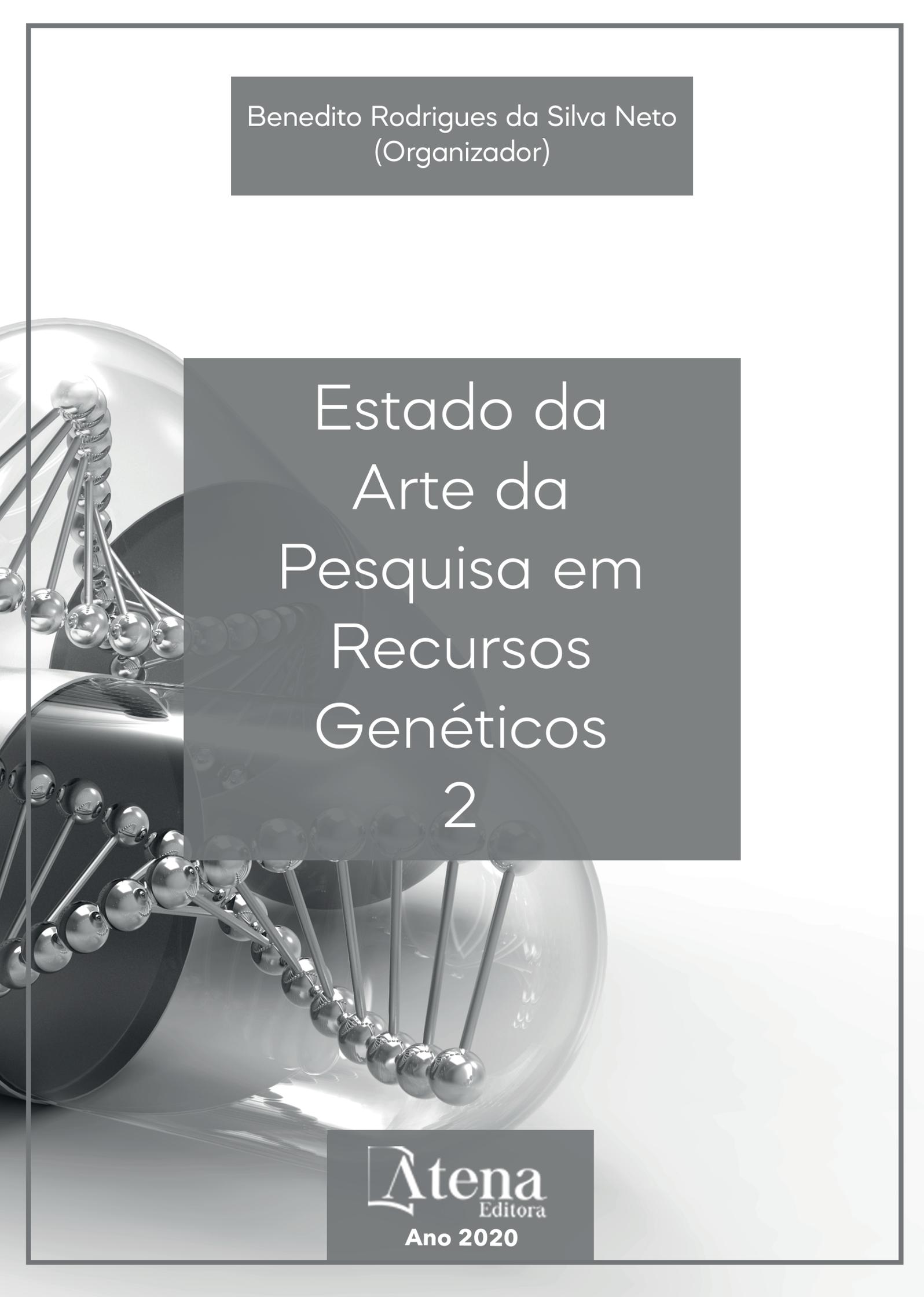


A Newton's cradle with five silver spheres and green rods, set against a background of a DNA double helix. The cradle is partially visible on the left side of the cover.

Benedito Rodrigues da Silva Neto  
(Organizador)

Estado da  
Arte da  
Pesquisa em  
Recursos  
Genéticos  
2

Atena  
Editora  
Ano 2020

A Newton's cradle with several silver spheres in motion, set against a light, abstract background. The spheres are arranged in a semi-circle, with some in motion and others at rest.

