Java (*Gallus varius*), de Ceilão (*Gallus lafayetti*), de Bankiva (*Gallus gallus*) e a de
16 Sonnerat (*Gallus Sonnerati*) (Figueiredo, 2019).

17 A propagação global das galinhas ocorreu por meio do comércio e de militares
18 que viajavam entre as regiões do mundo antigo. Na cidade de Roma as aves foram
19 multiplicadas em maior escala, de tal modo que os romanos foram os primeiros a
20 realizarem a separação das aves destinadas à produção de carne, ovos e esporte (os
21 denominados galos de briga) (Sales, 2005). Os tipos de produção da época assemelham-
22 se em escala e manejo dos sistemas de criações utilizados na avicultura moderna (Kilgour;
23 Dalton, 1984).

24 No que se refere ao Brasil, as primeiras aves chegaram ao território em 1500, nas
25 caravanas dos portugueses como fonte de alimento da tripulação. Com o passar dos anos
26 e com o aumento da população foi necessário buscar formas de melhorar a eficiência
27 produtiva dos animais (Figueiredo, 2019). Foi somente em 1913 na cidade de São Paulo,
28 foi fundada a Sociedade Brasileira de Avicultura com o objetivo de desenvolver a
29 avicultura no Brasil (Malavazi, 1977). No entanto, a produção avícola só foi reconhecida
30 como atividade comercial a partir da década de 1930, quando ocorreu a implementação

1 da avicultura industrial, e a parceria com a Inglaterra, com a primeira exportação
2 (Arashiro, 1989; Costa, 2011).

3 Segundo Arashiro (1989) a segunda Guerra Mundial estimulou a intensa produção
4 de alimentos no Mundo e no Brasil. Isto porque no pós-guerra, houve escassez de
5 produtos, levando ao aumento da inflação e, consecutivamente, a queda no consumo dos
6 ovos. Nos anos 1950, a avicultura voltou a ter destaque, pelas novas técnicas
7 implementadas para o avanço da produção como a implementação de manejo nutricional,
8 sanitário e o melhoramento genético (Costa, 2011). Posteriormente, na década de 1960,
9 iniciou-se a avicultura industrial, também conhecida como produção de frangos de corte
10 pelo sistema de integração e a produção de poedeiras pelo sistema em gaiolas,
11 concentrando-se na região sudoeste brasileira.

12 Atualmente o Brasil é referência em produção avícola, principalmente relacionada
13 à produção de carne e de ovos. Segundo dados da Associação Brasileira de Proteína
14 Animal (ABPA), no ano de 2022 Brasil produziu mais de 52 bilhões de unidades de ovos
15 com o consumo de 241 unidades/habitante (ABPA, 2022).

16 1.2 Evolução das linhagens

17 Durante o processo de domesticação animal, os animais passaram por alterações
18 morfológicas e comportamentais. Segundo Schtz *et al.* (2001) foram três fatores que
19 influenciaram na domesticação e corroboraram para a alteração social e comportamental
20 dos animais, sendo eles: seleção natural, intencional e a correlacionada. Recentemente as
21 linhagens comerciais modernas de galinhas poedeiras, foram selecionadas
22 predominantemente para produção de ovos, resistência sanitária, eficiência alimentar e
23 desempenho individual (Wurtz *et al.*, 2022).

24 Há uma teoria em que a aptidão do animal é o produto de muitos componentes
25 diferentes que afetam a reprodutividade, ou seja, o número de sobrevivência da progênie.
26 Esta teoria foi descrita por Beilharz *et al.* (1993) e Beilharz e Nitter (1998) que justificam
27 a evolução dos animais em relação ao ambiente em que estão inseridos. Os autores
28 descrevem que os recursos que o ambiente fornece para o desenvolvimento e a reprodução
29 dos animais é limitado, fazendo com que os animais adaptem-se e o comportamento e a
30 utilização dos recursos oferecidos sejam otimizados. Com o aumento dos recursos
31 oferecidos pelo ambiente, é possível que aptidão dos animais também aumentem e que os

1 recursos tornem-se limitados estimulando a adequação da progênie (Beilharz *et al.*, 1993).
2 Esta teoria pode explicar as diferenças observadas nos híbridos para produção de carne e
3 ovos atuais.

4 Com a busca da poedeira com mais de 500 ovos/ciclo, algumas características
5 foram sendo selecionadas para não serem expressas pelas poedeiras. Com a redução de
6 comportamentos de socialização, forrageamento, ganho de peso e choco. Os animais
7 apresentam menor custo energético para expressar estas características e
8 consecutivamente maior produção de ovos (Dudde *et al.*, 2018).

9 A diferença entre os comportamentos expressados pelas diferentes linhagens de
10 poedeiras pode estar relacionada a base genética. As aves vermelhas foram melhoradas
11 de aves de caça, que são mais agressivas (Dudde *et al.*, 2018). Elas apresentam maior
12 adaptabilidade em botar em ninhos, dedicam maior tempo para o forrageamento e
13 assustam-se menos, facilitando o manejo e demonstrando menor índice de estresse desses
14 animais (Goor *et al.*, 2022; Wurtz *et al.*, 2022).

15 As raças tradicionais (*Gallus varius*, *Gallus lafayetti*, *Gallus gallus*, *Gallus*
16 *Sonnerati*) perderam a importância comercial pela ineficiência produtiva, haja vista que
17 as linhagens híbridas e cruzamentos foram desenvolvidos para a produção de galinhas
18 modernas com maior eficiência produtiva. Na avicultura moderna as aves produtoras de
19 ovos em sua maioria são híbridas de aves da raça Legorne (produtoras de ovos de casca
20 branca). A característica herdada durante o processo de seleção genética fez com que os
21 produtores economizassem dinheiro e tempo, atualmente as aves apresentam produção
22 anual média de 462,5 ovos/ciclo que é mais que o triplo (150 ovos/ciclo) que eram
23 produzidos pelas poedeiras comerciais em 1947 (Tabela 1) (Figueiredo, 2019; Nick
24 Chick, 2022; Lohamann NA Lite, 2022; Bovans White, 2022; Lohamann LSL Lite,
25 2022).

26

1 Tabela 1 Principais características de interesse zootécnico de quatro linhagens de
2 poedeiras leves

| Linhagem | Peso corporal (kg) | Pico de postura (semanas/idade) | Taxa de Postura (%) | Ovos/ave alojada | Período de produção (semana) | Consumo de ração (g/dia) |
|--------------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------|------------------|------------------------------|--------------------------|
| Nick Chick (2022) | 1.358 | 32 – 42 | 96 | 473 | 100 | 103 -108 |
| Lohamann NA Lite (2022) | 1.450 | 30 – 42 | 96 | 448 | 100 | 105 -107 |
| Bovans White (2022) | 1.700 | 30 | 97 | 484 | 100 | 107 |
| Lohamann LSL Lite (2022) | 1.350 | 29 – 37 | 95 | 445 | 95 | 105 |

3 Fonte: Adaptada dos Manuais das Linhagens (Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White e Lohamann
4 LSL Lite, 2022).

5 Além do aumento na produção de ovos por ciclo as aves apresentam outras
6 características de valor zootécnico para o produtor, como a maior taxa de postura, menor
7 conversão alimentar, maior ciclo produtivo, aumento no peso dos ovos, aumento no
8 período de pico de postura, maior resistência sanitária, eficiência alimentar e desempenho
9 individual (Wurtz *et al.*, 2022).

10 1.3 Grupos genéticos atuantes no Brasil e desempenho das linhagens comerciais.

11 A avicultura de postura está em constante aprimoramento, e busca aves que
12 apresentem alta produtividade, aumento do peso do ovo, longo ciclo produtivo e
13 eficiência alimentar. Além da melhoria de manejo, qualidade nutricional e sanitária e o
14 melhoramento genético das aves (Albino *et al.*, 2017).

15 Atualmente no Brasil existem três grupos genéticos que são responsáveis pela
16 produção e melhoria do desempenho, da produção e sanitária das aves híbridas, sendo o
17 EW Group, Hendrix Genetics e Grimaud Groupe. Estes grupos são compostos por
18 diversas empresas subsidiárias que têm em comum a base genética dos animais, bem
19 como os princípios e objetivos.

20 O EW Group, que é um grupo especializado em genética, nutrição e saúde animal,
21 foi fundado no ano de 1999 na Alemanha. É composto por 53 empresas alemãs e mais de
22 220 estrangeiras. No Brasil, na área da postura, faz parte deste grupo as empresas Planalto
23 postura, Hy-line do Brasil, Lohamann do Brasil e a H&N avicultura. Estas empresas são
24 conhecidas pela produção de diversas linhagens como a Lohamann Brown NA
25 (vermelha) e a Lohamann NA Lite (branca) (Planalto postura), Hy-Line Brown

1 (vermelha), W36 e W80 (brancas) (Hy-Line do Brasil), Lohamann Brown Lite
2 (vermelha) e Lohamann LSL Lite (branca) (Lohamann do Brasil) e Brown Nick
3 (vermelha) e Nick Chick (branca) (H&N avicultura).

4 As poedeiras leves da linhagem Nick Chick são conhecidas por apresentarem o
5 início do pico de postura mais tardio, entre a 32^a a 42^a semanas de idade, com taxa de
6 postura média de 96% totalizando 473 ovos/ave alojada até 100 semanas de idade e com
7 conversão alimentar no período de produção (18 a 100 semanas de idade) de 103 a 108
8 g/dia (Nick Chick, 2022). O peso corporal destes animais no início de postura (19
9 semanas) deve ser de 1.358 kg, próximo ao pico de postura (30 semanas) de 1,597 kg,
10 após este período até 70 semanas 1.690 kg e no fim da vida produtiva (100 semanas) deve
11 ser de 1.725 kg (Nick Chick, 2022).

12 As poedeiras da linhagem Lohamann NA Lite são aves que apresentam alta
13 adaptabilidade a diferentes tipos de sistemas e condições de alojamento, assim como
14 ambiente. São aves de fácil manejo e alta produtividade com taxa de postura de 96% entre
15 a 30^a a 42^a semana de idade com peso médio do ovo de 60 g e produção total de 448 ovos/
16 ave alojada, o consumo de ração variando entre 105 e 107 g/dias e peso corporal médio
17 de 1,450 kg (Lohamann NA Lite, 2022). Já as poedeiras da linhagem Lohamann LSL Lite
18 apresentam taxa de 95% no período do pico que ocorre de 28 a 38 semanas de idade e
19 peso médio de 61 g, com produção total de 445 ovos/ave alojada e viabilidade de 92%,
20 com consumo de ração médio 105 g/dia durante sua vida produtiva (18 a 95 semana de
21 idade) e peso corporal médio de 1.450 kg (Lohamann LSL Lite, 2022).

22 O segundo grupo genético é o Hendrix Genetics, foi iniciado pela família Hendrix
23 em 1923 na Holanda e apenas em 2005 recebeu o nome de Hendrix Genetics. As
24 linhagens que pertencem a este grupo genético são a Babcock Brown e White (Badock),
25 Bovans Bronw, White e Black (Bovans), Dekalb Brown e White (Dekalb), Hisex Bronw
26 e White (Hisex), ISA Brown e White (ISA) e Shaver Brown e White (Shaver).

27 As galinhas poedeiras leves da linhagem Bovans White são descritas como aves
28 com excelente persistência na postura, alto pico de postura, eficiência alimentar e
29 viabilidade. Além de apresentar fácil manejo, adaptabilidade a diferentes sistemas de
30 criação e ovos com maior qualidade, estes animais apresentam viabilidade de 93%, pico
31 de produção de 97% atingido com 30 semanas de idade e com produção total de 484
32 ovos/ave alojada, o consumo de ração média durante sua vida produtiva é de 107 g/dia
33 (Bovans White, 2022).

1 Ao comparar os índices zootécnicos das linhagens Dekalb White (DW) e Bovans
2 Brown (BB) destinadas a produção de ovos. Segundo os manuais das linhagens DW e BB
3 para a produção em gaiolas de 18 a 100 semanas de idade, a produção de ovos total para
4 a DW é de 486 ovos/ave alojada, e para a BB é de 464 ovos/ave alojada. A viabilidade
5 para ambas as linhagens é de 94%, no entanto, o consumo diário de ração é de 108 g/dia
6 para a DW e 114 g/dia para a BB (Dekalb White, 2022; Bovans Brown, 2022).

7 Comparando as linhagens Bovans White (BW) e Dekalb White (DW) alimentadas
8 com dietas contendo 2.719 kcal/kg, Wu *et al.* (2005) observaram que a BW apresentou
9 maior consumo de ração (105,6 g/dia), taxa de postura (85,84 %) e peso vivo 1.620 kg
10 quando comparadas com a DW que apresentou consumo de 103,0 g/dia, taxa de postura
11 de 80,22 % e peso vivo de 1.580 kg. No entanto a conversão alimentar por massa de ovos
12 das aves BW foi inferior (2,02 g/g de ovo) as aves da linhagem DW (2,09 g/g de ovo).

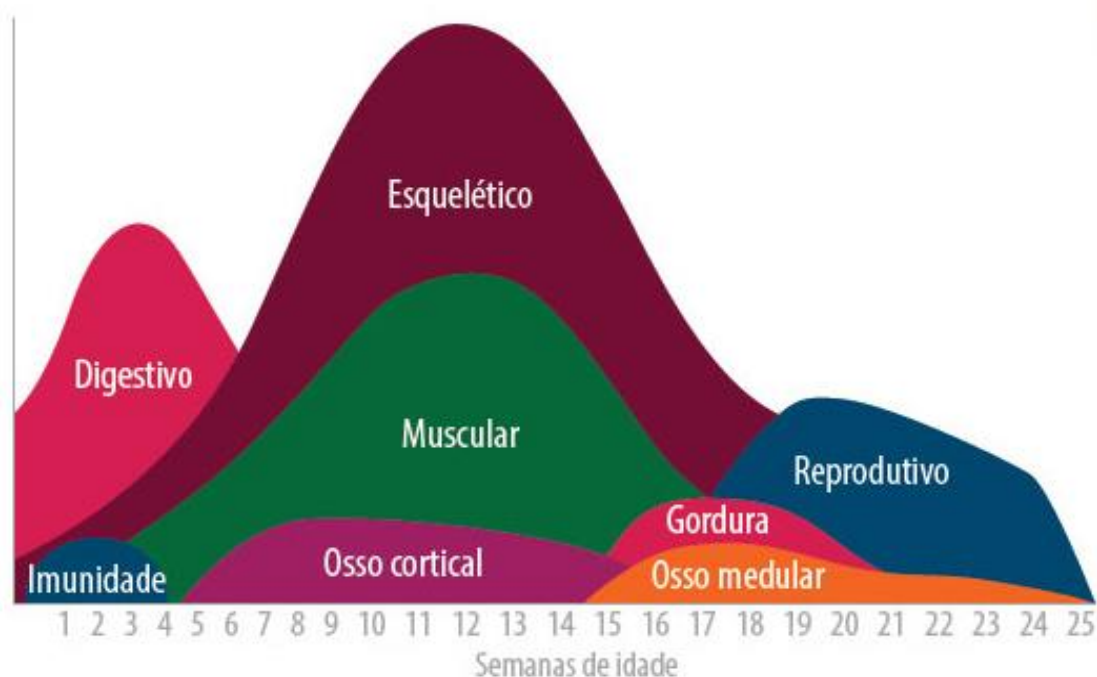
13 Cloet *et al.* (2023) estudando a linhagem Lohmann LSL-Lite criadas em condições
14 de temperatura controlada e alimentadas com uma dieta de 2.940 kcal/kg no período de
15 33 a 42 semanas de idade, observaram que o consumo de ração neste período foi de 101,9
16 g/d, com taxa de postura de 97,8 % e peso médio dos ovos de 59,3 g. Nia *et al.* (2021)
17 observaram que as poedeiras desta mesma linhagem no período de 26 a 38 semanas
18 alimentadas com dietas contendo 2.770 kcal/kg criadas em gaiolas em ambiente
19 controlado, demonstraram que o consumo foi de 103,32 g/dia, com taxa de postura neste
20 período de 95,05% e peso dos ovos de 57,27g.

21 1.4 Crescimento e Desenvolvimento das poedeiras

22 Durante o desenvolvimento fisiológico das poedeiras, as composições centesimais
23 e deposição de gordura, proteína e cinzas apresentam variações durante as diferentes
24 fases. O desenvolvimento dos órgãos, partes do corpo, deposição centesimal, garantem a
25 eficiência no ciclo produtivo dos animais (Marcato 2007).

26 As aves apresentam crescimento sigmoide, ou seja, o crescimento e deposição dos
27 nutrientes é um processo contínuo, cuja taxa de crescimento relativo, em função da idade,
28 aumenta do nascimento até o ponto em que o valor do crescimento e deposição é máximo,
29 apresentando um ponto de inflexão, que é quando este crescimento e deposição começa
30 a diminuir, tendendo a zero (Paz *et al.*, 2004).

1 A categorização das fases de crescimento (cria, recria e postura) das aves
 2 poedeiras é feita baseada nos aspectos fisiológicos. O desenvolvimento dos órgãos vitais,
 3 ocorre da primeira a quinta semana de idade; o desenvolvimento dos ossos, músculos e
 4 penas, da sétima a décima segunda semana de idade; e o desenvolvimento do sistema
 5 reprodutivo inicia-se após a décima segunda semana de idade e estende-se até próximo
 6 ao pico de postura (figura 1) (Ribeiro e Gambaro, 2019).



8 Figura 1 Fases de desenvolvimento dos componentes corporais de poedeiras comerciais. Fonte: Adaptado
 9 de Grieve (2007).

10 O desenvolvimento do tecido ósseo ocorre mais rapidamente do que do tecido
 11 muscular, que por sua vez, é mais rápido do que o tecido adiposo (Gonzales; Sartori,
 12 2002). No entanto, o crescimento dos ossos apresenta variação individual específica, ou
 13 seja, cada tipo de osso cresce de acordo com a taxa de crescimento específica que
 14 geralmente é hereditária (Macari, 1994).

15 Diversos são os fatores que podem interferir nas taxas de deposição de nutrientes
 16 nas aves, porém a dieta e a genética são tidas como fatores principais. A deposição dos
 17 nutrientes no corpo do animal seguirá uma sequência fisiológica: ossos, tecido muscular
 18 e tecido adiposo, que aumentam com a idade da ave até certo ponto, atingindo o ponto de
 19 inflexão. A composição corporal sofre mudanças durante o crescimento, tanto em termos
 20 químicos como físicos, visto que, a taxa de ganho de diferentes componentes não é

1 diretamente proporcional à taxa de crescimento em diferentes pesos. Vale ressaltar que
2 em aves, o conteúdo lipídico no crescimento apresenta mudanças, que podem estar
3 relacionadas com a composição da dieta (Marcato *et al.*, 2010).

4 A deposição de proteína na carcaça das aves é controlada pela genética, apresenta
5 uma deposição máxima por dia, independente da ingestão de proteína na dieta. Já a
6 quantidade de gordura depositada, está diretamente relacionada com a quantidade de
7 energia disponível para depósito na dieta. A deposição de gordura nas carcaças das aves
8 ocorre à medida que as aves envelhecem, sendo mais evidente próxima a maturidade, pela
9 necessidade de reserva energética para a postura de ovos (Gous *et al.*, 1999; Kessler,
10 2000).

11 A quantificação dos componentes corporais que ocorre durante os diferentes
12 estágios do desenvolvimento fisiológico dos animais, não deve ser baseada apenas em
13 função do peso corporal do animal, mais deve ser realizada por meio de relações
14 alometrias entre os componentes corporais sendo eles os lipídios, água e cinzas, e o peso
15 da proteína corporal (Emmans, 1981, Gous, 1990; Martin *et al.*, 1994). Marcato *et al.*
16 (2007) descreveram que a partir do conhecimento do peso da proteína corporal e das
17 relações alometria com os demais componentes é possível estimar os demais constituintes
18 corporais, determinando o peso corporal da ave como (Equação 1)

$$19 \quad \text{Peso Corporal} = \text{proteína} + \text{lipídios} + (\text{penas} \div 0,8) + \text{cinzas} + \text{água}$$

20 (Equação 1)

21 Em cada uma das fases de crescimento e desenvolvimento é observada a mudança
22 na composição corporal pelas alterações fisiológicas. Santos (2008) avaliou e estimou a
23 deposição centesimal dos nutrientes em galinhas poedeiras da linhagem Hy-Line W36 e
24 Brown, no período de 1 dia até 72 semanas de idade, por meio da equação de Gompertz
25 (Fialho, 1999). De acordo com o modelo matemático utilizado as aves Hy-line Brow
26 atingiram a máxima deposição entre a 10^a e a 11^a semanas para proteínas, 15^a a 17^a
27 semanas de idade para gordura, 9^a a 10^a semanas de idade para cinzas, 6^a semana de idade
28 para água. Para as aves Hy-line W36 a maior taxa de deposição ocorreu entre a 9^a a 10^a
29 semanas proteína, 14^a a 15^a semanas de idade para gordura, 8 a 9 semanas de idade para
30 cinzas, 5^a semanas para água. Os autores concluíram que apesar das aves serem das
31 mesmas linhagens (Hy-Line) a deposição de nutrientes ocorre em períodos diferentes para

1 as variedades estudadas, demonstrando que as necessidades fisiológicas dessas
2 variedades genéticas da linhagem Hy-Line são diferentes durante as fases de cria, recria
3 e postura e que devem ser observadas e consideradas no momento da adequação dos
4 programas alimentares.

5 A criação das galinhas poedeiras é composta pelas fases de cria (0 a 6 semanas de
6 idade), recria (7 a 17 semanas de idade) e postura, a partir de 18 semanas de idade. No
7 entanto, os programas alimentares subdividem essas fases de acordo com as necessidades
8 nutricionais, por meio da administração de dietas diferentes. Cada empresa apresenta um
9 protocolo nutricional específico, toda via, independente das denominações e protocolos
10 as exigências nutricionais das aves devem ser respeitadas.

11 Nas Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos (2017) o período de crescimento é
12 dividido em três fases: 0-6 semanas, 6-12 semanas e 12-18 semanas de idade. O período
13 pré-postura tem início na 18^a semana até a postura do primeiro ovo. Em cada uma dessas
14 subdivisões é recomendada uma dieta baseada nas necessidades fisiológicas para o
15 completo desenvolvimento dos animais, uniformidade do lote e produtividade. Como por
16 exemplo, na fase de postura: as aves podem receber uma dieta início de postura (pré-
17 pico), pico, produção 1 (após o pico) e produção 2 (após as 60 semanas de idade).

18 Durante o período de cria e recria é extremamente importante acompanhar e
19 mensurar o peso semanal (cria) e quinzenal (recria), para que se possa observar se o
20 desenvolvimento/crescimento do animal está ocorrendo como o desejado e possa ser
21 calculada a taxa de uniformidade dos lotes. Nestes períodos é desejável que a
22 uniformidade esteja perto de 85% a 90%, para que não haja disputa por alimento,
23 canibalismo ou mau desenvolvimento fisiológico que acarretará baixa produtividade,
24 retardo no pico de postura e dificuldade para a permanência, além de problemas
25 sanitários, desuniformidade no tamanho dos ovos e consecutivamente menor massa de
26 ovo.

27 O controle de peso das aves é um método eficiente, relativamente fácil e de baixo
28 custo para ser realizado, e tem como objetivo avaliar o desenvolvimento corporal, auxiliar
29 nas tomadas de decisões relacionadas a dieta, ao programa de luz e outras práticas de
30 manejo. Ele deve ser feito em 1% a 3% do lote, e os animais que foram submetidos a esta
31 análise devem estar distribuídos aleatoriamente dentro das instalações e serem

1 identificadas. Os manuais das linhagens utilizadas servem como guia para a verificação
2 da eficiência de manejo, nutrição, sanidade, programa de luz, ambiência e sanitário para
3 esta avaliação.

4 As aves poedeiras foram selecionadas com objetivo de consumir menor
5 quantidade de ração e ganhar menor peso a maturidade e, consecutivamente, apresentar
6 menor peso corporal, reduzindo a demanda por nutriente e custos com a alimentação
7 (Carvalho *et al.*, 2020). Silva *et al.* (2015) analisaram as modificações no potencial
8 genético de crescimento de frangos de corte e poedeiras comerciais. Os autores
9 destacaram que as poedeiras comerciais demonstraram redução no peso a maturidade e
10 aumento na taxa do crescimento relativo, fazendo com que as aves sejam mais leves e
11 alcancem a maturidade mais rapidamente (Silva *et al.*, 2015).

12 Para a adequação dos protocolos experimentais, tem-se a necessidade de
13 compreender o consumo alimentar, a determinação das exigências nutricionais para cada
14 fase de criação. Com o estudo das curvas de crescimento e deposição centesimal é
15 possível a adequação nas concentrações dos nutrientes da dieta, atendendo as
16 necessidades fisiológicas, além de reduzir possíveis prejuízos econômicos relacionados
17 ao custo alimentar e produtivos.

18 1.5 Uso das curvas de crescimento

19 As curvas de crescimento são ferramentas capazes de prever e acompanhar
20 mudanças, auxiliando o produtor rural, a indústria avícola e os programas de
21 melhoramento genético a identificarem as necessidades de adequação dos manejos
22 nutricionais, ambientais e sanitárias, garantindo o correto crescimento e desenvolvimento
23 da ave e a alta produtividade.

24 As constantes adequações realizadas pelas indústrias da produção avícola em
25 busca do aumento na produção e eficiência alimentar, estimula o desenvolvimento de
26 diversos estudos relacionados a genética, nutrição e manejo. Devido a estas constantes
27 mudanças, é sabido que o crescimento das linhagens, o desenvolvimento da carcaça,
28 deposição de nutrientes e produção sofreram alterações, tornando necessário o
29 desenvolvimento de pesquisas que auxiliem a compreender estas mudanças.

1 A curva de crescimento é diretamente influenciada pelas condições genéticas e
2 ambientais. Uma maneira de identificar estas influências é por meio do controle do peso
3 dos animais e da utilização dos modelos matemáticos não lineares, relacionando o peso
4 com a idade e a maturidade, possibilitando a caracterização das diferentes fases de
5 crescimento (Galeano-Vasco e Cerón-Muñoz, 2013). Com a aplicação das curvas de
6 crescimento é possível compreender como ocorre o crescimento nas diferentes fases e,
7 auxiliar nas recomendações nutricionais para o desenvolvimento de programas
8 alimentares adequados (Neme *et al.*, 2006). Pesquisas que descrevem o crescimento
9 viabilizam a adequação dos manejos para que ocorra a expressão de toda a eficiência
10 genética dos animais (Finco *et al.*, 2016).

11 Além disto, as curvas de crescimento auxiliam na identificação e interpretação das
12 possíveis interferências de fenômenos relacionados ao animal ou ao ambiente com o sexo,
13 a linhagem, a densidade de alojamento, o programa de luz, ambiência, manejos sanitários
14 e alimentares, entre outros, que possam influenciar o peso a maturidade, composição e
15 taxa de deposição dos nutrientes corporais. A aplicação das curvas de crescimento e
16 produção auxilia no desenvolvimento e adoção de estratégias de manejos que viabilizam
17 melhores desempenhos relacionados a eficiência produtiva e alimentar (Marcato *et al.*,
18 2010).

19 Os modelos clássicos de regressão, conhecidos como modelos normais ou
20 modelos lineares, são amplamente utilizados na análise estatística de dados. No entanto,
21 em alguns casos como na avaliação e acompanhamento do desenvolvimento da curva de
22 crescimento dos animais e vegetais, estes tipos de análises de dados não são satisfatórios.
23 Diante disso, os desenvolvimentos de novas técnicas estatísticas como os modelos
24 matemáticos não lineares foram elaborados visando a adequação dos parâmetros (Mattos,
25 2013).

26 Os modelos matemáticos não lineares são utilizados como ferramentas para
27 descrever o desenvolvimento, o crescimento da carcaça e das partes dos animais. São
28 diversos os modelos matemáticos não lineares que vêm sendo empregados em estudos de
29 curvas de crescimento de galinhas poedeiras, dentre eles o Gompertz, Gompertz
30 parametrizado por Fialho (1999), Logístico, Brody, Von Bertalanffy, Richards. De modo
31 geral, os modelos não lineares relacionam o peso com a idade, formando a curva de

1 crescimento e possibilitando a previsão mais precisa do crescimento dos animais (Finco
2 *et al.*, 2016).

3 Algumas equações de predição utilizadas para estimar a curva de crescimento por
4 meio dos modelos matemáticos não lineares citados acima, são observadas na tabela 2.

5 Tabela 2 Equações de modelos não lineares

| Modelo | Equação |
|--------------------------------------|--|
| Brody (1945) | $y = \beta_1(1-\beta_2\exp(-\beta_3t))$ |
| Gompertz (1825) | $y = \beta_1\exp(-\beta_2\exp(-\beta_3t))$ |
| Gompertz (<i>Apud</i> Fialho, 1999) | $y = \beta_1\exp(-\exp(-\beta_2(t- \beta_3)))$ |
| Logístico (Verhulst, 1838) | $y = \beta_1/(1+\beta_2\exp(-\beta_3t))$ |
| Von Bertalanffy (1957) | $y = \beta_1(1-\beta_2\exp(-\beta_3t))^3$ |
| Richards (1959) | $y = \beta_1(1- \beta_2\exp(-\beta_3t))^m$ |

6 Fonte: Autora (2023).

7 De acordo com Silva *et al.* (2001), estes modelos não lineares apresentam dois
8 parâmetros interpretáveis biologicamente e um outro que se identifica como uma
9 constante matemática. O parâmetro “ β_1 ”, definido como peso assintótico à maturidade
10 (g); β_2 = grau de maturidade desde o nascimento; β_3 = mede a variação na velocidade do
11 crescimento e está associado à taxa de maturidade; t = tempo (dias); especificamente o
12 modelo Gompertz parametrizado por Fialho (1999), β_2 representa o crescimento relativo
13 no ponto de inflexão (g /dia por g) e β_3 a idade no ponto de inflexão (dias).

14 Entretanto, dependendo do banco de dados coletados, outros modelos
15 matemáticos não lineares podem demonstrar melhor ajuste. Para isto, alguns autores
16 definiram os fatores que devem ser observados no momento da escolha da curva de
17 crescimento que melhor se ajuste, a capacidade de interpretação biológica dos
18 parâmetros; a verificação da qualidade do ajuste e o grau de dificuldade computacional
19 que o modelo apresenta. A qualidade do ajuste pode ser observada por diferentes
20 ferramentas como a resposta do coeficiente de determinação (r^2), do critério desvio-
21 informação (DIC), entre outros (Finco *et al.*, 2016).

1 A equação de Gompertz possui propriedades desejadas, a função admite que a
2 massa corporal inicial é maior que zero. Segundo Fialho (1999), a taxa de crescimento é
3 máxima no ponto de inflexão e as características desta curva, permeiam este ponto. O
4 modelo de Brody (1945) não apresenta ponto de inflexão, mas as curvas apresentam duas
5 formas, inicialmente é exponencial e posteriormente decrescente. Tholon e Queiroz
6 (2007), descreveram que o máximo crescimento pode ser observado quando os dois
7 seguimentos da curva juntam-se e atingem um terço do peso à maturidade.

8 Logístico é o modelo utilizado para descrever dados que apresentem curvas
9 sigmoide, com ponto de inflexão fixo entre 41 e 44% do peso a maturidade (Borges, 2008;
10 Santos 2008). A equação descrita por Von Bertalanffy (1957), tem como princípio que a
11 taxa de crescimento diminui à medida que o animal aumenta de tamanho. O ponto de
12 inflexão deste modelo, geralmente, encontra-se a, aproximadamente, 30% do peso a
13 maturidade (Tholon e Queiroz, 2007).

14 Na produção de ovos, o peso corporal e a condição corporal apropriadas durante
15 o desenvolvimento, crescimento e produção são necessários para que obtenha a
16 excelência produtiva. Diferentemente do objetivo da produção de carne, na produção de
17 ovos, as linhagens vêm sendo desenvolvidas e melhoradas buscando alta produtividade,
18 maior ciclo produtivo, eficiência alimentar e menor peso corporal. No entanto, os animais
19 devem apresentar quantidade suficiente de massa para suportar o metabolismo do cálcio
20 e de outros minerais, e o desenvolvimento adequado do trato reprodutivo (Bain *et al.*,
21 2016).

22 O peso assintótico à maturidade ou peso a maturidade (β_1) representa o peso no
23 qual o crescimento de massa muscular praticamente cessa, ou seja, a partir deste ponto, o
24 crescimento significativo será somente pelo acúmulo de reservas energéticas (Barbosa *et*
25 *al.*, 2002). Ao utilizar a equação de Gompertz e Gompertz (1999), para estimar o peso a
26 maturidade (β_1) para as linhagens, geralmente denominado de peso adulto, este valor
27 apresenta-se próximo aos dados recomendados pelos manuais das linhagens para o pico
28 de postura, indicando que esta equação apresenta melhor ajuste para galinhas poedeiras
29 (Neme *et al.*, 2006; Klein *et al.*, 2020).

30 Fato interessante que se deve ressaltar, é que o pleno desenvolvimento do sistema
31 reprodutivo das aves de postura ocorre no pico de postura e não no início da postura, ou

1 seja, o desenvolvimento completo do sistema reprodutivo do animal ocorre no pico de
2 postura que consecutivamente é quando seu aparelho reprodutivo está totalmente
3 desenvolvido (Finco, 2015) indicando que o peso a maturidade e produção de ovos estão
4 geneticamente correlacionadas (Dana *et al.*, 2011).

5 A estimativa do β_1 é descrita como essencial para auxiliar na avaliação e projetar
6 a eficiência do lote durante todas as fases da vida das poedeiras. Por meio deste parâmetro
7 é possível identificar se os animais apresentam atraso no ganho de peso ou excesso, que
8 podem influenciar o início da maturidade sexual e o menor período de produção (Kirikçi
9 *et al.*, 2007). Ao avaliar este parâmetro é possível estimar o tamanho do ovo, visto que,
10 aves que apresentam maior peso à maturidade tendem a ter ovos maiores e melhor
11 aproveitamento de carcaça no final do ciclo produtivo (Carvalho *et al.*, 2020).

12 Objetivando comparar os parâmetros das equações e os diferentes modelos
13 matemáticos não lineares o β_2 é utilizado para indicar qual linhagem apresentou o menor
14 tempo para atingir o peso adulto, ou seja, aquela que demonstra maior velocidade de
15 crescimento. Desta forma, pode-se interpretar que quanto maior o valor deste parâmetro,
16 menor será o peso a maturidade maior a precocidade.

17 Ao estimar a curva de crescimento de duas linhagens poedeiras semipesadas, a
18 linhagem GLK e GLZ (Galinhas Bankiva) no período de cria e recria (1 a 17 semanas de
19 idade), Silva (2019) descreve que o modelo que melhor se ajustou foi o Logístico. Ao
20 comparar os parâmetros relacionados ao grau de maturidade, a linhagem GLZ apresentou
21 menor β_2 (18,96) quando comparada com a GLK (21,00) demonstrando menor precocidade
22 para atingir o peso a maturidade.

23 Galeano-Vasco *et al.* (2014) compararam a capacidade dos modelos de Von
24 Bertalanffy, Richards, Gompertz, Brody e Logístico de estimar a curva de crescimento de
25 galinhas poedeiras da linhagem Lohmann Lite de 20 dias a 553 dias de idade. Os modelos
26 de Gompertz, Richards e Von Bertalanffy adequaram-se a estimativa da curva de
27 crescimento de poedeiras leves, indicando que os modelos têm bom ajuste e alta
28 capacidade de prever o ganho de peso durante a criação, crescimento e postura. No
29 entanto, o modelo de Richards foi o que melhor se adequou, mas, por causa da menor
30 complexibilidade do modelo de Gompertz, os autores recomendaram esse modelo para
31 ser utilizado.

1 Maia *et al.* (2023) tiveram como objetivo estimar a curva de crescimento de
2 poedeiras leves da linhagem Bovans White no período de 1 dia a 78 semanas de idade,
3 por meio da equação de Gompertz (1999). Os autores observaram que o modelo
4 matemático não linear foi eficiente para estimar a curva de crescimento, pois os valores
5 estimados para o β_1 1.589,16, foi atingido ente a 40^a e a 44^a semana de idade. No entanto,
6 este peso deveria ter sido atingido no pico de postura, já que, segundo o manual da
7 Linhagem Bovans White (2022), deveria ter ocorrido na 28 semana de idade. O β_2 0,0239
8 e o ponto de inflexão (β_3) ocorreu no 56 dia, ou seja, na 8^a semana de idade, dados estes
9 que estão de acordo com os recomendados pelo manual da linhagem.

10 Os modelos matemáticos não lineares também podem ser utilizados para prever
11 e ajustar a produção de ovos, possibilitando a comparação da produção de ovos entre
12 linhagens. Savegnago *et al.* (2012) pesquisaram o ajuste da taxa de produção semanal de
13 ovos de uma linhagem selecionada e não selecionada de uma população de galinhas
14 Leghorn White. Os modelos não lineares estudados foram o Logístico, Compartimento I,
15 Modelo McNally, Compartimento II, Yang, Polinomial Segmentado e Persistência. O
16 critério para avaliar a qualidade do ajuste foi o r^2 , indicando que o modelo Logístico foi
17 o que melhor ajustou as curvas de produção de ovos para ambas as aves, com o r^2 de 0,899
18 e 0,847 para linhagem selecionada e não selecionada respectivamente.

19 Com a estimativa das curvas de crescimentos na avicultura de corte e postura é
20 possível prever as exigências nutricionais, a melhor idade de abate, os índices de
21 eficiência de produção, o peso a maturidade, a idade de pico de postura, o consumo
22 alimentar e o ganho de peso das aves. Segundo Grieser (2012), uma das principais
23 vantagens em determinar a curva de crescimento dos animais por meio dos modelos
24 matemáticos não lineares, é estimar o peso vivo em determinada idade de uma população,
25 por meio da mensuração de poucos parâmetros, como peso e idade. De fato, os modelos
26 não lineares matemáticos relacionam estas duas variáveis para a determinação da curva
27 de crescimento (Finco *et al.*, 2016), e proporcionam ao produtor, indústria avícola e
28 indústria de programas de melhoramento genético condições precisas sobre o manejo que
29 deve ser adotado em determinada fase.

1 1.6 Curva de produção de ovos

2 A principal característica considerada nos programas de melhoramento genético
3 e seleção das aves destinadas a postura é a produção de ovos. A produção de ovos é
4 influenciada por diferentes genes e fatores ambientais. A redução na idade para atingir a
5 maturidade sexual, o aumento na taxa de postura e maior persistência de postura e pico
6 de postura, influenciam o número de ovos produzidos (Backer, 2013).

7 A mensuração da eficiência produtiva das aves pode ser realizada por meio de
8 número de ovos produzidos em unidade ou pela taxa de postura, descrita em porcentagem.
9 No entanto, a curva de produção pode ser feita por meio de outros métodos mais precisos
10 como os métodos estatísticos, que são capazes de prever e estimar estas curvas. E, para
11 isto, pode-se utilizar de técnicas estatística, como os modelos matemáticos não lineares,
12 modelos mistos e entre outras ferramentas (Rossi, 2008; Ahamad, 2011; Becker, 2013;
13 Shibak *et al.*, 2023).

14 Os modelos não lineares de Gompertz (1999), Richards (1959), assim como os
15 modelos de Wood (1967), McNally (1971), Yang (1989), Nelder (1961) e Lokhorst
16 (1996) são descritos na literatura como modelos capazes de se ajustar e prever a curva
17 de produção de ovos (Rossi, 2008; Ahamad, 2011; Becker, 2013; Shibak *et al.*, 2023).
18 Haja vista que, os dados coletados visando esta análise apresentam comportamento
19 longitudinal, ou seja, observações de um mesmo indivíduo ao longo do tempo. Além de
20 que, esta característica é diretamente relacionada a herdabilidade genética, assim, os
21 modelos matemáticos não lineares que apresentam a capacidade de interpretação
22 biológica dos parâmetros longitudinais apresentam melhores ajustes.

23 O modelo descrito por Wood (1967) foi inicialmente utilizada para descrever a
24 curva de lactação de bovinos leiteiros. No entanto, ele vem sendo empregado em estudos
25 da determinação da curva de produção de ovos (Rossi, 2008, Shibak *et al.*, 2023). A
26 função é descrita como (Equação 2):

$$27 \quad Y(t) = at^b e^{-ct}, \quad (\text{Equação 2})$$

28 em que: Y(t) é considerado como a produção de ovos no tempo t, e é a base dos
29 logaritmos naturais, e a, b e c são parâmetros correspondentes a taxa de produção inicial,

1 a inclinação da fase crescente e a inclinação da fase decrescente da curva de produção,
2 respectivamente.

3 1.7 Critério para avaliação da qualidade de ajustes dos modelos não lineares

4 A qualidade do ajuste dos modelos não lineares aos dados pode ser mensurada por
5 meio da utilização de critérios estatísticos como: R^2 , desvio padrão, Critério Desvio-
6 Informação (DIC), entre outros. No entanto, ao utilizar ferramentas estatísticas complexas
7 como a inferência Baysiana, os diversos autores recomendam a utilização do critério DIC
8 (Amaral, 2008; Rossi, 2011; Finco, 2015).