Benedito Rodrigues da Silva Neto  
(Organizador)

Estado da  
Arte da  
Pesquisa em  
Recursos  
Genéticos  
2

Atena  
Editora  
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Lorena Prestes

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

| <b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)<br/>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b> |   |
|---|---|
| E79   | <p>Estado da arte da pesquisa em recursos genéticos 2 [recurso eletrônico] / Organizador Benedito Rodrigues da Silva Neto. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF<br/>           Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.<br/>           Modo de acesso: World Wide Web.<br/>           Inclui bibliografia<br/>           ISBN 978-65-5706-122-0<br/>           DOI 10.22533/at.ed.220201806</p> <p>1. Genética – Pesquisa – Brasil. I. Silva Neto, Benedito Rodrigues da.</p> <p style="text-align: right;">CDD 575.1</p> |
| <b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>   |   |

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Este é o segundo volume do e-book “Estado da Arte da Pesquisa em Recursos Genéticos”, uma proposta atualizada e contextualizada em assuntos direcionado aos acadêmicos e docentes que se interessam por esta subárea da biologia denominada genética.

A genética e suas aplicações ao longo dos tem influenciado pesquisas e aplicações promissoras em todo o mundo, contribuindo de forma significativa na saúde, melhoramento agrícola, pesquisa animal, economia, desenvolvimento e biotecnologia. Deste modo, compreender essa ciência, em suas diferentes interfaces, é um dos objetivos principais do conteúdo deste livro

Sabemos que a genética aliada à revolução tecnológica tem contribuído de forma extremamente significativa com o avanço no campo das pesquisas básicas e aplicadas. Da mesma forma as descobertas propiciadas pelos estudos e artigos de diversos pesquisadores possibilitaram um entendimento mais amplo desta importante área.

Como sabemos a genética possui um campo vasto de aplicabilidades que podem colaborar e cooperar grandemente com os avanços científicos e entender um pouco mais da pesquisa e recursos genéticos e suas promissoras possibilidades, é o enfoque desta obra.

Assim abordamos aqui assuntos relativos aos avanços e dados científicos aplicados aos recursos genéticos, oferecendo um breve panorama daquilo que tem sido feito no país. O leitor poderá se aprofundar em temas direcionados à variabilidade, análise de agrupamento, painéis genéticos, análise multivariada, ecótipos, morfometria componentes principais, conservação, diversidade genética, dentre outros.

Nosso objetivo com este segundo volume é que mais uma vez o conteúdo deste material possa agregar de maneira significativa aos conhecimentos do leitor somados aos novos conceitos aplicados à genética, influenciando e estimulando cada vez mais a pesquisa nesta área em nosso país. Parabenizamos cada autor pela teoria bem fundamentada aliada à resultados promissores, e principalmente à Atena Editora por permitir que o conhecimento seja difundido e disponibilizado para que as novas gerações se interessem cada vez mais pelo ensino e pesquisa em genética.

Desejo à todos uma ótima leitura!

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....  | <b>1</b>  |
| METODOLOGIA PARA ESTUDO DO CRESCIMENTO DE GALINHAS NATURALIZADAS   |           |
| Vicente Ibiapina Neto  |           |
| Firmino José Vieira Barbosa  |           |
| José Elivalto Guimarães Campelo  |           |
| José Lindenberg Rocha Sarmento   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2202018061</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....  | <b>11</b> |
| UTILIZAÇÃO DE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS PARA O ACASALAMENTO DE GALINHAS NATURALIZADAS                         |           |
| Vicente Ibiapina Neto  |           |
| Firmino José Vieira Barbosa  |           |
| Severino Cavalcante de Sousa Júnior  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2202018062</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....  | <b>22</b> |
| A IMPORTÂNCIA DOS PAINÉIS GENÉTICOS NA BIOLOGIA HUMANA   |           |
| Reginaldo Ramos de Lima  |           |
| Benedito Rodrigues Da Silva Neto   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2202018063</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....  | <b>29</b> |
| VARIABILIDADE FENOTÍPICA DE GRUPOS GENÉTICOS DE GALINHAS NATURALIZADAS                                       |           |
| Vicente Ibiapina Neto  |           |
| Firmino José Vieira Barbosa  |           |
| José Elivalto Guimarães Campelo  |           |
| José Lindenberg Rocha Sarmento   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2202018064</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....  | <b>43</b> |
| USO DA BIOINFORMÁTICA NA BUSCA DE NOVAS TERAPIAS GENÉTICAS EM PROTEÍNAS-ALVOS DE PACIENTES COM ATEROSCLEROSE |           |
| Andreia Marcelino Barbosa  |           |
| Kleber Santiago Freitas e Silva  |           |
| Iasmim Ribeiro da Costa  |           |
| Isabela Barros Lima  |           |
| Ulisses dos Santos Vilarinho   |           |
| Oximano da Silva Dias Neto   |           |
| Kátia Karina Verolli de Oliveira Moura   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2202018065</b>   |           |
| <b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....   | <b>56</b> |
| <b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....  | <b>57</b> |

## METODOLOGIA PARA ESTUDO DO CRESCIMENTO DE GALINHAS NATURALIZADAS

Data de aceite: 16/06/2020

Data de submissão: 17/01/2020

### Vicente Ibiapina Neto

Universidade Federal do Piauí, Pós-graduando  
em Ciência Animal  
Teresina – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/0072877646211278>

### Firmino José Vieira Barbosa

Universidade Estadual do Piauí, Centro de  
Ciências Agrárias  
Teresina – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/7404082791209177>

### José Elivalto Guimarães Campelo

Universidade Federal do Piauí, Departamento  
de Zootecnia  
Teresina – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/0412126602652223>

### José Lindenberg Rocha Sarmiento

Universidade Federal do Piauí, Departamento  
de Zootecnia  
Teresina – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/1991742176699922>

**RESUMO:** Na região Nordeste do Brasil, existem vários grupos genéticos de galinhas naturalizadas que correm risco iminente de extinção e devem ser conservadas. Poucas pesquisas têm sido feitas para a caracterização do crescimento dessas

aves e são informações importantes para orientar a conservação delas de modo que a variabilidade seja mantida. Assim sendo, este trabalho objetiva apresentar modelos, os métodos, critérios de avaliação dos resultados e um resumo de programação de análise de curva de crescimento utilizando o software RStudio.

**PALAVRAS-CHAVE:** AIC, BIC, recursos genéticos

### METHODOLOGY FOR STUDYING THE GROWTH OF NATURALIZED CHICKENS

**ABSTRAT:** In the Northeast region of Brazil, there are several genetic groups of naturalized chickens that are imminently at risk of extinction and should be conserved. Little research has been done to characterize the growth of these chickens and is important information to guide their conservation so that variability is maintained. Therefore, this paper aims to present models, methods, results evaluation criteria and a summary of the growth curve analysis programming using the RStudio software.

**KEYWORDS:** AIC, BIC, genetic resources

### 1 | INTRODUÇÃO

A galinha doméstica é originária da

Índia e foi introduzida no Brasil por ocasião do descobrimento e colonização. Estas aves foram criadas durante séculos sem receberem práticas de manejo adequadas e submetidas a situações adversas de criação. Assim, adquiriram resistência a algumas doenças e se tornaram adaptadas ao clima local, tornando-as naturalizadas (BARBOSA, 2006).

Os animais naturalizados geralmente apresentam grande diversidade genética e devem ser incluídos em programas de conservação. Há várias razões para a conservação de recursos genéticos de animais de produção, uma delas seria a manutenção de raças raras ou locais, uma vez que as mesmas podem cumprir as exigências específicas em relação às regiões de origem, ao clima ou produzir produtos típicos regionais. Além disso, as raças locais são vistas como patrimônio cultural e genético, por isso devem ser preservadas (WOELDERS et al., 2006).

Além destes, a FAO (Food and Agriculture Organization) considera também o potencial econômico, o risco de extinção, a oportunidade de pesquisa e o treinamento pessoal como razões de conservação de recursos genéticos.

Compreender a extensão da diversidade genética desses animais é fundamental para o desenvolvimento de coleções em bancos de germoplasma, bem como para o desenvolvimento de estratégias para conservar e explorar esses recursos (FARUQUE et al., 2010). As linhagens pertencentes a instituições públicas e grandes empresas comerciais de criação, o entendimento é considerável devido às avaliações constantes, e isto não ocorre com as raças de várias espécies em extinção, principalmente de galinhas, pela falta de conhecimento na estrutura de pedigree, produção e população, além dos níveis moleculares (BLACKBURN, 2006).

A caracterização de galinhas por meio do uso de marcadores genéticos é útil para o estabelecimento de plano para conservação como recurso genético (TADANO et al., 2013). Da mesma maneira, a identificação do padrão e do potencial de crescimento de aves naturalizadas também é relevante e deve ser considerado complementar ao processo de caracterização fenotípica e genética.