9 O DIC é descrito como o critério que mede a qualidade do ajuste do modelo aos
10 dados, além de mensurar a complexidade do modelo (Rossi, 2011). Geralmente, este
11 critério é adotado quando a amostra da distribuição dos parâmetros é obtida por meio de
12 simulações, como por exemplo a utilização da inferência Bayesiana. Os modelos
13 classificados como melhores são aqueles que obtêm menor valor para DIC, inclusive
14 valores negativos (Amaral, 2008).

15 1.8 Inferência bayesiana

16 Por meio da coleta de dados de uma determinada hipótese é desejado fazer
17 deduções sobre uma ou mais características desconhecidas dos mecanismos que dão
18 origem aos dados. No entanto, estas adversidades podem ser amenizadas utilizando a
19 inferência, podendo ser a inferência clássica ou frequentista ou a inferência Bayesianas.

20 A inferência clássica ou frequentista baseia-se no princípio da repetitividade. Ou
21 seja, após a determinação do modelo estatístico a ser utilizado para os parâmetros
22 observados, e considerada a variabilidade que será observada, caso o teste e hipótese
23 sejam repetidos nas mesmas condições diversas vezes. No entanto, a aplicação desta
24 abordagem estatística algumas diferenças e ou variações entre os parâmetros observados
25 podem não ser detectadas, subestimando ou superestimando a hipótese (Santos *et al.*,
26 2021).

27 A inferência bayesiana consiste em combinar todas as informações observadas e
28 as subjetivas disponíveis referente a um problema. Ela apresenta maior sensibilidade para
29 indicar diferenças entre as hipóteses testadas (Rossi e Gasparini, 2012). Isto ocorre, pois
30 esta modelagem considera os números observados e as informações não observadas, mas

1 que podem apresentar interferência direta ou indireta sobre os valores coletados. Devido
2 a esta característica a inferência bayesiana tem sido cada vez mais utilizada na produção
3 animal.

4 A utilização de modelos matemáticos não lineares indica um comportamento
5 específico dos dados. Para que possa modelar a curva de crescimento, deve-se considerar
6 que os dados obtidos ao longo do período da observação podem apresentar auto
7 correlação residual. Pereira *et al.* (2022) e Muniz *et al.* (2017), sugerem que essas
8 características nem sempre são incorporadas a modelagem podendo comprometer os
9 resultados e inferências, sobretudo quando utilizado a inferência frequentista.

10 Portanto o uso das estratégias como a abordagem bayesiana para estimar e obter
11 os modelos matemáticos vem sendo empregada. Ela evita a inferência assintóticas e
12 permite o uso das informações prévias sobre os parâmetros de interesse, ou seja, a
13 incorporação de conhecimento *a priori* por meio de uma probabilidade *a priori* da
14 distribuição informativa, que pode tornar estimativas *a posteriori* mais constantes com a
15 realidade da variável de interesse (Rossi *et al.*, 2017).

16 Finco *et al.* (2016) utilizaram inferência Bayesiana para estimar os parâmetros das
17 equações de Gompertz, Brody, Logística e Von Bertalanffy, visando avaliar o perfil do
18 crescimento corporal e crescimento dos constituintes corporais. E, determinaram o
19 modelo que melhor ajustou aos dados de codornas em postura. Os autores afirmam que
20 os modelos de Von Bertalanffy e Brody obtidos por inferência bayesiana foram os que
21 melhores ajustaram-se aos dados de peso vivo, já para o crescimento de alguns
22 constituintes corporais o modelo Von Bertalanffy apresentou melhor ajuste e
23 versatilidade.

24 1.9 Considerações finais

25 Com o estudo da curva de crescimento é possível determinar as exigências
26 nutricionais de cada fase do crescimento e do desenvolvimento fisiológico, de acordo
27 com o crescimento que os animais apresentam. Além de avaliar e determinar a linhagem
28 a ser utilizada na propriedade, as aves que serão utilizadas para a reprodução permitindo
29 a análise detalhada dos índices zootécnicos, principalmente, ao que se refere ao aumento
30 na produção de ovos e eficiência alimentar e, consecutivamente, reduzindo os custos de
31 produção. No entanto, para estimar e escolher a curva de crescimento a ser utilizada há

1 necessidade de considerar a qualidade dos ajustes do modelo aos dados por meio de
2 critérios estatísticos, tipo de análise estatística, a facilidades computacional, assim como
3 a interpretação dos parâmetros equação.

4 1.10 Referências

- 5 _____ . Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual, 2022. Disponível
6 em: <https://abpa-br.org/abpa-relatorio-anual/>. Acesso: ago. 03, 2023.
- 7 _____ . Manual da linhagem Bovans White, 2022. Disponível em:
8 [https://www.bovans.com/pt-br/bovans-white-and-bovans-brown-layers-pt-br/bovans-](https://www.bovans.com/pt-br/bovans-white-and-bovans-brown-layers-pt-br/bovans-white-pt-br/)
9 [white-pt-br/](https://www.bovans.com/pt-br/bovans-white-and-bovans-brown-layers-pt-br/bovans-white-pt-br/) Acesso em: ago.03, 2023.
- 10 _____ . Manual da linhagem Lohamann LSL Lite, 2022. Disponível em:
11 [https://lohmann-breeders.com/media/2020/08/LOHMANN_MG_LSL-](https://lohmann-breeders.com/media/2020/08/LOHMANN_MG_LSL-Lite_Portuguese.pdf)
12 [Lite_Portuguese.pdf](https://lohmann-breeders.com/media/2020/08/LOHMANN_MG_LSL-Lite_Portuguese.pdf) Acesso: ago. 03, 2023.
- 13 _____ . Manual da linhagem Lohamann NA Lite, 2022. Disponível em:
14 <https://www.planaltopostura.com.br/funcionamento> Acessado em 03 de ago. de 2023.
- 15 _____ . Manual da linhagem Nick Chick, 2022. Disponível em: [https://hn-](https://hn-int.com/wp-content/uploads/2020/10/nick-chick-pt-compressed.pdf)
16 [int.com/wp-content/uploads/2020/10/nick-chick-pt-compressed.pdf](https://hn-int.com/wp-content/uploads/2020/10/nick-chick-pt-compressed.pdf) . Acesso: ago. 03,
17 2023.
- 18 AHMAD, HA. Egg production forecasting: Determining eficiente modeling approaches.
19 Poultry Science, v.20, p.463-473, 2011. Disponível em: 10.3382/japr.2010-00266..
20 Acesso em: jul. 25, 2023.
- 21 ALBINO, LFT; CARVALHO, BR; MAIA, RC; BARROS, VRSM. Galinhas poedeiras:
22 criação e alimentação. 2017. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 376p.
- 23 AMARAL, M.T.R. Abordagem bayesiana para curva de crescimento com restrições nos
24 parâmetros.2008. 111f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de
25 Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.
- 26 ARASHIRO, O. A história da avicultura do Brasil. São Paulo: Ed. Gessulli, 1989.
- 27 BAIN, MM et al.. Increasing persistency in lat and stabilising egg quality in longer laying
28 cycles. What are the Challenges?, British Poultry Science, v.57, n.3, p. 330-338, 2016.
29 Disponível em: 10.1080/00071668.2016.1161727. Acesso: ago. 06, 2023.
- 30 BARBOSA, PF et al. Peso a maturidade, taxa de desenvolvimento e eficiência produtiva
31 em fêmeas da raça Canchim. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia,

- 1 v.54, n.5, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352002000500009>.
2 Acesso: ago. 06, 2023.
- 3 BECKER, FP. Produção de ovos de poedeiras da raça Plymouth Rock Barrada, Plymouth
4 Rock Branca e Rhode Island Red. 2013. 118f. Tese (doutorado) - Universidade Federal
5 de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,
6 Santa Maria- RS.
- 7 BEILHARZ, RG et al. Quantitative genetics and Evolution: is our understanding of
8 genetics suficiente to explain Evolution. *Journal Anim. Breed. Genet*, v. 110, n. 3, p. 161-
9 170, 1993. Disponível em: [10.1111/j.1439-0388.1993.tb00728.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1993.tb00728.x). Acesso: ago. 03, 2023.
- 10 BERTALANFFY, L. Von. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*,
11 v.10, p.181-213, 1938.
- 12 BEULHARZ, RG.; NITTER, G. The missing E: the role of the environment in Evolution
13 and animal breeding. *Journal Animal Breed. Genetc*, v.115, p. 439-453, 1998. Disponível
14 em: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1998.tb00366.x> Acesso: ago. 04, 2023.
- 15 BORGES, A.I.C. Interface “comparação de curvas de crescimento”: aplicação
16 matemática para o auxílio na comparação de curvas de crescimento de população de
17 peixes. 2008. 122f. Dissertação. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto,
18 Portugal, 2008.
- 19 BRODY, S. Bioenergetics and growth. Reinhold Publishing Corp. v. 4, p. 116-117, 1945.
- 20 CARVALHO, LC. et al. Genetic growth potencial characterization in the Japanese quail:
21 a meta-analysis, *Animal*, v.14, n.2, p. s341-s347, 2020. Disponível em:
22 <https://doi.org/10.1017/S1751731120001202>. Acesso: ago. 25, 2023.
- 23 CLOET, CAD. et al. Egg production, egg quality, organ weight, bone ash, and plasma
24 metabolites in 30-week-old Lohomann LSL lite hens fed corn and soybean meal-based
25 diets supplemented with enzymatically treated yeast. *Poultry Science* v.102, n.4,
26 p.102527, 2023. Disponível em: [10.1016/j.psj.2023.102527](https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102527). Acesso: ago. 26, 2023.
- 27 COSTA, S. A saga da avicultura brasileira: como o Brasil se tornou o maior exportador
28 mundial de carne de frango. São Paulo: UBABEF, 2011.

- 1 DANA, N. et al. Genetic and phenotypic parameter estimates for bode weights and egg
2 production in Horro Chicken of Ethiopia. *Tropical Animal Health and Production*, v.43,
3 p. 21-28, 2011. Disponível em: [10.1007/s11250-010-9649-4](https://doi.org/10.1007/s11250-010-9649-4). Acesso: ago. 27, 2023.
- 4 DUDDE, A. et al. More eggs but less social and more fearful? Differences in behavioral
5 traits in relation to the phylogenetic background and productivity level in laying hens.
6 *Applied Animal Behaviour Science*, v.209, p.65-70, 2018. Disponível em:
7 [10.1016/j.applanim.2018.08.017](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.08.017). Acesso: ago. 23, 2013.
- 8 EMMANS, G.C. A model of the growth and feed intake of *ad libitum* fed animals,
9 particularly poultry. In: HILLEYER, G.M.; WHITTEMORE, C.T.; GUNN, R.G.
10 *Computers in animal production*. British Society of Animal Production, occasional
11 publication, 5 ed., 1981, p. 103-110.
- 12 FIALHO, F.B. Interpretação da curva de crescimento de Gompertz. Embrapa – CNPSA,
13 Concórdia Santa Catarina, Brasil, v. 237, p. 1-4. 1999. Disponível em:
14 <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/43717>> Acesado em: Jun 22,
15 2023.
- 16 FIGUEIRERO, E.A.P. Melhoramento genético e linhagens de poedeiras comerciais. In:
17 FARIA, D.E.; FARIA-FILHO, D.E.; MAZALLI, M.R.; MACARI, M. *Produção de*
18 *Poedeiras*. Campinas, FACTA, 2019. 30-57p.
- 19 FINCO, EM. et al. Adjustment of four growth models through Bayesian inference on
20 weight and body nutriente depositions in laying quail. *Revista Brasileira de Zootecnia*,
21 v.45, n.12, p. 737-744, 2016. Disponível em: [https://doi.org/10.1590/S1806-](https://doi.org/10.1590/S1806-92902016001200002)
22 [92902016001200002](https://doi.org/10.1590/S1806-92902016001200002). Acesso: jun. 02, 2023.
- 23 FINCO, EM. Modelos de curvas de crescimento de 1 a 119 dias de codornas de postura
24 Vicami 2014. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia,
25 Universidade Estadual de Maringá.
- 26 GALEANO-VASCO, L.; CERÓN-MUÑOZ, MF. Modelación del crecimiento de pollitas
27 mediante el uso de redes neuronales. *Revista MVZ de Córdoba*, v. 18, p.3861-3867, 2013.
28 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014001100003>. Acesao: jun. 23,
29 2023

- 1 GOMPERTZ, B. On the nature of the function expressive of the law of human mortality,
2 and on a new mode of determining the value of life contingencies. Philosophical
3 Transactions of the Royal Society of London, v.115, p. 513-585, 1825. Disponível em:
4 <https://www.jstor.org/stable/107756> Acesso: jun. 20, 2023.
- 5 GONZALES, E.; SARTORI, J.S. Crescimento e metabolismo muscular. Fisiologia
6 aviária aplicada a frangos de corte. Jaboticabal. FUNEP/UNESP, 2002, p. 279-298.
- 7 GOOR, AV. et al. Microbiome and biological blood marker changes in hens at different
8 laying stages in conventional and cage free housings. *pOULTRY sCIENCE*, v. 99, p.
9 2363-2374, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.01.011>. Acesso em:
10 [jun.30, 2013](https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.01.011).
- 11 GOUS, RM. et al. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth,
12 the Chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. *Poultry*
13 *Science*, v.78, p. 812-821, 1999. Disponível em: 10.1093/ps/78.6.812. Acesso: jun. 14,
14 2023.
- 15 GRIESER, D.O. Estudo do crescimento e composição corporal de linhagens de codornas
16 de corte e postura. 2012. 87f. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Maringá.
17 – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá.
- 18 IVEY, F.J. Desenvolvimento e aplicação de modelos de crescimento para frangos de
19 corte. In: I Simpósio Internacional ACAV-Embrapa Suínos e Aves, 1999, Concórdia,
20 Anais..., p.22-35.1999.
- 21 KESSLER, AM. et al. Manipulação da quantidade de gordura na carcaça de frangos. In:
22 CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. 2000,
23 Campinas. Anais...Campinas: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia, 2000. p.107-
24 133
- 25 KILGOUR, R; DALTON, C. *Livestock behaviour a practical guide*. London: Granada
26 Publishing, 1984. 320 p.
- 27 KIRIKÇI, K. et al. Effect of hen weight on egg production and some egg quality
28 characteristics in partridge (*Alectoris graeca*). *Poultry Science* v.86, p.1380-1383, 2007.
29 Disponível em: 10.1093/ps/86.7.1380. Acesso: jun. 12, 2023.

- 1 KLEIN, SVD. et al. Multiphasic nonlinear mixed growth models for laying hens. Poultry
2 Science, v.99, n.11, p. 5615-5624, 2020. Disponível em: 10.1016/j.psj.2020.08.054.
3 Acesso: jun. 12, 2023
- 4 LOKHORST, C. Mathematical curves for the description of input and output variables of
5 the daily production process in aviary housing systems for laying hens. Poultry Science,
6 v. 75, p. 838-848, 1996. Disponível em: 10.3382/ps.0750838. Acesso: jun. 15, 2023.
- 7 MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos*
8 *de corte. Jaboticabal*: FUNEP/UNESP, 1994, p. 246.
- 9 MAIA, K.M. et al. Curva de crescimento de poedeiras leves da linhagem Bovans White
10 criadas em gaiolas. In: XX Congresso APA- Produção e Comercialização de Ovos,
11 Ribeirão Preto. Anais APA, 2023.
- 12 MARCATO, S. M. et al. Crescimento e deposição de nutrientes nos órgãos de frangos de
13 corte de duas linhagens comerciais. Revista Brasileira de Zootecnia / Brazilian Journal of
14 Animal Science, v. 39, p. 1082-1091, 2010. Disponível em:
15 <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000300030> >. Acessado em: Jun 21, 2023.
- 16 MARCATO, S.M. Características do crescimento corporal, dos órgãos e tecidos de duas
17 linhagens comerciais de frangos de corte. 2007. 183p. Tese (Doutorado) – Universidade
18 Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal.
- 19 MARTIN, PA et al. A fornax method of determining the amino acid requirements of
20 laying-type pulleys during their growing period. British Poultry Science, v. 35, p. 709-
21 724, 1994. Disponível em: 10.1080/00071669408417737. Acesso: jun. 16, 2023.
- 22 MATTOS, T.B.; Modelos não lineares e suas aplicações. Monografia – Universidade
23 Federal de Juiz de Fora, 2013. 58p.
- 24 McNALLY, D.H. Mathematical model for poultry egg production. Biometrics, v.27,
25 p.735-738, 1971.
- 26 NELDER, J.A. The fitting of a generalization of the logistic curve. Biometrics, v. 17, p.89-
27 110, 1961.
- 28 NEME, R. et al. Curvas de crescimento e de deposição dos componentes corporais em
29 aves de postura de diferentes linhagens. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.3, p.

- 1 1091-1100, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000400021> .
2 Acesso: mai. 30, 2023.
- 3 NIA, EA. et al. Effects of dietary Spirulina Platensis alga powder on performance, egg
4 quality, ovarian follicles and immune system in Lohmann LSL laying hens. Iranian Journal
5 of Animal Science, v.51, n.4, p.349-359, 2021. Disponível em:
6 [https://www.magiran.com/paper/2259498/effects-of-dietary-spirulina-platensis-algae-](https://www.magiran.com/paper/2259498/effects-of-dietary-spirulina-platensis-algae-powder-on-performance-egg-quality-ovarian-follicles-and-immune-system-in-lohmann-lsl-laying-hens?lang=en)
7 [powder-on-performance-egg-quality-ovarian-follicles-and-immune-system-in-lohmann-](https://www.magiran.com/paper/2259498/effects-of-dietary-spirulina-platensis-algae-powder-on-performance-egg-quality-ovarian-follicles-and-immune-system-in-lohmann-lsl-laying-hens?lang=en)
8 [lsl-laying-hens?lang=en](https://www.magiran.com/paper/2259498/effects-of-dietary-spirulina-platensis-algae-powder-on-performance-egg-quality-ovarian-follicles-and-immune-system-in-lohmann-lsl-laying-hens?lang=en). Acesso: jun. 28, 2023.
- 9 PAZ CCP. et al. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, p. 1416-1425, 2004.
- 10 RIBEIRO, PAP, GAMBARO, DV. Manejo nas fases de cria e recria. In: FARIA, D.E.;
11 FILHO, DEF; MAZALLI, MR; MACARI, M. *Produção e processamento de ovos de*
12 *poedeiras comerciais*. Campinas: FACTA, 1ed. 2019, p. 85-98.
- 13 ROSSI, R. M. *Introdução aos métodos Bayesianos na análise de dados zootécnicos com*
14 *uso do Win BUGS e R*. Maringá: Eduem, 2011. 191 p.
- 15 ROSSI, RM. Aspectos genéticos de curvas de probabilidade de postura em codornas.
16 2008. 118f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências
17 Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Maringá- PR.
- 18 ROSSI, RM. et al. Growth curves in meat-type and laying quail: a Bayesian perspective.
19 *Semina*, v.38, n.4, p. 2743-2754, 2017. Disponível em: [10.5433/1679-](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4Supl1p2743)
20 [0359.2017v38n4Supl1p2743](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4Supl1p2743). Acessado em: Jun. 25, 2023.
- 21 ROSSI, RM.; GASPARINI, DCS. O uso de procedimentos estatísticos para comparação
22 da produção de ovos considerando diferentes tratamentos e linhagens de codornas.
23 *Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, n. 1, p. 17-26, 2012. Disponível em:
24 <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/download/9843/10352/45262>
25 Acesso: jun. 26, 2023.
- 26 ROSTAGNO, HS. et al. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: comparação de
27 alimentos e exigências nutricionais. 4ª ed. Viçosa MG: UFV, departamento de
28 Zootecnia.2017.