Na literatura existem vários trabalhos estimando curvas de crescimento para aves melhoradas como o frango de corte (MARCATO et al., 2010; ZUIDHOF et al., 2014), galinhas de postura (GALEANO-VASCO et al., 2014), codornas (BONAFÉ et al., 2011; DRUMOND et al., 2013), aves caipiras (MORAIS et al., 2015; VELOSO et al., 2015), dentre outras.

Poucas pesquisas, no entanto, têm sido feitas para a caracterização do crescimento de aves naturalizadas de interesse econômico. Esses animais podem apresentar padrão de crescimento diferenciado das demais aves citadas. Isso requer a identificação de modelos apropriados. Os resultados obtidos podem ser utilizados para orientar a conservação das aves de modo que a variabilidade existente entre os animais seja mantida.

Essas informações também possibilitam a identificação dos animais que apresentam maior taxa de crescimento e precocidade. De tal modo, podem contribuir para conservação sustentável uma vez que fornecem dados que possibilitam o ajuste do manejo alimentar, ganho de peso, dentre outros. Assim, este capítulo objetiva divulgar metodologias apropriadas para estudos de crescimento de aves naturalizadas, assim como para outros animais domésticos.

Os modelos, os métodos e critérios de avaliação dos mesmos são descritos a seguir. Também é apresentado um resumo de programação de análise de curva de crescimento utilizando o software RStudio versão 3.4.2.

## 2 | MODELOS NÃO LINEARES

Vários são os modelos empregados para descrever a curva de crescimento dos animais. Veloso et al. (2015) recomendam os modelos de Gompertz, von Bertalanffy e Logístico para avaliar o crescimento de frangos caipiras. Freitas (2005) sugere os mesmos modelos para avaliar o crescimento de aves. Morais et al. (2015) afirmam que o modelo Quadrático Logarítmico pode ser utilizado para descrever a curva de crescimento de linhagens de frangos caipiras.

Os modelos comumente utilizados para descrever curva de crescimento dos animais e suas propriedades estão descritos na Tabela 1.

| Modelos         | Fórmula Geral                         | TCI                           | TCA                          | PPI     | IPI            |
|-----------------|---------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------|----------------|
| Brody           | $y = A(1 - be^{-kt}) + \varepsilon$   | $Abk e^{-kt}$                 | $bke^{-kt}$                  | -       | -              |
| Von Bertalanffy | $y = A(1 - be^{-kt})^3 + \varepsilon$ | $3Abke^{-kt}(1 - be^{-kt})^2$ | $3bke^{-kt}(1 + be^{-kt})^2$ | $8A/27$ | $\log_e(3b)/k$ |
| Logístico       | $y = A/(1 + be^{-kt}) + \varepsilon$  | $ybk/(1 + be^{-kt}) e^{-kt}$  | $bke^{-kt}/(1 + be^{-kt})^2$ | $A/2$   | $(\ln b)/k$    |
| Gompertz        | $y = Ae(-be^{-kt}) + \varepsilon$     | $bkye^{-kt}$                  | $kye^{-kt}/A$                | $A/e$   | $(\log b)/k$   |

Tabela 1. Modelos não lineares de Brody, Von Bertalanffy, Logístico e Gompertz e suas respectivas Taxa de Crescimento Instantânea (TCI), Taxa de Crescimento Absoluto (TCA), Peso no Ponto de Inflexão (PPI) e Idade no Ponto de Inflexão (IPI) na curva de crescimento.

Fonte: (FREITAS, 2005)

Os modelos são compostos pelos mesmos parâmetros, A, o peso assintótico quando t (idade) tende a mais infinito, ou seja, este parâmetro é interpretado como peso à idade adulta; b, uma constante relacionada aos pesos iniciais dos animais e K, interpretado como taxa de maturação ou taxa de crescimento. O valor de y representa o peso corporal na idade t.

Existem ainda o modelo Quadrático Logarítmico, proposto por Bianchini Sobrinho (1984), é descrito por Morais et al. (2015) pela equação abaixo:

$$Y_t = a + bt + ct^2 + d \ln(t) + \varepsilon$$

em que: a é o valor assintótico do peso; b a taxa de aumento do peso; c é a taxa de decréscimo do peso e d não possui interpretação biológica.

Estes parâmetros são classificados como efeitos fixos devido a inexistência de efeitos aleatórios atribuídos aos indivíduos no modelo. Com a adição de efeitos aleatórios, os modelos passam a serem conhecidos como Modelos não Lineares Mistos por apresentarem

efeitos fixos e aleatórios.

### 3 | MODELOS NÃO LINEARES MISTOS

Ao submeter dados a análises de curvas de crescimento utilizando modelos não lineares de efeitos fixos, o pesquisador parte de pressupostos que os dados apresentam erros não correlacionados e homogeneidade de variância. Estes requisitos são exigidos para a realização deste tipo de análise. No entanto, dados de peso/idade de animais não apresentam esses pré-requisitos e a análise realizada apresenta resultados questionáveis e/ou duvidosos.

Uma alternativa é a inclusão no modelo de efeitos aleatórios. Assim, é incluída na avaliação a informação da variabilidade existente entre os indivíduos e os pré-requisitos de existência de erros não correlacionados e homogeneidade de variância são desprezados. A inclusão do efeito aleatório no modelo associado às diferenças entre os indivíduos permitem explicar essa variabilidade e a heterogeneidade de variância (AGGREY, 2009).

Os efeitos aleatórios são atribuídos aos parâmetros do modelo. Quanto maior o número de parâmetros deles, maiores serão as possibilidades de introdução do efeito no modelo. O vetor de parâmetros pode variar entre os indivíduos e é incorporado ao modelo da seguinte maneira:

$$\beta_i = A_i\beta + B_ib_i, \quad b_i \sim N(0, \sigma^2 D),$$

em que:  $\beta$  é um vetor de parâmetros de efeitos fixos ligados à população,  $b_i$  é um vetor de efeitos aleatórios associados aos indivíduos  $i$ ,  $A_i$  e  $B_i$  e são matrizes de incidência dos efeitos fixos e aleatórios, respectivamente, e  $\sigma^2 D$  é uma matriz de covariâncias entre os efeitos aleatórios (Lindstrom & Bates, 1990).

O modelo passa a ser então denominado Modelo não Linear Misto, pois além dos efeitos fixos como parâmetros do modelo, há também os efeitos aleatórios atribuídas às diferenças entre os indivíduos.

Os modelos da Tabela 2 possuem três parâmetros fixos ( $A$ ,  $b$  e  $k$ ) e dois parâmetros de efeito aleatórios ( $u_1$  e  $u_2$ ). Existe vários outros benefícios com utilização deste tipo de análise. Wang e Znidhof (2004) ao avaliarem a curva de crescimento de frangos de corte, observaram uma redução de 55% da variância do erro com a introdução do efeito aleatório. Resultados semelhantes foram obtidos por Aggrey (2009) ao avaliarem o crescimento de codornas. Nesta pesquisa a adição de um efeito aleatório possibilitou a redução de 57% da variância do erro. Com a adição de mais um segundo efeito aleatório no modelo, houve uma diminuição de 72% em relação ao primeiro modelo e de 38% em relação ao segundo.

| Modelos         | Fórmula Geral                                      |
|-----------------|--|
| Von Bertalanffy | $y = (A+u_1) * (1 - be^{-(k+u_2)*t})^3 + \epsilon$ |
| Logístico       | $y = (A+u_1) / (1 + be^{-(k+u_2)*t}) + \epsilon$   |
| Gompertz        | $y = (A+u_1)e^{-(be^{-(k+u_2)*t})} + \epsilon$     |

Tabela 2. Modelos não lineares mistos de Von Bertalanffy, Logístico e Gompertz.

Fonte: (GALENO-VASCO et al., 2014)

## 4 | MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS

Os métodos de mínimos quadrados e de máxima verossimilhança podem ser utilizados para estimar os parâmetros de modelos não lineares. Os métodos são descritos a seguir.

Considerando um sistema de equações representado por um modelo não linear:

$$Y = F(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n, Z_0, Z_1, \dots, Z_n) + \epsilon = F(\beta^*) + \epsilon$$

onde  $Z$  é uma matriz de variáveis independentes,  $\beta^*$  é um vetor dos parâmetros,  $\epsilon$  é o vetor de erro e  $F$  é uma função com parâmetros e variáveis independentes. As estimativas dos parâmetros podem ser obtidas por dois métodos. O primeiro é minimizar  $L(\beta) = 0,5(\epsilon'\epsilon)$ , com  $\epsilon = Y - F(\beta)$  e  $\beta$  com  $\beta^*$  uma estimativa de  $\beta^*$ .