- 1 SALES, MNG. Criação de galinhas em sistemas agroecológicos. Vitória, ES: Incaper,
2 2005. 284p. Disponível em: <http://www.ifcursos.com.br/sistema/admin/arquivos/15-17-36-criaca0degalinhasemsistemasagr0ec0l0gic0s.pdf>. Acessado em: 19 de julho de 2022.
- 4 SANTOS, AL. Desempenho, crescimento, qualidade do ovo, composição corporal e
5 características reprodutivas e ósseas de poedeiras submetidas a diferentes programas
6 nutricionais. 2008. 165f. Tese (Doutorado), Faculdade de Zootecnia e Engenharia de
7 Alimentos – Universidade de São Paulo, Pirassununga.
- 8 SANTOS, FAS. et al. Frequentist and Bayesian inference for gas exchanges of drip-
9 irrigated bell pepper. *Pesquisa Agropecuaria Topical de Goiânia*, v. 51, p. e66435, 2021.
10 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5166435>. Acesso: jun. 30, 2023.
- 11 SAVEGNAGO, RP. et al. Egg production curve fitting using nonlinear models for
12 selected and nonselected lines of White Leghorn hens. *Poltry Science*, v. 91, n.11, 2977-
13 2987, 2012. Disponível: <http://hdl.handle.net/11449/1395>. Acesso: jul. 29, 2023.
- 14 SCHUTZ, KE. et al. Domestication effects on foraging strategy, social behaviour and
15 diferente fear responses: a comparison between the red junglefowl (*Gallus gallus*) and a
16 modern layer strain. *Applied Animal Behaviour Science*, v.73, n. 1, p. 1-14, 2001.
17 Disponível em: [10.1016/S0168-1591\(01\)00156-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(01)00156-3). Acesso: jul. 01, 2023.
- 18 SHIBAK, A. et al. Investigation of egg production curve in ostrich using nonlinear
19 functions. *Poultry Science*, v. 102, p. 10233, 2023. Disponível em:
20 [10.1016/j.psj.2022.102333](https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102333). Acesso: jun. 27, 2023.
- 21 SILVA, EP. et al. Lysine requirements of laying hens, *Livestock Science*, v.172, p.66-77,
22 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.01.005>. Acesso em: 28, 2023
- 23 SILVA, FF. et al. Influência de fatores genéticos e ambientais sobre as estimativas dos
24 parâmetros das funções de crescimento em gado nelore. *Ciência Agrotecnologia*, Lavras,
25 v.25, n.5, p. 1195-1205, 2001. Disponível em:
26 https://www.researchgate.net/publication/237511364_Influencia_de_fatores_geneticos_e_ambientais_sobre_as_estimativas_dos_parametros_das_funcoes_de_crescimento_em_gado_nelore#fullTextFileContent. Acesso em: jun. 18, 2023.
- 29 SILVA, M.R.S. Curvas de crescimento de linhagens de postura caipiras melhoradas.
30 Monografia, Instituto Federal Goiano, Campos Rio Verde, 2019. 32p.

- 1 THOLON, P., QUEIROZ, SA. Models for the analysis of growth curves forrearing
2 timous (*Rhynchotus rufescens*) incaptivity. Revista Brasileira de Ciência Avícola, v. 9, p.
3 23-31, 2007.
- 4 VERHULST, PF. Notice sur la loi que la population poursuit dans son accroissement.
5 Correspondence of Mathematical Physics, v.10, p.113-121, 1838.
- 6 WOOD, PDP. Algebraic model of the lactation curve in cattle. Nature, v.216, p. 164-165,
7 1967. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/216164a0>. Acesso: jul. 12, 2023.
- 8 WU, G. et al. Effect of dietary energy on performance and egg composition of Bovans
9 White and Dekalb White hens during phase 1. Poultry Science, v. 84, n. 10, p. 1610-1615,
10 2005. Disponível em: 10.1093/ps/84.10.1610. Acesso: jul. 01, 2023.
- 11 WURTZ, KE et al. Commercial layer hybrids kept under organic conditions: a
12 comparison of range use, welfare, and egg production in two layer strains. Poultry
13 Science, v.101, n. 9, p. 102005, 2022. Disponível em: 10.1016/j.psj.2022.102005.
14 Acesso: jun. 28, 2023.
- 15 YANG, N. et al. New mathematical model of poultry egg production. Poultry Science, v.
16 68, p.476-481, 1989.
- 17
- 18

1
2
3
4
5
6
7
8

II - OBJETIVOS GERAIS

10
11
12

13 Estimar a curva de crescimento e de produção de ovos para quatro linhagens de
14 poedeiras leves, na fase de cria, recria e produção, utilizando diferentes modelos
15 matemáticos não lineares.

16 2.1 Objetivos específicos

17 Capítulo III: Avaliar a qualidade do ajuste de diferentes modelos não lineares por
18 meio da inferência Bayesiana, sendo Brody, Gompertz (1825), Gompertz (1999),
19 Logístico, Von Bertalanffy e Richards, para os dados de crescimento de quatro linhagens
20 de poedeiras leves (Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White e Lohamann Lite);

21 Capítulo IV: Comparar a qualidade do ajuste da equação de Gompertz (1999) por
22 meio da inferência bayesiana, visando estimar a curva de crescimento de quatro linhagens
23 de poedeiras leves sendo elas a Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White e
24 Lohamann LSL Lite na fase de cria, recria e postura, criadas em gaiolas em uma granja
25 comercial;

26 Capítulo V: Estimar a curva de produção de ovos, o pico da produção ou
27 rendimento máximo (pp), dia ou ocasião do pico de produção (dpp) e persistência (s) de
28 produção de ovos utilizando a equação não linear descrita por Wood, avaliar a qualidade
29 dos parâmetros por meio da inferência Bayesiana, no período de 18 e 80 semanas de idade
30 de quatro linhagens de poedeiras leves (Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White
31 e Lohamann Lite).

1 III - Uso de modelos não lineares no ajuste da curva de crescimento para quatro
2 linhagens de poedeiras leves

3 Use of non-linear models in fitting the growth curve for four lines of light layers

4 **Resumo**

5 Objetivou-se com este estudo avaliar a qualidade do ajuste de seis modelos não lineares:
6 Brody, Gompertz, Gompertz reparametrizado, Logístico, Von Bertalanffy e Richards,
7 para os dados de crescimento de quatro linhagens de poedeiras leves (Nick Chick,
8 Lohamann NA Lite, Bovans White e Lohamann LSL). Foram utilizadas o total de 480
9 aves de um dia de idade a 80 semanas de idade, sendo 120 aves por linhagem estudada,
10 distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, com 20 repetições para cada
11 linhagem. Para determinar a curva de crescimento as aves foram pesadas semanalmente
12 na fase de cria (1 a 5 semanas), na fase de recria (6 a 16 semanas) a cada 21 dias e na fase
13 de postura (17 a 80 semanas) a cada 28 dias. Os dados foram avaliados em função dos
14 diferentes modelos matemáticos não lineares estudados por meio da inferência Bayesiana
15 com auxílio do software R. Foi considerado como melhor ajuste aquele que apresentou o
16 menor valor DIC (*Deviance Information Criterion*). O modelo de Richards não
17 apresentou ajuste para os dados observados para as linhagens estudadas. Os modelos de
18 Gompertz (1825) e Gompertz (1999) apresentaram melhor descrição para o crescimento
19 das linhagens Nick Chick (38.600), Bovans White (35.680) e Lohamann LSL (34.730).
20 Já para a Lohamann NA Lite o modelo que apresentou melhor qualidade de ajuste foi o
21 Von Bertalanffy (34.460). O modelo de Gompertz (1999) foi que mais se adequou para
22 descrever o crescimento das diferentes linhagens de poedeiras leves na fase de cria, recria
23 e produção.

24 **Palavras-chave:** Brody, Gompertz, inferência bayesiana, Logístico, Richards, Von
25 Bertalanffy.

26 **Abstract**

27 The objective of this study was to evaluate the quality of fit of six non-linear models:
28 Brody, Gompertz, reparametrized Gompertz, Logístico, Von Bertalanffy and Richards,
29 for growth data from four lines of light layers (Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans
30 White and Lohamann LSL). A total of 480 birds from one day of age to 80 weeks of age
31 were used, 120 birds per strain studied, distributed in a completely randomized design,
32 with 20 replications for each strain. To determine the growth curve, the birds were

1 weighed weekly in the breeding phase (1 to 5 weeks), in the rearing phase (6 to 16 weeks)
2 every 21 days and in the laying phase (17 to 80 weeks) every 28 days. days. The data
3 were evaluated based on the different non-linear mathematical models studied using
4 Bayesian inference with the aid of the R software. The one with the lowest DIC (Deviance
5 Information Criterion) value was considered the best fit. Richards' model did not fit the
6 data observed for the strains studied. The models by Gompertz (1825) and Gompertz
7 (1999) presented a better description for the growth of the Nick Chick (38,600), Bovans
8 White (35,680) and Lohamann LSL (34,730) lines. For Lohamann NA Lite, the model
9 that presented the best fit quality was the Von Bertalanffy (34.460). Gompertz's model
10 (1999) was the most appropriate to describe the growth of different lineages of light layers
11 in the breeding, rearing and production phases.

12 **Keywords:** Brody, Gompertz, Bayesian inference, Logistic, Richards, Von Bertalanffy.

13 **Introdução**

14 A avicultura de postura está em constante aprimoramento, buscando aves que
15 apresentem alta produtividade, aumento do peso do ovo, longo ciclo produtivo e
16 eficiência alimentar, além de resistência sanitária. As curvas de crescimento são
17 ferramentas capazes de prever e acompanhar estas mudanças, auxiliando o produtor
18 rural, a indústria avícola e os programas de melhoramento genético a identificarem as
19 necessidades de adequação dos manejos nutricionais, ambientais e sanitários, garantindo
20 o correto desenvolvimento da ave e consecutivamente alta produtividade. Além de
21 auxiliar na construção de programação de vários softwares e na avicultura 4.0.

22 A estimativa da curva de crescimento das poedeiras pode ser feita por meio da
23 utilização de modelos matemáticos não lineares. Haja vista, que alguns modelos
24 matemáticos não lineares apresentam parâmetros em comum, facilitando a interpretação,
25 além de correlacionar na equação o peso com a idade dos animais. Pode-se citar como
26 exemplo as equações descritas por GOMPERTZ (1825), BRODY (1945), VERHULST
27 (1838) e VON BERTALANFFY (1957), FIALHO (1999), entre outras.

28 Vale ressaltar que diversos são os fatores que podem interferir na taxa de
29 crescimento nas aves, sendo que a dieta e a genética são citadas como fatores principais.
30 As linhagens de aves poedeiras atuais foram selecionadas para ter menor peso a
31 maturidade e, consecutivamente, menor peso corporal, reduzindo a demanda por nutriente
32 e custos com a alimentação (CARAVALHO *et al.*, 2020). Fazendo-se necessário o estudo

1 das linhagens que estão sendo utilizadas no mercado, de modo a analisar as modificações
2 genéticas e avaliar os índices de eficiência produtiva (ROSSI *et al.*, 2017).

3 SILVA *et al.* (2015) analisaram as modificações no potencial genético de
4 crescimento de frangos de corte e poedeiras comerciais. Os autores destacaram que as
5 poedeiras comerciais mostraram redução no peso a maturidade e aumento na taxa do
6 crescimento relativo, fazendo com que as aves sejam mais leves e atinjam a maturidade
7 mais rapidamente (SILVA *et al.*, 2015).

8 Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a qualidade do ajuste
9 de diferentes modelos não lineares por meio da inferência Bayesiana, sendo eles: Brody,
10 GOMPERTZ (1825) e GOMPERTZ (1999) reparametrizado, Logístico, Von Bertalanffy
11 e Richards, para os dados de crescimento de quatro linhagens de poedeiras leves (Nick
12 Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White e Lohamann Lite).

13 **Metodologia**

14 *Instalações, delineamento e dieta experimental*

15 O experimento foi realizado na Granja Figueiredo, localizada no município de
16 Mandaguari - PR, de acordo com as normas propostas pelo Comitê de Ética em
17 Experimentação Animal da Universidade Estadual de Maringá (UEM), descrito sobre o
18 nº de protocolo 6329180919.

19 Foram utilizadas o total de 480 galinhas poedeiras de um dia a aproximadamente
20 80 semanas de idade, sexadas e identificadas com bastões coloridos sendo estas: 120 da
21 linhagem Nick Chick, 120 Lohman NA Lite, 120 Bovans White, e 120 Lohman LSL.

22 As pintainhas de um dia foram alojadas em gaiolas convencionais com capacidade
23 para 60 aves com 100 cm x 80 cm x 30 cm, em galpão convencional com densidade
24 animal de 133,3 aves/cm². Com duas semanas de idade as aves foram redistribuídas no
25 galpão, sendo colocadas 30 aves por gaiola, esta fase experimental foi concluída com
26 cinco semanas, e após este período, as aves foram transportadas para o galpão de recria
27 convencional, com telha de fibrocimento, com gaiolas convencionais (50 cm x 45 cm x
28 45 cm), com seis aves por gaiola, dispostas em duas fileiras sobrepostas, com comedouro
29 tipo calha e bebedouro tipo chupeta (*nipple*). Já com 16 semanas, as aves foram
30 transportadas para os galpões de postura com densidade animal de 375 aves/cm² por
31 gaiola.

1 Antes do alojamento, todas as instalações foram limpas e desinfetadas. No
 2 alojamento na fase de cria foi colocado papel tipo kraft, comedouros infantis nas gaiolas,
 3 sendo retirados com 5 dias de idade. As aves foram alimentadas de acordo com as
 4 exigências de cada fase de vida, seguindo as recomendações descritas por ROSTAGNO
 5 *et al.* (2017), recebendo água e ração *ad libitum* em todas as fases.

6 As práticas de manejo que foram realizadas na granja de cria, recria e postura
 7 foram as convencionais, realizando a debicagem aos sete dias de idade e a correção com
 8 8 semanas de idade. O programa de iluminação que foi utilizado foi à junção do programa
 9 artificial e luz natural, começando na cria com 22h00 de luz e reduzindo uma hora até
 10 chegar a 4 semanas com 18h00 de luz. Na fase de recria, começou com 17h00 de luz
 11 reduzindo até estabilizar com 14h00 de luz com dez semanas de idade. Para o galpão de
 12 postura o programa de iluminação começou com 14h00 com 18 semanas de idade e foi
 13 aumentado uma hora por semana até atingir 16h00 de iluminação por dia.

14 *Coleta de dados*

15 Na fase de cria (1 a 5 semanas), recria (6 a 17 semanas) e produção (18 a 80
 16 semanas) as aves foram pesadas semanalmente, a cada 21 dias e 28 dias, respectivamente,
 17 para obtenção do peso corporal individual de 120 aves de cada grupo genético.

18 *Análise estatística*

19 A partir dos pesos observados a campo nas diferentes unidades experimentais,
 20 foram ajustadas peso (g) em função do tempo (t) (idade em dia) e foram considerados seis
 21 modelos de equações não lineares ($f(\theta, t)$: Brody, GOMPertz (1825) e GOMPertz
 22 (1999), Logístico, Von Bertalanffy e Richards) conhecidos na literatura (Tabela 3).

23 Em geral tem-se $y_{ijk} = f(\theta_k, t_{ijk}) + \varepsilon_{ijk}$, em que y_{ijk} é o peso (g) da i -ave = 1, 2, ...
 24 N no j -dia = 1, 2, ... J da k -linhagem = 1, 2, ... K (Nick Chick, Lohaman Lite, Bovans
 25 White e Lohman LSL); $\theta = (\beta_1, \beta_2, \beta_3)$ vetor de parâmetros do modelo considerado, tal
 26 que, β_1 = peso assintótico à maturidade (g); β_2 = grau de maturidade desde o nascimento;
 27 β_3 = mede a variação na velocidade do crescimento e está associado à taxa de maturidade;
 28 t = tempo (dias); especificamente o modelo Gompertz (1999), β_2 representa o crescimento
 29 relativo no ponto de inflexão (g /dia por g) e β_3 a idade no ponto de inflexão (dias);

30 A modelagem segue a sugestão de um procedimento Bayesiano (ROSSI *et al.*,
 31 2010; ROSSI, 2011), para a estimação de todos os parâmetros dos modelos considerados.

32 Para tal, considerou-se que $y_{ijk} \sim N(f(\theta_k, t_{ijk}), \sigma_k^2)$. Além disso, foram consideradas

1 distribuições normais *a priori* não informativas para θ , isto é, $\theta \sim N(0, 10^{-6})$ e Gama para
2 a precisão τ , isto é, $\tau \sim \text{Gama}(10^{-3}, 10^{-3})$, ($\sigma = 1/\tau^1$) segundo parametrização Open BUGS
3 (SPIEGELHALTER *et al.*, 1994). Nos modelos não lineares, foi considerado como
4 melhor ajuste aquele que apresentou o menor valor DIC (*Deviance Information*
5 *Criterion*), além da dificuldade computacional do modelo de ajuste. As distribuições
6 marginais *a posteriori* para todos os parâmetros foram obtidas pelo programa R (R
7 Development Core Team, 2022) por meio do pacote *BRugs*.

8 **Resultados e discussões**

9 As estimativas bayesianas assim como as médias e os desvios padrões para os
10 parâmetros dos modelos Brody, GOMPERTZ (1825) e GOMPERTZ (1999), Logístico e
11 Von Bertalanffy podem ser observados na tabela 4 e figura 2. O modelo de Richards não
12 apresentou ajuste para os dados observados para as linhagens estudadas. Desta forma, não
13 foi possível estimar os parâmetros para a curva de crescimento por meio da inferência
14 bayesiana para este modelo.

15 Os modelos matemáticos não lineares são utilizados como ferramentas para
16 descrever o desenvolvimento, o crescimento da carcaça e das partes dos animais. Eles
17 auxiliam na identificação e interpretação das possíveis interferências de fenômenos
18 relacionados ao animal ou ao ambiente como: sexo, linhagem, densidade de alojamento,
19 programa de luz, ambiência, manejos sanitários e alimentares, entre outros, que possam
20 influenciar o peso a maturidade, composição e taxa de deposição dos nutrientes corporais.
21 A aplicação das curvas de crescimento e produção auxilia no desenvolvimento e adoção
22 de estratégias de manejos que viabilizam melhores desempenhos relacionados à eficiência
23 produtiva e alimentar (MARCATO *et al.*, 2010).

24 O modelo de equação que mais se ajustou aos dados observados para a linhagem
25 Nick Chick, Bovans White e Lohamann LSL com os parâmetros estimados por meio da
26 utilização da inferência bayesiana foram os de GOMPERTZ (1825) e GOMPERTZ
27 (1999). Haja vista que, o método de avaliação utilizado para a escolha do modelo foi o
28 DIC sendo ele de 38.600 para Nick Chick, 35.680 Bovans White e 34.730 Lohamann
29 LSL. O modelo que apresentou melhor ajuste segundo este critério estatístico para a
30 linhagem Lohamann NA Lite, foi o descrito por Von Bertalanffy (34.460). Este critério
31 estatístico mede a qualidade do ajuste dos modelos estudados com os dados observados.

1 Segundo Amaral (2008), os melhores modelos são aqueles que apresentam menores
2 valores de DIC.

3 O modelo de Brody apresentou os valores de DIC superiores para todas as
4 linhagens, demonstrando que apesar dos dados ajustarem-se ao modelo, este não se fez
5 com qualidade. Além disto, este modelo superestimou o parâmetro β_1 , ou seja, o peso
6 assintótico das linhagens (1.632,49 Nick Chick, 1.603,87 Lohamann NA, 1.624,49
7 Bovans White e 1.682,70 Lohamann LSL). O modelo de Brody não é recomendado para
8 descrever o crescimento em peso vivo dos animais, pois o ponto de inflexão da curva de
9 crescimento coincide com o peso ao nascimento, resultando em uma curva não sigmoide
10 e sem interpretação biológica (BRODY, 1945; FINCO *et al.*, 2016; ROSSI *et al.*, 2017).

11 Outro modelo que demonstrou comportamento parecido com o de Brody, foi o de
12 Von Bertalanffy, em que, os valores de DIC foram superiores aos modelos de
13 GOMPERTZ (1825) e GOMPERTZ (1999) consecutivamente superestimou o β_1 para as
14 linhagens Nick Chick, Bovans White e Lohamann LSL. Dados também observados por
15 VELOSO *et al.* (2015), que estudando o crescimento de genótipos de frangos tipo caipira
16 de diferentes linhagens, descreveram que o modelo de Von Bertalanffy, superestimaram
17 os valores para o peso a maturidade em relação ao peso médio dos animais aos 84 dias de
18 idade.

19 Entretanto, no presente estudo a linhagem Lohamann NA, este modelo foi o que
20 apresentou o melhor ajuste DIC (34.460) e com o peso assintótico de 1.568,42. Dados
21 semelhantes foram observados por IQBAL *et al.* (2019) que objetivaram estimar a curva
22 de crescimento de perdizes machos e fêmeas, no período de um dia de idade até 20
23 semanas de idade por meio da inferência Bayesiana, indicando que o modelo descrito por
24 Von Bertalanffy forneceu o melhor ajuste, utilizando o critério DIC tanto para fêmeas
25 (172) quanto para os machos (183) (IQBAL *et al.*, 2019).

26 O modelo de Logístico subestimou os valores do peso assintótico para todas as
27 linhagens (1.585,35 Nick Chick, 1.548,05 Lohamann NA, 1.575,79 Bovans White e
28 1.626,50 Lohamann LSL) quando comparados com os modelos de GOMPERTZ (1825)
29 e GOMPERTZ (1999), não sendo recomendado o seu uso para estimar a curva de
30 crescimento das linhagens estudadas (ROSSI *et al.*, 2017; MOTA *et al.*, 2015).

31 De acordo com o critério DIC os modelos de GOMPERTZ (1825) e GOMPERTZ
32 (1999) apresentaram o melhor ajuste para estimar os parâmetros da curva de crescimento
33 das linhagens Nick Chick, Bovans White e Lohamann NA por meio da inferência

1 Bayesiana, sendo os mais recomendados para estimar a curva de crescimento destas
2 linhagens. A parametrização do modelo de Gompertz realizada por FIALHO (1999),
3 possibilita a determinação por meio do parâmetro β_3 a identificação da idade em que o
4 animal apresentará o seu crescimento máximo, ou seja, o ponto de inflexão, que facilita
5 a interpretação biológica deste modelo.

6 O modelo de GOMPERTZ (1825) e GOMPERTZ (1999) tem sido recomendado
7 para descrever a curva de crescimento por diversos estudos, com aves de corte, postura,
8 animais silvestres, dentre outros animais (MARCATO *et al.*, 2010, FINCO *et al.*, 2016,
9 GRIESER *et al.*, 2017, MAIA *et al.*, 2023, CARDOSO, *et al.*, 2023). GALEANO-
10 VASCO *et al.* (2014), comparam a capacidade os modelos de Von Bertalanffy, Richards,
11 Gompertz, Brody e Logístico de estimar a curva de crescimento de galinhas poedeiras da
12 linhagem Lohmann Lite. Os modelos de Gompertz, Richards e Von Bertalanffy
13 adequaram-se a estimativa da curva de crescimento de poedeiras leves, indicando que os
14 modelos têm bom ajuste e alta capacidade de prever o ganho de peso durante a cria,
15 crescimento e postura. No entanto, o modelo de Richards adequou-se melhor, mas por
16 causa da menor complexibilidade do modelo de Gompertz os autores recomendam como
17 modelo a ser utilizado.

18 **Conclusões**

19 Os modelos de GOMPERTZ (1825) e GOMPERTZ (1999) foram os que melhores
20 ajustaram-se aos dados de peso corporal nas diferentes fases de produção (cria, recria e
21 postura) de um dia a 80 semanas de idade das linhagens Nick Chick, Bovans White e
22 Lohamann LSL, já para a linhagens Lohamann NA foi o modelo de Von Bertalanffy. O
23 modelo descrito por Richards não se adequou a nem uma das linhagens estudadas

24 **Referências**

- 25 AMARAL, M.T.R. Abordagem bayesiana para curva de crescimento com restrições nos
26 parâmetros. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife,
27 Pernambuco, Brasil, 2008.
- 28 BRODY, S. Bioenergetics and growth; with special reference to the efficiency complex
29 in domestic animals. Reinhold Publishing Corporation, New York. 1945.
- 30 CARDOSO, V.S. et al. Parâmetros de crescimento de frangas leves da linhagem Hy-Line
31 W-36. In: XX Congresso APA- Produção e Comercialização de Ovos, Ribeirão Preto.
32 Anais APA, 2023.

- 1 FIALHO, F.B. Interpretação da curva de crescimento de Gompertz. Embrapa – CNPSA,
2 Concórdia Santa Catarina, Brasil, v. 237, p. 1-4. 1999. Disponível em:
3 <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/43717>> Acesado em: Jun 22,
4 2023.
- 5 FINCO, E.M. Modelos de curvas de crescimento de 1 a 119 dias de codornas de postura
6 Vicami 2014. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia,
7 Universidade Estadual de Maringá.
- 8 GALEANO-VASCO, L.; CERÓN-MUÑOZ, M. F. Modelación del crecimiento de
9 pollitas mediante el uso de redes neuronales. Revista MVZ de Córdoba, v. 18, p.3861-
10 3867, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014001100003>.
11 Acesado em: Jun. 23, 2023
- 12 GOMPERTZ, B. On the nature of the function expressive of the law of human mortality,
13 and on a new mode of determining the value of life contingencies. Philosophical
14 Transactions of the Royal Society of London, v.115, p. 513-585, 1825. Disponível em:
15 <https://www.jstor.org/stable/107756> Acessado em: Jun. 20, 2023.
- 16 GRIESER, D. O. et al. Comparison of the Quality Adjusting of Nonlinear Models for
17 Organs, Carcass and Body Components in Meat-Type (*Coturnix Coturnix Coturnix*) and
18 Laying-Type *Coturnix Coturnix Japonica*) Quail. Brazilian Journal of Poultry Science,
19 v.19, n.4, p. 701-710. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0424>>
20 Acessada em: Jun. 15, 2023.
- 21 IQBAL, F. et al. Bayesian approach for describing the growth of Chukar partridges.
22 European Poultry Science n. 83, 2019. Disponível em:
23 <https://doi.org/10.1399/eps.2019.284>> Acessado em: Jun. 25, 2023.
- 24 MAIA, K.M. et al. Curva de crescimento de poedeiras leves da linhagem Bovans White
25 criadas em gaiolas. In: XX Congresso APA- Produção e Comercialização de Ovos,
26 Ribeirão Preto. Anais APA, 2023.
- 27 MARCATO, S. M. et al. Crescimento e deposição de nutrientes nos órgãos de frangos de
28 corte de duas linhagens comerciais. Revista Brasileira de Zootecnia / Brazilian Journal of
29 Animal Science, v. 39, p. 1082-1091, 2010. Disponível em:
30 <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000300030> >. Acessado em: Jun 21, 2023.

- 1 MOTA, L.F.M. et al. Crescimento de codornas de diferentes grupos genéticos por meio
2 de modelos não lineares. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67,
3 p. 1372-1380, 2015 Disponível em: • <https://doi.org/10.1590/1678-4162-7534> . Acessada
4 em: Jun. 22, 2023
- 5 R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical*
6 *computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em:
7 <http://www.R-project.org>. 2022. Acessado em: Jun. 06, 2023.
- 8 ROSSI, R. M. et al. Bayesian analysis for comparison of nonlinear regression model
9 parameters: an application to ruminal degradability data. *Revista Brasileira de Zootecnia*,
10 Viçosa, v.39, n.2, p.419-24, 2010. Disponível em: [https://doi.org/10.1590/S1516-](https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000200027)
11 [35982010000200027](https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000200027) . Acessado em: Jun. 26, 2023.
- 12 ROSSI, R. M. *Introdução aos métodos Bayesianos na análise de dados zootécnicos com*
13 *uso do Win BUGS e R*. Maringá:Eduem, 2011. 191 p.
- 14 ROSSI, R.M. et al. Growth curves in meat-type and laying quail: a Bayesian perspective.
15 *Semina*, v.38, n.4, p. 2743-2754, 2017. Disponível em: [10.5433/1679-](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4Sup1p2743)
16 [0359.2017v38n4Sup1p2743](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4Sup1p2743). Acessado em: Jun. 25, 2023.
- 17 ROSTAGNO, H.S. et al. *Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: comparação de*
18 *alimentos e exigências nutricionais*. 4ª ed. Viçosa MG: UFV, departamento de
19 *Zootecnia*.2017.
- 20 SILVA, E.P. et al. Lysine requirements of laying hens, *Livestock Science*, v.172, p.66-
21 77, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.01.005>. Acesada em: Jun.
22 28, 2023
- 23 SPIEGELHALTER, D. J. et al. *BUGS - Bayesian Inference using Gibbs Sampling*.
24 Cambridge: MRC Bioestatics Unit, 1994. Disponível em:
25 [https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=478195f845581114c](https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=478195f845581114c5dde5a1cf21f5786d7127a1)
26 [5dde5a1cf21f5786d7127a1](https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=478195f845581114c5dde5a1cf21f5786d7127a1). Acessado em: Jun. 01, 2023.
- 27 VELOSO R.C. et al. Crescimento de genótipos de frangos tipo caipira. *Arquivo*
28 *Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 67, p. 1361-1371, 2015. Disponível
29 em: • <https://doi.org/10.1590/1678-4162-6816> . Acessado em: Jun. 25, 2023.

- 1 VERHULST, P. F. Notice sur la loi que la population poursuit dans son accroissement.
- 2 Correspondence of Mathematical Physics, v.10, p.113-121, 1838.
- 3

1 Tabela 3 Modelos não lineares considerados.

| Modelo | Equação |
|----------------------------|--|
| Brody (1945) | $y = \beta_1(1 - \beta_2 \exp(-\beta_3 t))$ |
| Gompertz (1825) | $y = \beta_1 \exp(-\beta_2 \exp(-\beta_3 t))$ |
| Gompertz (Fialho, 1999) | $y = \beta_1 \exp(-\exp(-\beta_2(t - \beta_3)))$ |
| Logístico (Verhulst, 1838) | $y = \beta_1 / (1 + \beta_2 \exp(-\beta_3 t))$ |
| Von Bertalanffy (1957) | $y = \beta_1(1 - \beta_2 \exp(-\beta_3 t))^3$ |
| Richards (1959) | $y = \beta_1(1 - \beta_2 \exp(-\beta_3 t))^m$ |

2

1 Tabela 4 Estimativas Bayesianas (médias (desvio-padrão)) para os parâmetros dos
 2 modelos considerados.

| Linhagem | Parâmetro | Modelo | | | | |
|---------------------|------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| | | <i>Brody</i> | <i>Gompertz (1825)</i> | <i>Gompertz (1999)</i> | <i>Logístico</i> | <i>Von Bertalanffy</i> |
| <i>Nick Chick</i> | β_1 | 1.632,49 (3,81) | 1.595,83 (2,98) | 1.595,77 (2,94) | 1.585,35 (2,92) | 1.601,76 (3,04) |
| | β_2 | 1,127 (0,0052) | 3,646 (0,0563) | 0,023 (0,0003) | 13,106 (0,3769) | 0,829 (0,0109) |
| | β_3 | 0,012 (0,0001) | 0,023 (0,0003) | 55,70 (0,3432) | 0,035 (00004) | 0,019 (0,0002) |
| | σ | 134,93 | 117,49 | 117,49 | 120,87 | 118,38 |
| | DIC | 39.460 | 38.600 | 38.600 | 38.780 | 38.650 |
| | R ² | 0,9422 | 0,9562 | 0,9562 | 0,9537 | 0,9555 |
| | <i>Lohaman NA Lite</i> | β_1 | 1.603,87 (4,29) | 1.561,02 (3,43) | 1.561,15 (3,36) | 1.548,05 (3,42) |
| β_2 | | 1,126 (0,0057) | 3,656 (0,0668) | 0,022 (0,0003) | 13,721 (0,4787) | 0,819 (0,0170) |
| β_3 | | 0,0115 (0,0001) | 0,0224 (0,0003) | 57,76 (0,4364) | 0,0338 (0,0005) | 0,0189 (0,0003) |
| σ | | 135,86 | 124,60 | 124,60 | 130,46 | 124,28 |
| DIC | | 34.950 | 34.470 | 34.470 | 34.720 | 34.460 |
| R ² | | 0,9441 | 0,9530 | 0,9530 | 0,9460 | 0,9533 |
| <i>Bovans White</i> | | β_1 | 1.624,49 (3,97) | 1.588,53 (3,16) | 1.588,69 (3,08) | 1.575,79 (3,05) |
| | β_2 | 1,136 (0,0053) | 3,785 (0,0640) | 0,024 (0,0003) | 16,125 (0,5501) | 0,829 (0,0107) |
| | β_3 | 0,0123 (0,0001) | 0,0235 (0,0003) | 56,56 (0,3822) | 0,0366 (0,0005) | 0,0198 (0,0002) |
| | σ | 133,36 | 118,51 | 118,51 | 120,122 | 119,75 |
| | DIC | 36.360 | 35.680 | 35.680 | 35.760 | 35.740 |
| | R ² | 0,9472 | 0,9585 | 0,9585 | 0,9573 | 0,9576 |
| | <i>Lohaman LSL</i> | β_1 | 1.682,70 (4,25) | 1.642,78 (3,37) | 1.642,74 (3,38) | 1.626,50 (3,38) |
| β_2 | | 1,1271 (0,0058) | 3,905 (0,0814) | 0,025 (0,0001) | 17,523 (0,7355) | 0,748 (0,0137) |
| β_3 | | 0,0123 (0,0001) | 0,0245 (0,0003) | 55,57 (0,4011) | 0,0395 (0,0006) | 0,0204 (0,0003) |
| σ | | 147,24 | 130,59 | 130,59 | 133,31 | 131,83 |
| DIC | | 35.390 | 34.730 | 34.730 | 34.840 | 34.780 |
| R ² | | 0,9400 | 0,9528 | 0,9528 | 0,9508 | 0,9519 |

3 DIC: *Deviance Information Criterion*; R²: Coeficiente de determinação.

4

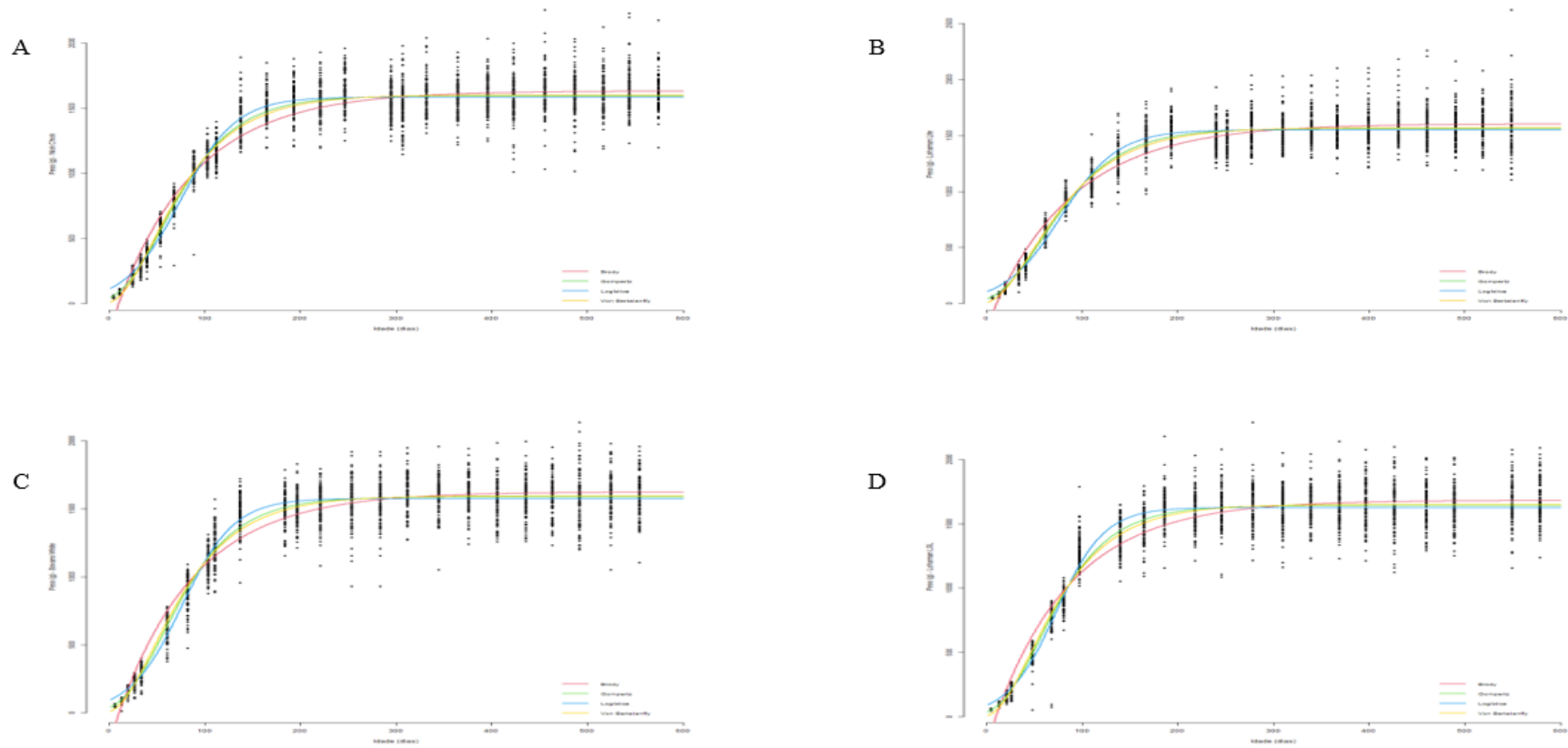


Figura 2 A) Ajustes para peso da ave da linhagem Nick Chick no período de 1 dia de idade até 80 semanas de idade; B) Ajustes para peso da ave da linhagem Lohamann NA Lite no período de 1 dia de idade até 80 semanas de idade; C) Ajustes para peso da ave da linhagem Bovans White no período de 1 dia de idade até 80 semanas de idade; D) Ajustes para peso da ave da linhagem Lohamann LSL no período de 1 dia de idade até 80 semanas de idade, considerando os modelos não lineares.

1 rearing and laying phases, raised in cages. A total of 480 birds from one day of age to 80 weeks
2 of age were used, with 120 birds per line group. To determine the growth curve, the birds were
3 weighed weekly in the breeding phase (1 to 5 weeks), in the rearing phase (6 to 17 weeks) every
4 21 days and in the laying phase every 28 days. The data were evaluated based on the different
5 non-linear mathematical models studied using Bayesian inference with the aid of the R software.
6 It was possible to estimate the Gompertz equations for all strains studied. However, the β_1 of the
7 Lohamann NA Lite and Lohamann LSL Lite strains were overestimated, while the Bovans White
8 strain was underestimated. Layers from the Lohmann LSL Lite lineage presented higher β_1
9 (average weight) 1,642.74 g and β_2 0.025 and lower β_3 (55 days) when compared to the other
10 lines studied. It is concluded that the Gompertz equation presented an adjustment for all strains,
11 and it was possible to observe a difference in the growth of the poultry.

12 **Keywords:** Bovans White, Lohamann LSL Lite, Lohamann NA Lite, Nick Chick.

13

14 **Introdução**

15 O crescimento das aves poedeiras pode ser entendido como o ganho de peso corporal ou
16 ganho de peso de partes e órgãos do corpo em relação a idade (Galeano-Vasco & Cerón-Muñoz,
17 2014) e cada animal apresenta uma curva de crescimento específica. Fatores como sexo,
18 linhagem, densidade de alojamento, programa de luz, ambiência, manejo sanitário e alimentar,
19 entre outros, interferem diretamente na curva de crescimento e produtividade dos animais.

20 Para estimar a curva de crescimento das galinhas poedeiras existem diversos modelos
21 matemáticos não lineares, como Gompertz, Logístico, Brody, Richards, Von Bertalanffy, têm
22 sido utilizados. Visto que, com o estudo da curva de crescimento é possível determinar as
23 exigências nutricionais de cada fase do crescimento e desenvolvimento fisiológico de acordo com
24 o crescimento que os animais apresentam. Além de avaliar e determinar a linhagem a ser utilizada
25 na propriedade, permitindo uma análise detalhada dos índices zootécnicos, principalmente ao que
26 se refere ao aumento na produção de ovos e eficiência alimentar e consecutivamente diminuindo
27 os custos de produção.

28 A equação de Gompertz é uma função comumente utilizada para descrever o crescimento
29 dos animais e tecido, sua metodologia consiste em avaliar a massa em função da idade do animal.
30 Esta equação, tem apenas três parâmetros, com funções biológicas que se ajustam as curvas de
31 crescimento e podem ser utilizadas em todo o tempo de vida do animal. Estes parâmetros geram
32 informações importantes relacionadas ao crescimento dos animais avaliados (Fialho, 1999).

33 Diante disso, o objetivo deste trabalho foi comparar a qualidade do ajuste da equação de
34 Gompertz (1999) por meio da inferência Bayesiana, visando estimar a curva de crescimento de
35 quatro linhagens de poedeiras leves sendo elas: Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White
36 e Lohamann LSL Lite na fase de cria, recria e postura, criadas em gaiolas.

1 **Metodologia**

2 *1. Instalações, delineamento e dieta experimental*

3 O experimento foi realizado na Granja Figueiredo, localizada no município de
4 Mandaguari - PR, de acordo com as normas propostas pelo Comitê de Ética em Experimentação
5 Animal da Universidade Estadual de Maringá (UEM), descrito sobre o nº de protocolo
6 6329180919.

7 Foram utilizadas o total de 480 galinhas poedeiras de um dia até 80 semanas de idade,
8 sexadas e identificadas com bastões coloridos sendo estas: 120 da linhagem Nick Chick, 120
9 Lohman Lite, 120 Bovans White, e 120 Lohman LSL.

10 As pintainhas de um dia foram alojadas em gaiolas convencionais com capacidade para
11 60 aves com (100cm x 80cm x 30cm) em galpão convencional. Com duas semanas de idade as
12 aves foram redistribuídas no galpão, sendo colocadas 30 aves por gaiola, esta fase experimental
13 foi concluída com cinco semanas. Após este período, as aves foram transportadas para o galpão
14 de recria convencional, com telha de fibrocimento, com gaiolas convencionais (50 cm x 45 cm x
15 45 cm), com seis aves por gaiola, dispostas em duas fileiras sobrepostas, com comedouros tipo
16 calha e bebedouros tipo chupeta (*nipple*). Já com 16 semanas, as aves foram transportadas para os
17 galpões de postura com densidade animal de 375 aves/cm² por gaiola.