O segundo método é resolver as equações não lineares  $X'F(\beta) = X'Y$ . No entanto, como  $X = \frac{\partial F}{\partial \beta}$  (derivadas parciais) e  $F(\beta)$  são calculados em função de  $\beta$ , uma solução final não é possível ser encontrada. Assim, busca-se utilizar um processo iterativo no qual os valores iniciais dos parâmetros  $\beta$  são continuamente melhorados até que a soma dos quadrados dos resíduos seja minimizada.

O processo iterativo dá início aos cálculos com os valores iniciais dos parâmetros introduzidos na análise. Posteriormente,  $X$  e  $Y$  são usados para calcular um  $\Delta$  da seguinte maneira:  $SSE(\beta_0 + k\Delta) < SSE(\beta_0)$ , com  $SSE$  sendo a soma dos quadrados dos resíduos. A diferença entre os métodos utilizados para ajustar os modelos está na maneira como o  $\Delta$  é calculado para modificar o vetor dos parâmetros:

$$\text{Steepest descent: } \Delta = X' \epsilon$$

$$\text{Gauss - Newton: } \Delta = (X'X)^{-1} X' \epsilon$$

$$\text{Newton: } \Delta = (G^{-1}) X' \epsilon$$

$$\text{Marquardt: } \Delta = (X'X + \lambda \text{diag}(X'X))^{-1} X' \epsilon$$

em que  $X$  é uma matriz de derivadas parciais,  $\epsilon = Y - F(\beta)$ .

Nos modelos não lineares mistos as estimativas dos parâmetros são obtidas utilizando a metodologia de máxima verossimilhança. Em consequência da falta de dados relativos aos efeitos aleatórios, as estimativas de máxima verossimilhança são baseadas em uma função marginal de  $y$ . Assim, é utilizado o método de máxima verossimilhança marginal.

Como a função geralmente é não linear em relação aos parâmetros, a função não finaliza gerando os resultados das estimativas. Assim, são propostos diferentes métodos de aproximação. Um deles é o algoritmo de estimação descrito por Lindstrom e Bates (1990). O algoritmo alterna entre soluções de mínimos quadrados ponderados e máxima verossimilhança, até atingir a convergência.

## 5 | CRITÉRIOS DE CONVERGÊNCIA

Independentemente do método iterativo utilizado para estimar os parâmetros, a medida de convergência de Bates e Watts é usada para determinar o quanto o modelo se adequou aos dados de peso vivo e idade dos animais avaliados. A convergência ocorre quando:

$$\sqrt{\frac{r'X(X'X)^{-1}X'r}{LOSS^i}} < c,$$

onde  $r$  é o vetor residual e  $X$  é a matriz jacobiana. Como padrão,  $c = 10^{-5}$ . No entanto, existe a possibilidade de mudança do parâmetro para qualquer outro valor.

## 6 | ESCOLHA DO MODELO DE MELHOR AJUSTE

Os critérios mais usados para orientar a escolha do modelo de melhor ajuste da curva de crescimento são o Quadrado Médio do Resíduo ou erro do quadrado médio (QMR), é calculado dividindo-se a soma de quadrados do resíduo pelo número de observações e o Desvio Médio Absoluto dos resíduos (DMA), proposto por Sarmiento et al. (2006), é obtido pela soma dos módulos ou valores absolutos dos resíduos dividida pelo número de observações. Os modelos que apresentam os menores valores para os dois critérios são interpretados como os modelos que melhor descreveram a curva de crescimento dos animais.

Já o valor do Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) é interpretado da maneira oposta. Os

modelos que apresentam os maiores valores são entendidos como os que mais se adequaram aos dados. O  $R^2$  é obtido pelo cálculo do quadrado da correlação entre o peso observado e estimado e equivale a  $1 - \frac{SQR}{SQT_c}$ , onde SQR é a soma de quadrados do resíduo e  $SQT_c$  é a soma de quadrados total corrigida pela média, como descreve Sarmiento et al. (2006).

Os critérios de informação de Akaike – AIC e Bayesiano – BIC, também são utilizados na avaliação de modelos. No procedimento são inseridas informações de distribuição dos dados quanto a normalidade e os efeitos fixos e aleatórios.

Devido à inexistência de testes eficientes em avaliar o ajuste de dados a determinados modelos, Akaike (1974) desenvolveu um procedimento livre das ambiguidades inerentes à aplicação do procedimento de teste de hipóteses convencional. Schwarz (1978) propôs soluções Bayesianas para a seleção de modelos.

Os valores são calculados da seguinte forma:  $AIC = -2\log L(\hat{\theta}) + 2(p)$  e,  $BIC = -2\log L(\hat{\theta}) + \ln(N)p$ , em que:  $p$  representa o número total de parâmetros estimados pelo modelo e  $N$  é o número total de observações e o  $\log L(\hat{\theta})$  é o logaritmo de verossimilhança restrita. Os modelos que melhor representam os dados são aqueles que apresentaram os menores valores para AIC e BIC.

## 7 | ANÁLISE DE DADOS NO SOFTWARE “R”

Neste tópico apresentamos um resumo de programação de análise de curva de crescimento utilizando o software RStudio versão 3.4.2. Ressalta-se que os mesmos resultados podem ser obtidos com outras linhas de programação. Como exemplo, existe outras maneiras de entrada dos dados que não interferirão nos resultados.

Os dados (animal/idade/peso) podem ser inseridos no programa a partir de planilhas do Excel e importados para o programa R utilizando o comando “read\_excel”, conforme apresentado a seguir:

```
library(readxl)

dados <- read_excel("C:/Users/Desktop/dados.xlsx", sheet = "Plan1")

require(hydroGOF)

require(nlme)

dados <- groupedData(peso~idadelanim,data=dados)
```

Após a entrada dos dados no programa, o modelo a ser utilizado deve ser descrito. Como exemplo, o modelo Logístico é inserido como exposto abaixo.

```
#modelo logístico
logistico <- function(idade,a,b,k) a/(1+b*exp(-idade*k))
logistico <- deriv(~a/(1+b*exp(-idade*k)),c("a","b","k"),function(idade,a,b,k){})
```

A função utilizada para estimar os parâmetros e o ajuste dos modelos não lineares é a nls (Nonlinear Least Squeres) do pacote stats.

```
parametros <- nls(peso~logistico(idade,a,b,k),data=dados,start=c(a=1200,b=38,k=1/30),nls.control(maxiter = 1000))
summary(parametros)
```

Os critérios utilizados na escolha do modelo de melhor ajuste são calculados da seguinte maneira:

```
#critério de informação de Akaike
AIC(parametros)
```

```
#critério de informação Bayesiano
BIC(parametros)
```

```
#R2
var(fitted(parametros))/var(dados$peso)
```

```
#DMA
sum(abs(fitted(parametros)-dados$peso))/nrow(dados)
```

```
#QMR
mse(dados$peso,fitted(parametros))
```

A função utilizada para estimar os parâmetros e o ajuste dos modelos não lineares mistos é a nlme (Nonlinear Mixed-Effects Models) do pacote de mesmo nome. Neste são inseridos os efeitos aleatórios (random). É possível atribuir o efeito aleatório em todos os parâmetros do modelo na função `random=list(a~1,b~1,k~1)`.

```
parametrosmistos <- nlme(peso~logistico(idade,a,b,k),data=dados,fixed=list(a~1,b~1,k~1),random=list(a~1,k~1),groups=~anim,start=c(a=1200,b=38,k=1/30),control=nlmeControl(minScale=0.0000001,maxIter=1000))
```

O método iterativo dá início aos cálculos com os valores iniciais dos parâmetros introduzidos na análise no item `start (start=c(a=1200,b=38,k=1/30))`, conforme descrito no subtítulo

4 deste capítulo. Os critérios utilizados na escolha do modelo de melhor ajuste podem ser obtidos utilizando os comandos submetidos na função nls.

## 8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento da forma de crescimento de animais naturalizados pode ter um padrão que lhe é peculiar, que deve ser usado para o monitoramento em rebanho em estado de conservação. Também contribui para melhor identificar a aptidão zootécnica dos animais.

Desvios do padrão de crescimento podem ser vistos como indicativo de perda de variabilidade. A redução de peso vivo das aves indica um possível aumento da ocorrência de acasalamentos entre indivíduos aparentados, que devem ser evitados. O aumento de peso vivo nas diferentes idades pode indicar a ocorrência de cruzamentos e, conseqüentemente, introgressão gênica.

## REFERÊNCIAS

AGGREY, S.E. **Logistic nonlinear mixed effects model for estimating growth parameters**. Poultry Science, v. 88, n. 2, p. 276-280, 2009.

AKAIKE, H. **A new look at the statistical model identification**. IEEE Transactions on Automatic Control, v.19, p.716-723, 1974.

BARBOSA, F.J.V. **Eram “caipiras”, agora são naturalizadas**. Sapiência, Informativo Científico FAPEPI, n.9, Ano III. Teresina: 2006.