18 Antes do alojamento, todas as instalações foram limpas e desinfetadas. No alojamento na
19 fase de cria foi colocado papel tipo kraft, comedouros infantis nas gaiolas, sendo retirados com 5
20 dias de idade. Durante todas as fases de crescimento as aves foram alimentadas de acordo com as
21 exigências de cada fase de vida proposta por Rostagno *et al.* (2017), sendo a ração e água
22 fornecidas *ad libitum* em todas as fases.

23 O manejo que foi realizado na granja de cria, recria e postura foi o convencional,
24 realizando a debicagem aos sete dias de idade e a correção com 8 semanas de idade. O programa
25 de iluminação que foi utilizado foi a junção do programa artificial e luz natural, começando na
26 cria com 22h00 de luz e reduzindo uma hora até chegar a 4 semanas com 18h00 de luz. Na fase
27 de recria, começou com 17h00 de luz reduzindo até estabilizar com 14h00 de luz com dez semanas
28 de idade. Para o galpão de postura o programa de iluminação começou com 14h00 com 18
29 semanas de idade e foi aumentado uma hora por semana até atingir 16h00 de iluminação por dia.

30 *2. Coleta de dados*

31 Na fase de cria (1 a 5 semanas), na fase de recria (6 a 17 semanas) na produção (18 a 80
32 semanas) as aves foram pesadas semanalmente, a cada 21 dias e 28 dias, respectivamente para
33 obtenção do peso corporal individual de 120 aves de cada grupo genético para estimar os
34 parâmetros das curvas de crescimento.

1 3. Análise estatística

2 A partir das estimativas de peso observadas a campo nas diferentes unidades
3 experimentais estes foram ajustadas, peso (g) em função do tempo (t) (idade em dias),
4 considerando o modelo de Gompertz reparametrizado por Fialho (1999):

$$5 \quad y = \beta_1 \exp(-\exp(-\beta_2(t - \beta_3)))$$

6 Em geral tem-se $y_{ijk} = f(\theta_k, t_{ijk}) + \varepsilon_{ijk}$, em que y_{ijk} é o peso (g) da i -ave = 1, 2, ... N no
7 j -dia = 1, 2, ... J da k -linhagem = 1, 2, ... K (Nick Chick, Lohaman Lite, Bovans White e Lohman
8 LSL); $\theta = (\beta_1, \beta_2, \beta_3)$ vetor de parâmetros do modelo considerado, tal que, β_1 = peso assintótico
9 à maturidade (g); β_2 representa o crescimento relativo no ponto de inflexão (g dia por g) e β_3 a
10 idade no ponto de inflexão (dias).

11 A modelagem segue a sugestão de um procedimento Bayesiano (Rossi *et al.*, 2010; Rossi,
12 2011), para a estimação de todos os parâmetros dos modelos considerados. Para tal, considerou-
13 se que $y_{ijk} \sim N(f(\theta_k, t_{ijk}), \sigma_k^2)$. Além disso, foram consideradas distribuições normais *a priori*
14 não informativas para θ , isto é, $\theta \sim N(0, 10^{-6})$ e Gama para a precisão τ , isto é, $\tau \sim \text{Gama}(10^{-3}, 10^{-3})$,
15 $(\sigma = 1/\tau^1)$ segundo parametrização OpenBUGS (Spiegelhalter *et al.*, 1994).

16 Com objetivo de comparar as diferentes linhagens, utilizou-se o procedimento de
17 comparações múltiplas (contrastes) entre as amostras *a posteriori* das estimativas dos respectivos
18 parâmetros. As distribuições marginais *a posteriori* para todos os parâmetros foram obtidas pelo
19 programa *R* (R Development Core Team, 2022) por meio do pacote *BRugs*. Foram utilizadas
20 como valores iniciais para os parâmetros, estimativas frequentistas, obtidas via estimação de
21 máxima verossimilhança e, em seguida via um processo iterativo MCMC (*Monte Carlo Markov*
22 *Chain*), 310.000 valores foram gerados considerando um período de descarte de 10.000 valores
23 iniciais. A amostra final foi tomada em saltos de tamanho 10 para eliminar possíveis efeitos de
24 autocorrelação, o que significa que para cada 10 valores tomados, uma foi incluída na amostra
25 final, cujo tamanho foi 30.000 valores gerados. A convergência de todas as cadeias foi verificada
26 pelo teste de Heidelberger e Welch (1983) do pacote *coda* do *R*.

27 Foram calculadas as taxas de crescimento (g/dia), por meio da derivada das equações de
28 Gompertz (1999) conforme a equação abaixo:

$$29 \quad TC = \beta_1 \times \exp(-\exp(-\beta_2(t - \beta_3))) \times (-\exp(-\beta_2(t - \beta_3))) \times (-\beta_2)$$

30 Em que:

31 TC: taxa de crescimento (g/dia); β_1 : peso a maturidade; β_2 : o crescimento relativo no ponto de
32 inflexão (g/dia por g) e β_3 a idade no ponto de inflexão (dias).

33 Resultados e discussões

34 As estimativas Bayesianas, as médias e os desvios padrões para os parâmetros do modelo
35 de Gompertz (1999), das linhagens de poedeiras leves Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans

1 White e Lohamann LSL Lite, podem ser observados na tabela 5 e figura 3 que demonstram a
2 qualidade do ajuste.

3 O peso assintótico à maturidade ou peso a maturidade (β_1) representa o peso no qual o
4 crescimento de massa muscular praticamente cessa, ou seja, a partir deste ponto, o crescimento
5 significativo será somente pelo acúmulo de reservas energéticas (Barbosa *et al.*, 2002). A
6 estimativa deste parâmetro é descrita como essencial para auxiliar na avaliação e projetar a
7 eficiência do lote durante todas as fases de vida das poedeiras. Por meio deste parâmetro é
8 possível identificar os animais que apresentam atraso no ganho de peso ou excessos, que são
9 características que influenciam diretamente no início da maturidade sexual e no menor período
10 de produção (Kirikçi *et al.*, 2007).

11 Utilizando a equação de Gompertz (1999), para estimar o β_1 para as linhagens, geralmente
12 denominado de peso adulto, observou-se que este valor está próximo aos dados recomendados
13 pelos manuais das linhagens para o pico de postura, indicando que esta equação apresentou
14 melhor ajuste para galinhas poedeiras (Neme *et al.*, 2006; Klein *et al.*, 2020). Segundo o manual
15 da linhagem Nick Chick, estes animais devem apresentar o pico de postura entre a 32 e a 42
16 semanas de idade com peso médio neste período de 1.597,00 kg (Nick Chick, 2022) e, este
17 parâmetro estimado por meio da equação de Gompertz (1999) por meio da inferência bayesiana
18 para o β_1 foi de 1.595,77 kg, indicando que equação apresentou bom ajuste para esta linhagem.

19 Já a linhagem Lohamann NA Lite o pico de postura ocorre entre a 30 a 42 semana de
20 idade, com peso médio de 1.450,00 kg (Lohamann NA Lite, 2022), no entanto, o β_1 estimado foi
21 de 1.561,15 kg, superestimando o peso recomendado pelo manual da linhagem. Comportamento
22 parecido foi observado com a linhagem Lohamann LSL Lite, o recomendado é que o pico seja
23 atingindo entre a 29 e 37 semanas de idade, com peso de 1.350,00 kg (Lohamann LSL Lite, 2022)
24 e o estimado foi de 1.642,74 kg. No entanto, a linhagem Bovans White o valor estimado
25 (1.588,69) subestimou o valor recomendado (1.700,00 kg) (Bovans White, 2022) (Figura 4).

26 Fato interessante que se deve ressaltar, é que o pleno desenvolvimento do sistema
27 reprodutivo das aves de postura ocorre no pico de postura e não no início da postura, ou seja, o
28 desenvolvimento completo do sistema reprodutivo do animal ocorre no pico de postura que é
29 quando seu aparelho reprodutivo está totalmente desenvolvido (Finco, 2015), indicando que o
30 peso a maturidade e a produção de ovos estão geneticamente correlacionados (Dana *et al.*, 2011).
31 Ao avaliar β_1 é possível estimar o tamanho do ovo. Visto que as aves que apresentam maior peso
32 à maturidade tendem a ter ovos maiores e melhor aproveitamento de carcaça das fêmeas no final
33 do ciclo produtivo (Carvalho *et al.*, 2020).

1 Objetivando comparar os parâmetros das equações, o β_2 é utilizado para indicar qual
 2 linhagem apresentou o maior tempo para atingir o peso adulto, ou seja, aquela que demonstrou
 3 maior velocidade de crescimento. Desta forma, pode-se interpretar que quanto menor o valor deste
 4 parâmetro, menor será o peso a maturidade e consecutivamente estes animais apresentarão maior
 5 precocidade. Fato comprovado neste estudo, pois a linhagem Lohamann Na Lite apresentou o
 6 menor β_2 (0,022) e β_1 (1.561,15 kg), seguida pela Nick Chick (0,023 e 1.595,77) que não
 7 apresentou diferença estatística quando comparada com a Bovans White (0,024 e 1.588,69 kg) e
 8 a linhagem mais tardia foi a Lohamann LSL Lite (0,025) com maior β_1 (1.642,74 kg) (Figura 5).

9 As aves apresentam crescimento sigmoide, ou seja, o crescimento e deposição dos
 10 nutrientes são processos contínuos, cuja taxa de crescimento relativo, em função da idade,
 11 aumenta do nascimento até o ponto que o valor do crescimento e deposição são máximos,
 12 apresentando um ponto de inflexão (β_3) quando este crescimento e deposição começam a diminuir
 13 tendendo a zero (Paz *et al.*, 2004). Segundo Fialho (1999), a taxa de crescimento (β_2) é máxima
 14 no β_3 e as características desta curva, permeiam este ponto. Na tabela 6 é possível observar que
 15 o β_3 da linhagem Nick Chick ocorreu com, aproximadamente 55 dias, com taxa de crescimento
 16 de 16,20g, já as linhagens Lohamann Na Lite, Bovans White e Lohamann LSL Lite, este ocorreu
 17 com aproximadamente 60 dias, com taxa de crescimento de 12,62, 13,98 e 15,04 respectivamente.

18 A linhagem Lohamann Na Lite apresentou maior β_3 (57,76), quando comparada com as
 19 demais linhagens. Demonstrando que estes animais atingiram o ponto de inflexão com
 20 aproximadamente 9 semanas de idade, sendo mais tardios. Já a Linhagem Lohamann LSL Lite
 21 apresentou maior precocidade ao atingir o β_3 com 55,70 dias, aproximadamente 7 semanas, no
 22 entanto, não diferiu estatisticamente das linhagens Bovans White (56,56 dias) com 8 semanas e
 23 Nick Chick (55,57 dias), aproximadamente 7 semanas de idade (Tabela 5). Dados que estão de
 24 acordo com o recomendados pelo manual das linhagens estudadas.

25 O ponto de inflexão da curva de crescimento é um parâmetro de grande interesse
 26 econômico, indicando a idade que as aves apresentam a taxa máxima de crescimento, e a partir
 27 desse ponto, há redução na taxa de crescimento. A maior taxa de crescimento de peso estimado
 28 foi observada nas aves da Linhagem Nick Chick, 16,260 g dia, sendo esta, também mais precoce
 29 (55 dias). Seguida pela Linhagem Lohamann LSL Lite, 15,019 g dia, Bovans White de 13,980 g
 30 dia e 12,620 g dia, com idade de 60 dias, como observados na tabela 6.

31

32 **Conclusões**

33 Foi possível estimar as equações de Gompertz para as linhagens estudadas obtendo as
 34 seguintes equações: Nick Chick: $1597,77 \times \exp(-\exp(-0,023 \times (\beta_3 - 55,7)))$, Lohamann
 35 Na Lite: $1561,15 \times \exp(-\exp(-0,022 \times (\beta_3 - 57,76)))$, Bovans White: $1588,69 \times$

1 $\exp(-\exp(-0,024 \times (\beta_3 - 56,56)))$ e Lohamann LSL Lite: $1642,74 \times \exp(-\exp(-0,025 \times$
 2 $(\beta_3 - 55,57)))$. O β_1 das linhagens Lohamann Na Lite e Lohamann LSL Lite foi superestimado,
 3 e para a linhagem Bovans White, foi subestimado

4 Referências

- 5 _____ . Manual da linhagem Bovans White, 2022. Disponível em:
 6 [https://www.bovans.com/pt-br/bovans-white-and-bovans-brown-layers-pt-br/bovans-](https://www.bovans.com/pt-br/bovans-white-and-bovans-brown-layers-pt-br/bovans-white-pt-br/)
 7 [white-pt-br/](https://www.bovans.com/pt-br/bovans-white-and-bovans-brown-layers-pt-br/bovans-white-pt-br/) Acessado em 03 de ago. de 2023.
- 8 _____ . Manual da linhagem Lohamann LSL Lite, 2022. Disponível em: [https://lohmann-](https://lohmann-breeders.com/media/2020/08/LOHMANN_MG_LSL-Lite_Portuguese.pdf)
 9 [breeders.com/media/2020/08/LOHMANN_MG_LSL-Lite_Portuguese.pdf](https://lohmann-breeders.com/media/2020/08/LOHMANN_MG_LSL-Lite_Portuguese.pdf) Acessado em 03
 10 de ago. de 2023.
- 11 _____ . Manual da linhagem Lohamann NA Lite, 2022. Disponível em:
 12 <https://www.planaltopostura.com.br/funcionamento> Acessado em 03 de ago. de 2023.
- 13 _____ . Manual da linhagem Nick Chick, 2022. Disponível em: [https://hn-int.com/wp-](https://hn-int.com/wp-content/uploads/2020/10/nick-chick-pt-compressed.pdf)
 14 [content/uploads/2020/10/nick-chick-pt-compressed.pdf](https://hn-int.com/wp-content/uploads/2020/10/nick-chick-pt-compressed.pdf) . Acessado em 03 de ago. de 2023.
- 15 Barbosa, P.F., Alencar, M. M. & Silva, A.M. (2002). Peso a maturidade, taxa de desenvolvimento
 16 e eficiência produtiva em fêmeas da raça Canchim. *Arquivo Brasileiro de Medicina*
 17 *Veterinária e Zootecnia*, 54(5). Doi: [10.1590/S0102-09352002000500009](https://doi.org/10.1590/S0102-09352002000500009)
- 18 Carvalho, L.C., Nogueira, H.S., Minussi, A.R.T., Lima, M.B., Munari, D.P., Peruzzi, N.J. &
 19 Silva, E.P. (2020). Genetic growth potencial characterization in the Japanese quail: a meta-
 20 analysis, *Animal*, 14(2), s341-s347. doi:[10.1017/S1751731120001202](https://doi.org/10.1017/S1751731120001202)
- 21 Dana, N., Waaij, E.H.V. & Arendonk, J.A.M.V. (2011) Genetic and phenotypic parameter
 22 estimates for bode weights and egg production in Horro Chicken of Ethiopia. *Tropical*
 23 *Animal Health and Production*, 43: 21-28. doi: [10.1007/s11250-010-9649-4](https://doi.org/10.1007/s11250-010-9649-4).
- 24 Fialho, F.B. (1999) *Interpretação da curva de crescimento de Gompertz*. Embrapa – CNPSA,
 25 Concórdia Santa Catarina, Brasil, 237, 1-4.
- 26 Finco, E.M. (2015) Modelos de curvas de crescimento de 1 a 119 dias de codornas de postura
 27 Vicami 2014 [Dissertação de mestrado Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR,
 28 Brasil]
- 29 Galeano-Vasco, L. & Cerón-Muñoz, M. F. (20130). Modelación del crecimiento de pollitas
 30 mediante el uso de redes neuronales. *Revista MVZ de Córdoba*, 18, 3861-3867. doi:
 31 [10.1590/S1516-35982014001100003](https://doi.org/10.1590/S1516-35982014001100003)

- 1 Gompertz, B. (1825). On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and
2 on a new mode of determining the value of life contingencies. *Philosophical Transactions*
3 *of the Royal Society of London*, 115, 513-585.
- 4 Heidelberger, P. & Welch, P. (1983). Simulation run length control in the presence of an initial
5 transient. *Operations Research*, Baltimore, 31, 1109-44.
- 6 Kirikçi, K., Günlü, A., Çetin, O. & Garip, M. (2007). Efeito do peso da galinha na produção de
7 ovos e algumas características de qualidade do ovo na perdiz (*Alectoris graeca*). *Ciência*
8 *Avícola*, 86:1380-1383.
- 9 Klein, S.V.D., Kwakkel, R.P., Ducro, B.J. & Zuidhof, M.J. (2020). Multiphasic nonlinear mixed
10 growth models for laying hens. *Poultry Science*, 99(11), 5615-5624. Doi:
11 10.1016/j.psj.2020.08.054
- 12 Neme, R., Sakomura, N.K., Fukayama, E.H., Freitas, E.R., Fialho, F.B., Resende, K.T. &
13 Fernandes, J.B.K. (2006). Curvas de crescimento e de deposição dos componentes corporais
14 em aves de postura de diferentes linhagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(3), 1091-
15 110. Doi: 10.1590/S1516-35982006000400021
- 16 Paz, C.C.P. & Packer, I.U., Freitas, A.R., Tambasco-Talhari, D., Regitano, L.C.A., Alencar,
17 M.M., & Cruz, G.M. (2004). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 1416-1425.
- 18 R Development core team. (2022) R: *A language and environment for statistical computing*. R
19 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: [http://www.R-](http://www.R-project.org)
20 [project.org](http://www.R-project.org).
- 21 Rossi, R. M. (2011) *Introdução aos métodos Bayesianos na análise de dados zootécnicos com*
22 *uso do Win BUGS e R*. Maringá: Eduem.
- 23 Rossi, R. M., Guedes, T. A., Martins, E. N. & Jobim, C. C. (2010). Bayesian analysis for
24 comparison of nonlinear regression model parameters: an application to ruminal
25 degradability data. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 39(2), 419-24. Doi:
26 10.1590/S1516-35982010000200027
- 27 Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Hannas, M.I., Donzele, J.L., Sakomura, N.K., Perazzo, F.G.,
28 Saraiva, A., Teixeira, M.L., Rodrigues, P.B., Oliveira, R.F., Barreto, S.L.T. & Brito, C.O.
29 (2017). *Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: comparação de alimentos e exigências*
30 *nutricionais*. 4ª ed. Viçosa MG: UFV, departamento de Zootecnia.
- 31 Spiegelhalter, D.J., THOMAS, A., BEST, N. & GILKS, W. (1994). *BUGS - Bayesian Inference*
32 *using Gibbs Sampling*. Cambridge: MRC Biostatistics Unit.