BLACKBURN, H. D. **The National Animal Germplasm Program: Challenges and Opportunities for Poultry Genetic Resources**. Poultry Science, v.85, p.210-215, 2006.

BONAFÉ, C.M. et al. **Modelos de regressão aleatória para descrição da curva de crescimento de codornas de corte**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.40, n.4, p.765-771, 2011.

DRUMOND, E.S.C. et al. **Curvas de crescimento para codornas de corte**. Ciência Rural, v.43, n.10, p.1872-1877, 2013.

EGITO, A. A. et al. **Situação atual do banco de DNA de recursos genéticos animais no Brasil**. Archivos de Zootecnia, v. 54, n. 206-207, p. 283- 288, 2005.

FARUQUE, S. et al. **Phenotypic characterization of Native Chicken reared under intensive management system**. Journal of the Bangladesh Agricultural University, v.8, n.1, p.79-82, 2010.

FREITAS, A. R. **Curvas de crescimento na produção animal**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.34, n.3, p.786-795. 2005.

GALEANO-VASCO, L. F. et al. **Ability of non-linear mixed models to predict growth in laying hens**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 43, n. 11, p. 573-578, 2014.

LINDSTROM, M.J.; BATES, D.M. **Nonlinear mixed effects models for repeated measures data**. Biometrics, v. 46, n. 3, p. 673-687, 1990.

MARCATO, S. M. et al. **Crescimento e deposição de nutrientes nos órgãos de frangos de corte de duas linhagens comerciais**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 39, n. 5, p.1082-1091, 2010.

MORAIS, J. et al. **Curva de crescimento de diferentes linhagens de frango de corte caipira**. *Ciência Rural*, v. 45, n. 10, p. 1872-1878, 2015.

SARMENTO, J.L.R. et al. **Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, p. 435-442, 2006.

SCHWARZ, G. **Estimating the dimensional of a model**. *Annals of Statistics*, v.6, p.461-464, 1978.

TADANO, R. et al. **Genetic characterization and conservation priorities of chicken lines**. *Poultry Science*, v. 92, p. 2860–2865, 2013.

VELOSO, R. C. et al. **Crescimento de genótipos de frangos tipo caipira**. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 67, n. 5, p. 1361-1371, 2015.

WANG, Z.; ZUIDHOF, M.J. **Estimation of Growth Parameters Using a Nonlinear Mixed Gompertz Model**. *Poultry Science*, v. 83, n. 6, p. 847-852, 2004.

WOELDERS, H. et al. **Animal Genetic Resources Conservation in the Netherlands and Europe: Poultry Perspective**. *Poultry Science*, v. 85. p. 216–222. 2006.

ZUIDHOF, M. J. et al. **Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005**. *Poultry Science*, v.93, p.2970–2982, 2014.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agrupamento 9, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 20, 21, 36, 37, 38, 41

AIC 1, 7, 8

Análise 9, 1, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 26, 29, 30, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 46, 56

Análise multivariada 9, 13, 29, 36, 40, 41

Animais 2, 3, 4, 6, 9, 11, 13, 14, 17, 18, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39

Aterosclerose 10, 43, 44, 45, 47

Aves 1, 2, 3, 9, 11, 13, 18, 20, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 41

### B

BIC 1, 7, 8

Biologia humana 23, 24

### C

Células-Tronco 24

Componentes 9, 11, 12, 13, 14, 17, 20, 36, 37, 40, 41, 42

Conservação 13, 34

Cruzamentos 9, 34, 37

### D

Doenças 2, 23, 24, 25, 26, 31, 43, 44, 45, 47, 50

### E

ecótipos 9, 19, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 39

enos 54

### F

Fêmeas 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 32, 33, 34

Fenotípica 2, 17, 19, 29, 30, 31, 35, 36, 39, 40

### G

Galinha 1, 19, 30, 31, 38, 39

Genes 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 34, 35, 36, 40, 45, 51

### I

Indústria 30

### L

Laboratório 24

## **M**

Morfometria 9, 11, 13, 17, 29, 30

## **P**

p53 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55

Painel genético 23

Peptídeos 43, 46, 47, 48, 49, 50

Peso 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 32, 33, 34, 35, 39

Pesquisas 9, 1, 2, 13, 26, 36, 39, 45

## **R**

Recursos Genéticos 3, 9, 41

Reprodução 20

## **T**

Testes 7, 24, 25, 26, 45

 **Atena**  
Publisher

**2 0 2 0**