- 1 Verhulst, P. F. (1838). Notice sur la loi que la population poursuit dans son accroissement.
- 2 *Correspondence of Mathematical Physics*, 10, 113-121.
- 3

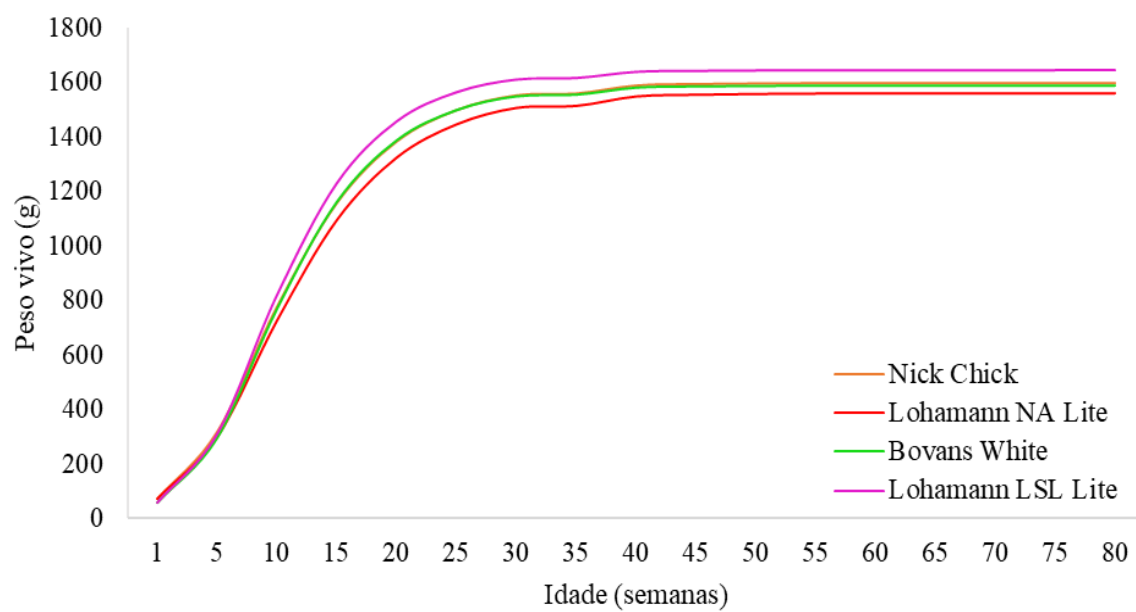
1 Tabela 5 Estimativas Bayesianas (média (desvios-padrão)) para os parâmetros do modelo de
 2 Gompertz* para as linhagens Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White e Lohamann LSL
 3 Lite.

| Parâmetro | Linhagem | | | |
|----------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|
| | <i>Nick Chick</i> | <i>Lohamann NA Lite</i> | <i>Bovans White</i> | <i>Lohamann LSL Lite</i> |
| β_1 | 1.595,77 ^b | 1.561,15 ^c | 1.588,69 ^b | 1.642,74 ^a |
| | -2,94 | -3,36 | -3,08 | -3,38 |
| β_2 | 0,023 ^b | 0,022 ^c | 0,024 ^b | 0,025 ^a |
| | -0,0003 | -0,0003 | -0,0003 | -0,0001 |
| β_3 | 55,70 ^b | 57,76 ^a | 56,56 ^c | 55,57 ^{bc} |
| | -0,3432 | -0,4364 | -0,3822 | -0,4011 |
| σ | 117,49 | 124,6 | 118,51 | 130,59 |
| DIC | 38.600 | 34.470 | 35.680 | 34.730 |
| R ² | 0,9562 | 0,953 | 0,9585 | 0,9528 |

4 ^{a,b,c} letras iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05). β_1 = peso
 5 assintótico à maturidade (g); β_2 representa o crescimento relativo no ponto de inflexão (g/dia por
 6 g) e β_3 a idade no ponto de inflexão (dias). DIC: *Deviance Information Criterion*; R²: Coeficiente
 7 de determinação.

8

1



2

3 Figura 3 Ajustes não lineares estimados de equação de Gompertz (1999), por linhagem de
4 poedeiras estudadas (Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White e Lohamann LSL Lite).

5

6

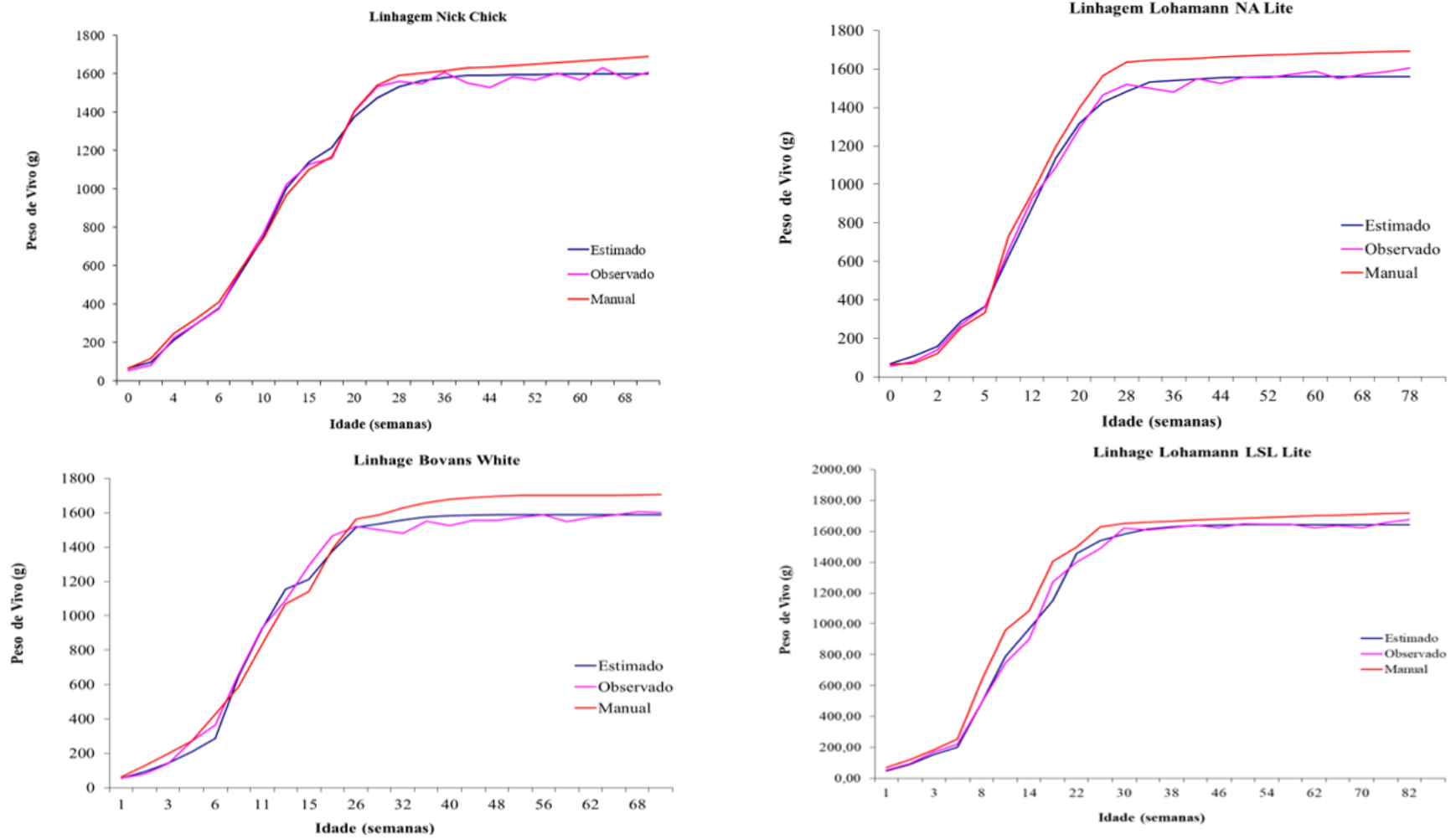
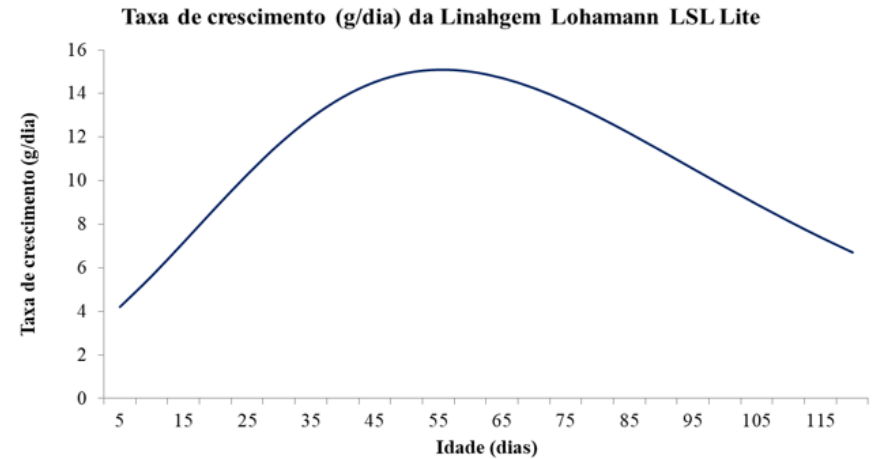
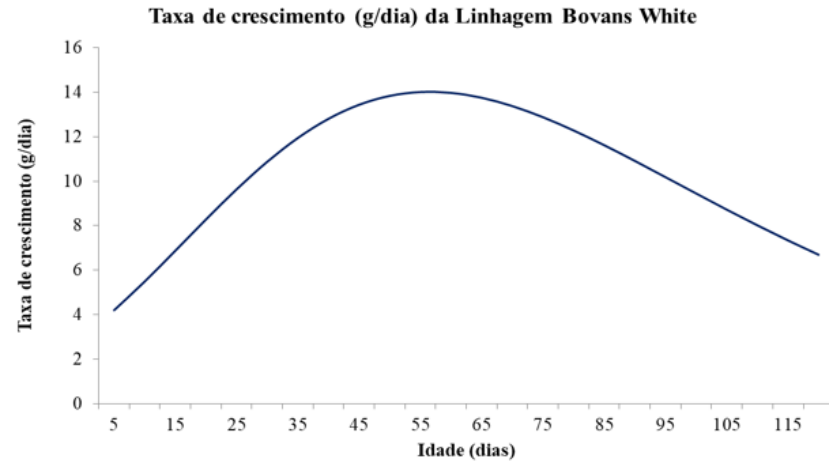
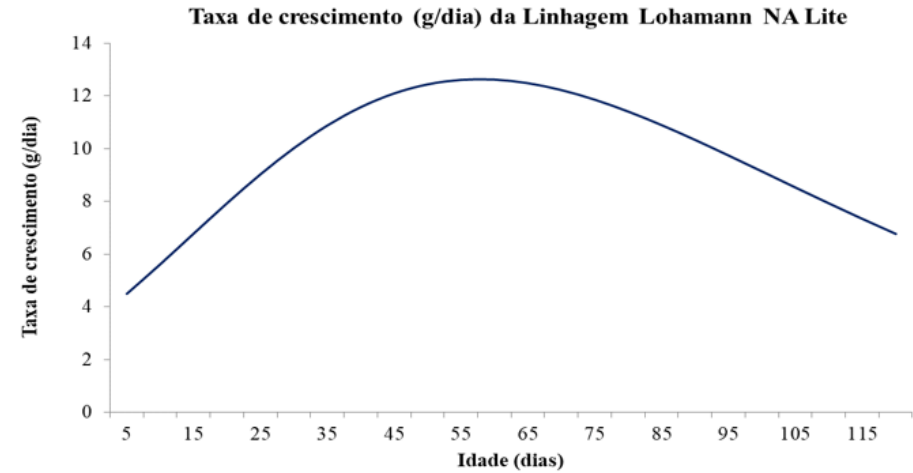
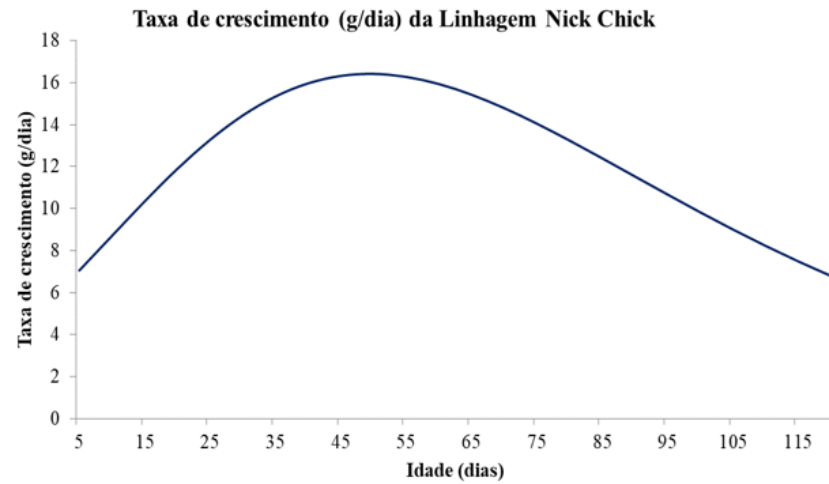


Figura 4 Curva de crescimento para o peso vivo (g) observado, estimado e recomendado pelo manual da linhagem, em função da idade (semanas) de poedeiras leves das linhagem: Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White e Lohamann LSL Lite.



- 1
- 2 Figura 5 Curva da taxa de crescimento para o peso vivo (g/dia) estimado das linhagem, em função da idade (dias) de poedeiras leves da linhagem Nick
- 3 Chick; Lohamann NA Lite; Bovans White e Lohamann LSL Lite.

- 1 Tabela 6 Taxa de crescimento (g) estimado por meio da derivada da equação de Gompertz, em
 2 função da idade em dias, para as linhagens Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White e
 3 Lohamann LSL Lite.

| Taxa de Crescimento estimado (g/dia) | | | | |
|--------------------------------------|-----------|------------------|--------------|-------------------|
| Idade | Nick Chic | Lohamann Na Lite | Bovans White | Lohamann LSL Lite |
| 5 | 7,058 | 4,504 | 4,185 | 4,217 |
| 10 | 8,705 | 5,626 | 5,482 | 5,641 |
| 15 | 10,342 | 6,789 | 6,869 | 7,186 |
| 20 | 11,885 | 7,942 | 8,279 | 8,769 |
| 25 | 13,264 | 9,037 | 9,637 | 10,300 |
| 30 | 14,422 | 10,028 | 10,878 | 11,698 |
| 35 | 15,323 | 10,884 | 11,949 | 12,898 |
| 40 | 15,950 | 11,578 | 12,812 | 13,855 |
| 45 | 16,303 | 12,099 | 13,446 | 14,542 |
| 50 | 16,398 | 12,441 | 13,845 | 14,956 |
| 55 | 16,260 | 12,611 | 14,017 | 15,107 |
| 60 | 15,920 | 12,620 | 13,980 | 15,019 |
| 65 | 15,413 | 12,484 | 13,760 | 14,725 |
| 70 | 14,775 | 12,222 | 13,385 | 14,258 |
| 75 | 14,038 | 11,856 | 12,884 | 13,657 |
| 80 | 13,234 | 11,406 | 12,288 | 12,956 |
| 85 | 12,390 | 10,891 | 11,624 | 12,187 |
| 90 | 11,528 | 10,331 | 10,916 | 11,378 |
| 95 | 10,668 | 9,742 | 10,185 | 10,552 |
| 100 | 9,825 | 9,137 | 9,448 | 9,730 |
| 105 | 9,009 | 8,529 | 8,721 | 8,925 |
| 110 | 8,230 | 7,927 | 8,013 | 8,150 |
| 115 | 7,493 | 7,340 | 7,333 | 7,412 |
| 120 | 6,801 | 6,773 | 6,688 | 6,718 |

V - AJUSTE DE CURVAS DE PRODUÇÃO DE OVOS PELO MÉTODO DE WOOD PARA QUATRO LINHAGENS DE POEDEIRAS LEVES

RESUMO

Objetivou-se com este estudo ajustar, pelo método de Wood, a curva de produção de ovos de quatro linhagens de poedeiras leves (Nick Chick, Lohamann NA Lite, Bovans White e Lohamann LSL) por meio da análise Bayesiana. Foram utilizadas 480 aves de um dia a 80 semanas de idade, sendo 120 aves por linhagem avaliada. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, com 20 repetições para cada grupo genético. Todos os ovos foram coletados, por três dias em 3 períodos e a cada 28 dias, todos os ovos foram coletados. Os dados foram analisados em função do modelo matemático descrito por Wood, por meio da inferência Bayesiana com auxílio do software R. O modelo de Wood foi eficiente para determinar a curva de produção de ovos das linhagens estudadas (Nick Chick, Lohamann NA, Bovans White e Lohamann LSL) no período de 18 a 80 semanas de idade. A linhagem Lohamann LSL Lite apresentou precocidade no início de postura (17 semanas), maior taxa de rendimento (0,78) e menor taxa de declínio na postura (0,02), quando comparada com as demais linhagens. Já a linhagem Nick Chick apresentou maior pico de postura (114,49 dias) com maior persistência (6,56 semanas).

Palavras-chave: Bovans White, Lohamann LSL, Lohamann NA Lite, Nick Chick, modelos não lineares.

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

As linhagens comerciais modernas de galinhas poedeiras são selecionadas predominantemente para produção de ovos, resistência sanitária, eficiência alimentar e desempenho individual (Wurtz *et al.*, 2022). A produção de ovos é influenciada por diferentes genes e fatores ambientais. A redução na idade para atingir a maturidade sexual, aumento na taxa de postura e maior persistência de postura e pico de postura, influenciam diretamente no número de ovos produzidos (Backer, 2013).

A mensuração da eficiência produtiva das aves pode ser realizada por meio de número de ovos produzidos em unidade ou pela taxa de postura, descrita em porcentagem. No entanto, a curva de produção pode ser feita por meio de outros métodos mais precisos, como os métodos estatísticos, que são capazes de prever e estimar estas curvas. Para

1 isto, utiliza técnicas estatística como os modelos matemáticos não lineares, modelos
2 mistos e entre outras ferramentas (Rossi, 2008; Ahamad, 2011; Becker, 2013; Shibak *et*
3 *al.*, 2023).

4 Os modelos não lineares descritos por Gompertz (1999), Richards (1959), assim
5 como os modelos de Wood (1967), McNally (1971), Yang (1989), Nelder (1961) e
6 Lokhorst (1996) são descritos na literatura como modelos capazes de ajustar e prever a
7 curva de produção de ovos (Rossi, 2008; Ahamad, 2011; Becker, 2013; Shibak *et al.*,
8 2023). Os dados coletados visando esta análise apresentam comportamento longitudinal,
9 ou seja, observações de um mesmo indivíduo ao longo do tempo. E, esta característica é
10 diretamente relacionada a herdabilidade genética, assim, os modelos matemáticos não
11 lineares que apresentam a capacidade de interpretação biológica dos parâmetros e
12 longitudinais apresentam melhores ajustes.

13 O modelo descrito por Wood (1967), foi inicialmente utilizado para descrever a
14 curva de lactação de bovinos leiteiros. No entanto, vem sendo empregado no estudo da
15 determinação da curva de produção de ovos (Rossi, 2008; Moreira *et al.* 2023; Shibak *et*
16 *al.* 2023). Além de ajustar ao banco de dados e prever os parâmetros da curva de
17 produção é possível com uso das funções, fornecer outros parâmetros adicionais de
18 interesse como o pico da produção ou rendimento máximo (*pp*), dia ou ocasião do pico
19 de produção (*dpp*) e persistência (*s*) de postura.

20 Diante disso, objetivou-se neste estudo estimar a curva de produção de ovos, o pico
21 da produção ou rendimento máximo (*pp*), dia ou ocasião do pico de produção (*dpp*) e
22 persistência (*s*) de produção de ovos utilizando a equação não linear descrita por Wood.
23 E, avaliar a qualidade dos parâmetros por meio da inferência Bayesiana, no período de
24 18 e 80 semanas de idade de quatro linhagens de poedeiras leves (Nick Chick, Lohamann
25 NA Lite, Bovans White e Lohamann Lite).

26 **MATERIAIS E MÉTODOS**

27 ***Instalações, delineamento e dieta experimental***

28 O experimento foi realizado na Granja Figueiredo, localizada no município de
29 Mandaguari - PR, de acordo com as normas propostas pelo Comitê de Ética em
30 Experimentação Animal da Universidade Estadual de Maringá (UEM), descrito sobre o
31 nº de protocolo 6329180919.

1 Foram utilizadas o total de 480 galinhas poedeiras de 18 semanas a
2 aproximadamente 80 semanas de idade, sexadas e identificadas com bastões coloridos
3 sendo estas: 120 da linhagem Nick Chick, 120 Lohman Lite, 120 Bovans White, e 120
4 Lohman LSL.

5 As práticas de manejo realizadas na granja de postura foram as convencionais. O
6 programa de iluminação que foi utilizado foi à junção do programa artificial e luz natural,
7 na postura o programa de iluminação começou com 14 horas de luz com 18 semanas de
8 idade e foi aumentado uma hora por semana até atingir 16 horas de luz de iluminação por
9 dia.

10 As aves foram alimentadas de acordo com as exigências de cada fase de vida
11 seguindo as recomendações descritas por Rostagno (2017), recebendo água e ração *ad*
12 *libitum* em todas as fases.

13 Na fase de postura as aves foram alojadas em galpões determinados pelo
14 cronograma da empresa, sendo eles:

15 Linhagem 1 - Nick Chick

16 As aves foram alojadas em um galpão elevado, com corredor de chão ripado, com
17 telhas de fibrocimento, presença de nebulizadores e lanterninhos, gaiolas de arame
18 galvanizados (35 cm x 30 cm x 30 cm), com quatro aves por gaiola, dispostas em 3 fileiras
19 sobrepostas, com comedouro tipo calha e bebedouro tipo chupeta (*nipple*), neste galpão
20 a coleta de ovos e arraçamento foram realizados de forma manual.

21 Linhagem 2 – Lohmann NA Lite e Linhagem 3 - Bovans White

22 As aves foram alojadas em dois galpões elevados (um para cada linhagem) com
23 corredor de chão ripado, com telhas de fibrocimento, presença de nebulizadores e
24 lanterninhos, gaiolas de arame galvanizados (50 cm x 45 cm x 45 cm) com seis aves por
25 gaiola, dispostas em 3 fileiras sobrepostas, com comedouro automatizado tipo calha e
26 bebedouro tipo chupeta (*nipple*) e coleta de ovos manual.

27 Linhagem 4 - Lohmann LSL

28 As aves foram alojadas em um galpão convencional tipo californiano, com telhas
29 de barro, presença de lanterninhos, gaiolas para seis aves alojadas (50 cm x 45 cm x 45
30 cm) convencionais, três fileiras sobrepostas, com comedouros tipo calha e bebedouro tipo
31 chupeta (*nipple*), coleta de ovos e arraçamento manual.

1 **Coleta de dados**

2 A produção de ovos foi registrada nos três últimos dias do final de cada ciclo (28
3 dias) durante todo o período de produção (18 a 80 semanas de idade) e foi registrado
4 como produção total para estimar os parâmetros da curva de produção por meio da
5 inferência Bayesiana.

6 **Análise estatística**

7 Para a análise dos dados de produção de ovos, foi considerado uma regressão não
8 linear para predizer os parâmetros da curva via equação de Wood (1967):

$$9 \quad y_{ijk} = a_k t_{ijk}^b e^{-c_k t_{ijk}} \quad (1)$$

10 em que i -animal = 1, 2, ... N; j -tempo = 1, 2, ... J; k -linhagem = 1, 2, ... K; y = produção
11 total (semanal); a = produção inicial; b = taxa de rendimento aumentada até o pico da
12 curva; c = taxa de declínio do rendimento após o pico da curva (fator de persistência); t =
13 semanas;

14 Por meio das estimativas dos parâmetros da curva, funções que fornecem outros
15 parâmetros adicionais de interesse: pico da produção ou rendimento máximo (pp), dia ou
16 ocasião do pico de produção (dpp) e persistência (s) de postura:

$$17 \quad pp = a \left(-\frac{b}{c} \right)^b e^{-b}, \quad dpp = \frac{b}{c} \quad \text{e} \quad s = -(b+1) \ln(-c). \quad (2)$$

18 Para reduzir o viés experimental pelas baixas repetições dos animais e comparar
19 os parâmetros da curva entre os tratamentos, utilizou-se a inferência Bayesiana, descrita
20 por Rossi (2011) e Bianchi *et al.* (2018), para todos os parâmetros dos modelos
21 considerados. Para (1) considerou-se que $y_i \sim N(f(t_i), \tau)$, em que $f(t_i)$ é a função não linear
22 (1) e $\tau = 1/\sigma^2$ a precisão segundo parametrização OpenBUGS (programa computacional
23 para inferência Bayesiana - Spiegelhalter *et al.*, 1994). Além disso, foram consideradas
24 distribuições *a priori* não informativas para todos os parâmetros do modelo, isto é, uma
25 distribuição Gama para a e para τ ($\sim \text{Gama}(10^{-3}, 10^{-3})$) e Uniforme para b e para c , ($\sim U_{(0,1)}$).

26 O procedimento de comparação múltipla foi baseado nas amostras *a posteriori*
27 das estimativas dos parâmetros dos modelos considerados. Diferenças significativas
28 foram consideradas ao nível de 5% entre os tratamentos, isto é, se o valor zero não
29 estivesse contido no intervalo com 95% de credibilidade do contraste desejado. As
30 distribuições marginais *a posteriori* para todos os parâmetros foram obtidas pelo
31 programa R (R Development Core Team, 2023) por meio do pacote *BRugs*. Para cada
32 parâmetro, 1.100.000 valores foram gerados em um processo MCMC (*Monte Carlo*

1 *Markov Chain*), considerando um período de descarte de amostra de 100.000 valores
2 iniciais. A amostra final foi tomada em saltos de tamanho 50, significando que para cada
3 100 valores tomados, uma foi incluída na amostra final, com 20.000 valores gerados. A
4 convergência de todas as cadeias foi verificada pelo teste de Heidelberger e Welch (1983)
5 do pacote *coda* do R.

6 **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

7 Foi possível por meio da equação descrita por Wood (1967) estimar a curva de
8 produção de ovos para as quatro linhagens estudadas. As estimativas Bayesianas assim
9 como a média, desvio padrão, mediana e intervalo de credibilidade ($P_{2,5\%}$ e $P_{97,5\%}$) para
10 os parâmetros do modelo de Wood (1967), estão descritos na tabela 7 e figura 6.

11 Na curva descrita por Wood (1967), o parâmetro corresponde a produção inicial
12 em semanas de ovos, demonstrando que a linhagem Lohamann LSL, quando comparada
13 com as demais linhagens estudadas demonstrou ser mais precoce, com início de produção
14 com 17 semanas de idade. Esta linhagem também apresentou maior taxa de rendimento
15 (0,78) e menor taxa de declínio na postura (0,02). Ou seja, as aves desta linhagem atingem
16 o pico de postura mais precoce, sem prejuízos na produção e ao sair do pico, esta
17 concavidade da curva é moderada, fazendo com que o animal permaneça em pico por
18 mais tempo.

19 Na Tabela 8 pode-se observar as estimativas Bayesianas média, desvio padrão,
20 mediana e intervalo de credibilidade ($P_{2,5\%}$ e $P_{97,5\%}$) para os parâmetros de interesse
21 calculados por meio das estimativas dos parâmetros da curva de Wood. Sendo o pico de
22 produção ou rendimento máximo (pp), o dia ou ocasião em que ocorreu o pico de
23 produção (dpp) e a persistência da produção (s), neste caso de postura.

24 Considerando os parâmetros estimados por meio da inferência Bayesiana para as
25 linhagens estudadas foi possível estimar, por meio de funções matemáticas, o pico de
26 produção ou permanência no pico (pp), dia em semanas que ocorreu o pico (b) e a
27 persistência da postura (s). A linhagem que apresentou rendimento máximo, ou seja,
28 maior permanência no pico foi a Nick Chick apresentando 114,48 dias \approx 16,5 semanas,
29 seguida pela Lohamann NA (111,39 \approx 16 semanas) Lohamann LSL (108,40 \approx 15,48
30 semanas) e Bovans White com 107,42 \approx 15,34 semanas. Comparando os valores
31 estimados com os descritos pelos manuais das linhagens estudadas, observa-se que, para
32 todas as linhagens a permanência do pico de postura foi superestimado. Sendo descritos
33 como 10 semanas para a Nick Chick, 12 semanas para Lohamann NA Lite, 13 semanas

1 para Bovans White e 10 semanas para Lohamann LSL Lite (Bovans White, 2022;
2 Lohamann LSL Lite, 2022; Lohamann NA Lite, 2022; Nick Chick, 2022)

3 A linhagem Lohamann NA apresentou o pico de postura com 28,81 semanas de
4 idade, sendo este o mais precoce, seguida pela Nick Chick (30,93 semanas de idade),
5 Lohamann LSL (33,83 semanas de idade) e a Bovans White (33,95 semanas de idade).
6 Para a persistência da postura pós-pico as linhagens Nick Chick e Lohamann LSL
7 demonstraram maior período de produtividade, seguidas pelas Bovans White e Lohamann
8 NA. A idade em que os animais atingiram o pico de postura, foi subestimada para as
9 linhagens Nick Chick e Lohamann NA LSL (36 semanas e 33,5 semanas de idade
10 respectivamente) e superestimada para a linhagem Bovans White (31 semanas de idade)
11 (Bovans White, 2022; Lohamann LSL Lite, 2022; Lohamann NA Lite, 2022; Nick Chick,
12 2022). No entanto, para a linhagem Lohamann LSL Lite os valores estimados e os
13 recomendados são similares, sendo 33 semanas de idade (Lohamann LSL Lite, 2022).

14 Estudando a relação da produção e qualidade de ovos e a idade das aves (100
15 semanas) da linhagem Nick Brown criadas em gaiolas Alfonso-Carrillo *et al.* (2021),
16 observaram que as aves apresentaram alta variação na produção de ovos, sendo de 75 a
17 55%, com peso médio de 67g. Os autores destacaram que a aves que apresentam maior
18 produção e alta qualidade de casca são os animais mais pesados e que apresentam útero
19 maior. Este fato pode estar relacionado ao pleno desenvolvimento do sistema reprodutivo,
20 indicando que o peso a maturidade e o peso dos ovos estão correlacionados com o ciclo
21 reprodutivo (Akbas e Takma, 2005; Finco *et al.*, 2015 Alfonso-Carrillo *et al.*, 2021).

22 CONCLUSÕES E APLICAÇÕES

23 O modelo de Wood foi eficiente para determinar a curva de produção de ovos de galinhas
24 das linhagens estudadas (Nick Chick, Lohamann NA, Bovans White e Lohamann LSL) no
25 período de 18 a 80 semanas de idade. A linhagem Nick Chick apresentou maior *pp* (pico
26 de postura) com maior *s* (persistência) quando comparada com as demais linhagens.

27 REFERÊNCIAS

28 _____ . Manual da linhagem Bovans White, 2022. Disponível em:
29 [https://www.bovans.com/pt-br/bovans-white-and-bovans-brown-layers-pt-br/bovans-](https://www.bovans.com/pt-br/bovans-white-and-bovans-brown-layers-pt-br/bovans-white-pt-br/)
30 [white-pt-br/](https://www.bovans.com/pt-br/bovans-white-and-bovans-brown-layers-pt-br/bovans-white-pt-br/) Acessado em 03 de ago. de 2023.

- 1 _____ . Manual da linhagem Lohamann LSL Lite, 2022. Disponível em:
2 https://lohmann-breeders.com/media/2020/08/LOHMANN_MG_LSL-
3 [Lite_Portuguese.pdf](#) Acessado em 03 de ago. de 2023.
- 4 _____ . Manual da linhagem Lohamann NA Lite, 2022. Disponível em:
5 <https://www.planaltopostura.com.br/funcionamento> Acessado em 03 de ago. de 2023.
- 6 _____ . Manual da linhagem Nick Chick, 2022. Disponível em: [https://hn-](https://hn-int.com/wp-content/uploads/2020/10/nick-chick-pt-compressed.pdf)
7 [int.com/wp-content/uploads/2020/10/nick-chick-pt-compressed.pdf](#) . Acessado em 03
8 de ago. de 2023.
- 9 Afonso-Carrillo, C, C Benavides-Reyes, J Mozos, N Dominguez- Gasca, E Sanchez-
10 Rodríguez, AI Garcia-Ruiz, AB Rodriiguez-Navarro. 2021. Relationship between bone
11 quality, egg production and eggshell quality in laying hens at the end of an extended
12 proction cycle (105 Weeks).
- 13 AHAMAD, HA. 2011. Egg production forecasting: Determining eficiente modeling
14 approaches. J Appl Poult Res. 20:463-473.
- 15 Akbaas, Y, Ç Takma. 2008.Canonical correlation analysis for studying the relationship
16 beteen egg production traits and body weight and age at sexual maturity in layers. Czech
17 J. Anim. Sci. 50.4:163-168, 2008.
- 18 BECKER FERREIRA, P. 2013. Produção de ovos de poedeiras das raças Plymouth Rock
19 Barrada, Plymouth Rock Branca e Rhode Island Red. Tese (doutorado) Universidade
20 Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em
21 Zootecnia, Santa Maria - RS, 118p.
- 22 Bianchi, AE, VP Macedo, AS Silva, ALF Silveira, JAG Hill, T Zortéa, RM Rossi, R
23 Batista. 2018. Effectof the addition of protected fat from palm oilto the diet of dairy sheep.
24 R. Bras. Zootec., 47:e20160137, 2018.
- 25 FINCO, E.M. 2015. Modelos de curvas de crescimento de 1 a 119 dias de codornas de
26 postura Vicami 2014. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Maringá, Centro
27 de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Maringá – PR, 111p

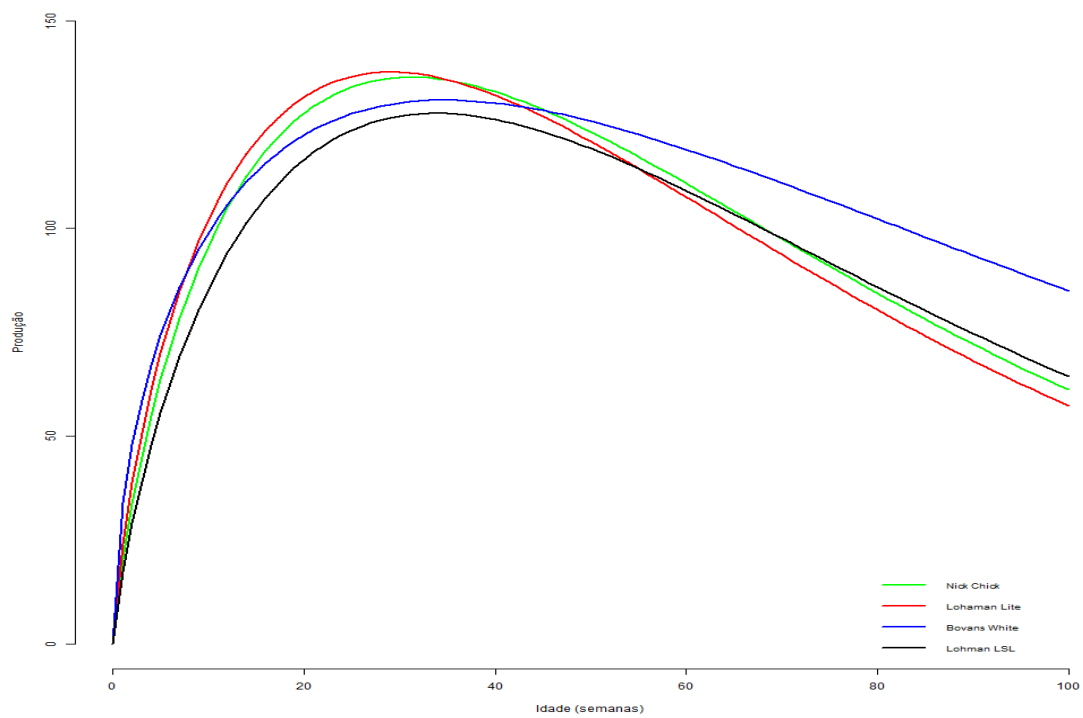
- 1 Heidelberg.; Welch, P. 1983. Simulation run length control in the presence of an initial
2 transient. *Operations Research*, Baltimore, 31:1109-44.
- 3 R Development Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. R
4 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: [http://www.R-](http://www.R-project.org)
5 [project.org](http://www.R-project.org). 2023.
- 6 Rossi, R. M. 2008a Aspectos genéticos de curvas de probabilidade de postura em
7 codornas. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências
8 Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Maringá – PR. 118p.
- 9 Rossi, RM. 2011b. Introdução aos métodos Bayesianos na análise de dados zootécnicos
10 com uso do WinBUGS e R. Maringá: Eduem, 2011. 191 p.
- 11 Rostagno, H S, LFT Albino, MI Hannas, JL Donzele, NK Sakomura, FG Perazzo, A
12 Saraiva, ML Teixeira, PB Rodrigues, RF Oliveira, SLT Barreto, CO Brito. 2017. Tabelas
13 Brasileiras para Aves e Suínos: comparação de alimentos e exigências nutricionais. 4ª ed.
14 Viçosa MG: UFV, departamento de Zootecnia, 488.p.
- 15 Shibak, A, A Maghsoudi, M Rokouei, H Homayoun Farhangfar, H Faraji-Arough,
16 Investigation of egg production curve in ostrich using nonlinear functions. *Poult Sci*,
17 102:1023333, 202.
- 18 Spiegelhalter, DJ, A THOMAS, N BEST, W GILKS. 1994. *BUGS - Bayesian Inference*
19 *using Gibbs Sampling*. Cambridge: MRC Biostatistics Unit.
- 20 Wood, PDP. 1967 Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*. London,
21 p.216-164.
- 22 Wurtz, KE, K Thodberg, A Berenjin, L Foldager, FM Tahamtani, AB Riber. 2022.
23 Commercial layer hybrids kept under organic conditions: a compararison of range use,
24 welfare, and egg production in two layer strains. *Poultry Science*, 101-9:102005.
- 25

1 Tabela 7 Estimativas Bayesianas (média, desvio padrão, mediana e intervalo de
 2 credibilidade (P2,5% e P97,5%)) para os parâmetros do modelo de produção de ovos de
 3 quatro linhagens de poedeiras comerciais leves.

| Linhagens | Parâmetros | Estimativas Bayesianas | | | | |
|---------------------|------------|------------------------|---------------|---------|-------------------|--------------------|
| | | ¹ Média | Desvio padrão | Mediana | P _{2,5%} | P _{97,5%} |
| Nick Chick | A | 20,83 ^a | 16,35 | 15,11 | 8,54 | 70,70 |
| Lohamann NA Lite | | 24,67 ^a | 20,89 | 17,06 | 8,43 | 85,98 |
| Bovans White | | 34,44 ^a | 22,81 | 27,89 | 8,88 | 95,41 |
| Lohamann LSL | | 17,70 ^b | 13,59 | 12,98 | 7,39 | 57,29 |
| Nick Chick | B | 0,77 ^a | 0,20 | 0,82 | 0,25 | 0,99 |
| Lohamann NA Lite | | 0,73 ^b | 0,22 | 0,78 | 0,18 | 0,99 |
| Bovans White | | 0,52 ^b | 0,25 | 0,53 | 0,08 | 0,94 |
| Lohamann LSL | | 0,78 ^a | 0,19 | 0,84 | 0,31 | 0,99 |
| Nick Chick | C | 0,03 ^a | 0,005 | 0,00 | 0,01 | 0,03 |
| Lohamann NA Lite | | 0,03 ^a | 0,006 | 0,03 | 0,01 | 0,04 |
| Bovans White | | 0,02 ^b | 0,006 | 0,02 | 0,01 | 0,03 |
| Lohamann LSL | | 0,02 ^b | 0,005 | 0,02 | 0,01 | 0,03 |

4 ¹ a,b,c) Letras distintas, nas linhas, indicam diferenças significativas entre as médias dos
 5 parâmetros à *posteriori*, das linhagens consideradas (NickChick, L₂:LohamannNA;
 6 BovansWhitee LohmannLSL), por meio de comparações Bayesianas, em nível de 95%
 7 de credibilidade. a: produção inicial, b: taxa de rendimento aumentada até o pico da curva,
 8 c: taxa de declínio do rendimento após o pico da curva.

9
 10



1

2 Figura 6 Comparação entre as curvas ajustadas de produção de ovos de quatro linhagens
3 de poedeiras comerciais.

4

5

1 Tabela 8 Estimativas Bayesianas (média, desvio padrão, mediana e intervalo de
 2 credibilidade (P2,5% e P97,5%)) para os parâmetros de interesses calculados por meio
 3 das estimativas dos parâmetros da curva de Wood.

| <i>Linhagens</i> | <i>Parâmetros</i> | <i>Estimativas Bayesianas</i> | | | | |
|------------------|-------------------|-------------------------------|----------------------|----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | ¹ <i>Média</i> | <i>Desvio padrão</i> | <i>Mediana</i> | <i>P_{2,5%}</i> | <i>P_{97,5%}</i> |
| Nick Chick | <i>Pp</i> | 114,48 ^a | 6,84 | 114,14 | 101,95 | 128,86 |
| Lohamann NA | | 111,39 ^b | 9,29 | 110,60 | 95,53 | 131,93 |
| Bovans White | | 107,72 ^c | 3,99 | 107,59 | 100,24 | 115,85 |
| Lohamann LSL | | 108,40 ^c | 6,94 | 108,15 | 11,72 | 122,96 |
| Nick Chick | <i>Dpp</i> | 30,93 ^a | 5,03 | 31,50 | 18,51 | 39,12 |
| Lohamann NA | | 28,81 ^{bc} | 7,26 | 29,35 | 14,26 | 39,55 |
| Bovans White | | 33,95 ^{ac} | 51,30 | 34,62 | 14,74 | 44,22 |
| Lohamann LSL | | 33,83 ^b | 7,70 | 34,00 | 21,82 | 43,75 |
| Nick Chick | <i>S</i> | 6,56 ^a | 0,46 | 6,65 | 5,41 | 7,21 |
| Lohamann NA | | 6,38 ^b | 0,53 | 6,48 | 5,13 | 7,17 |
| Bovans White | | 6,43 ^b | 0,46 | 6,42 | 5,55 | 7,26 |
| Lohamann LSL | | 6,72 ^{ab} | 0,45 | 6,81 | 5,62 | 7,39 |

4 ^{a,b,c} Letras distintas, nas linhas, indicam diferenças significativas entre as médias dos
 5 parâmetros à *posteriori*, das linhagens consideradas (NickChick, Lohamann NA; Bovans
 6 White e Lohmann LSL), por meio de comparações Bayesianas, em nível de 95% de
 7 credibilidade. *Pp*: pico de produção ou rendimento máximo, *Dpp*: dia ou ocasião do pico
 8 de produção, *S*: persistência de produção.